

**ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 4(28), 2018 г.**

Научно – производственный журнал основан в 2012 году.

Периодичность издания – 4 номера в год.

**ISBN 9 785905 402036**

Учредитель и издатель – Государственное научное учреждение  
**Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур**

Главный редактор

**Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН**

Заместитель главного редактора

**Сидоренко Владимир Сергеевич – к. с.-х наук**

Ответственный секретарь

**Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Артюхов Александр Иванович, д. с.-х наук**

**Амелин Александр Васильевич, д. с.-х наук**

**Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН**

**Бобков Сергей Васильевич, к. с.-х наук**

**Бударина Галина Алексеевна, к. с.-х наук**

**Васин Василий Григорьевич, д. с.-х. наук**

**Гурин Александр Григорьевич, д. с.-х наук**

**Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук**

**Возиян Валерий Иванович, д. с.-х наук**

**Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук**

**Кобызева Людмила Николаевна, д. с.-х наук**

**Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН**

**Матвейчук Петр Васильевич, к. с.-х наук**

**Суворова Галина Николаевна, к. с.-х наук**

**Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук**

**Чекмарев Петр Александрович, академик РАН**

**Шевченко Сергей Николаевич, член-корр. РАН**

Научный редактор, корректор

**Грядунова Н.В.**

Технический редактор

**Хмызова Н.Г.**

Перевод на английский язык **Стефанина С.А.**

Фотоматериал **Черненький В.А.**

Журнал зарегистрирован в  
Федеральной службе по надзору в  
сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации  
ПИ ФС 77-45069, от 17 мая 2011 г.

**Журнал включен в Перечень ВАК  
Минобразования России ведущих  
рецензируемых научных журналов и  
изданий, выпускаемых в Российской  
Федерации, в которых должны быть  
опубликованы основные научные  
результаты диссертаций  
на соискание ученой степени  
доктора и кандидата наук:**  
<https://perechen.vak2.ed.gov.ru>

Полные тексты статей  
в формате pdf доступны на сайте  
журнала: <https://journal.vniizbk.ru>

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ)  
<http://eLIBRARY.RU>  
и международную базу данных  
AGRIS ФАО ООН <http://agris.fao.org>

Адрес редакции, издателя,  
типографии:  
302502, Орловская область,  
Орловский район, пос. Стрелецкий,  
ул. Молодежная, д.10, корп.1  
тел.:(4862) 40-33-15, 40-30-04  
E-mail: [office@vniizbk.orel.ru](mailto:office@vniizbk.orel.ru)  
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.12.2018 г.  
Формат 60x84/8.  
Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 300 экз.  
Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»  
Цена свободная.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>К 70-летию ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА ЗОТИКОВА</b> .....                                                                                                                                                                             | 4   |
| <b>Чекалин Е.И., Амелин А.В., Заикин В.В., Задорин А.М.</b> Влияние интенсивности света на активность газообмена листьев и прилистников у белоцветковых сортов гороха .....                                                      | 5   |
| <b>Бобков С.В.</b> Разработка методов получения гаплоидных растений гороха .....                                                                                                                                                 | 11  |
| <b>Бобков С.В., Селихова Т.Н.</b> Интрогрессия доминантного гена устойчивости к мучнистой росе из генома дикого вида гороха <i>Pisum fulvum</i> .....                                                                            | 20  |
| <b>Безуглая О.Н., Кобызева Л.Н., Дерезинова О.Ю., Ильченко Н.К., Релина Л.И.</b> Скрининг коллекции овощной фасоли по биохимическим признакам бобов в фазу «лопатки» .....                                                       | 24  |
| <b>Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г.</b> Эффективность инокуляции семян фасоли препаратами клубеньковых бактерий и синтетическим регулятором роста Мелафен .....                                                                     | 33  |
| <b>Костикова Н.О., Мирошникова М.П.</b> Химический состав и энергетическая ценность зерна различных сортообразцов фасоли обыкновенной .....                                                                                      | 38  |
| <b>Белявская Л.Г., Белявский Ю.В., Диянова А.А.</b> Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои .....                                                                                                            | 42  |
| <b>Васильчиков А.Г., Гурьев Г.П.</b> Адаптация сортов сои с различным вегетационным периодом к почвенно-климатическим условиям Орловской области .....                                                                           | 49  |
| <b>Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И.</b> Особенности устьичной проводимости молекул воды листьями растений гречихи посевной <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. ....                                          | 54  |
| <b>Зотиков В.И., Серекпаев Н.А., Стыбаев Г.Ж., Байтеленова А.А., Ногаев А.А., Муханов Н.К.</b> Результаты интродукции новых однолетних кормовых культур в степной зоне Северного Казахстана .....                                | 60  |
| <b>Котляр А.И.</b> Возможность использования естественного перекрёстного опыления проса посевного в селекционной работе .....                                                                                                    | 68  |
| <b>Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А.</b> Адаптивность и урожайность сортов проса селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» .....                                                                                                 | 78  |
| <b>Сидоренко В.С., Зотиков В.И., Старикова Ж.В., Костромичёва В.А., Наумкин Д.В., Горьков А.А., Тугарева Ф.В., Вилунов С.Д.</b> Селекция голозёрного овса в условиях Центральной России .....                                    | 82  |
| <b>Пахотина И.В., Игнатьева Е.Ю., Колмаков Ю.В., Бойцова О.Ф., Васюкевич С.В.</b> Сортовой потенциал формирования крупяного зерна овса в разных зонах выращивания ...                                                            | 89  |
| <b>Васько Н.И., Козаченко М.Р., Солонечный П.Н., Солонечная О.В., Важенина О.Е., Наумов А.Г., Зимогляд А.В., Шелякина Т.А.</b> Стекловидность эндосперма и содержание белка в зерне сортов пленчатого и голозерного ячменя ..... | 94  |
| <b>Шафигуллин Д.Р., Байков А.А., Гинс М.С., Пронина Е.П., Солдатенко А.В.</b> Исследование суммарного содержания антиоксидантов в семенах овощных бобовых культур, выращенных в условиях Московской области .....                | 103 |
| <b>Ятчук П.В.</b> Современное состояние производства чечевицы .....                                                                                                                                                              | 110 |
| <b>Донская М.В., Донской М.М., Наумкин В.П.</b> Изучение перспективных сортообразцов чины посевной по комплексу признаков .....                                                                                                  | 113 |
| <b>Зенькова Н.Н., Моисеева М.О.</b> Влияние сроков уборки на продуктивность и качественный состав зеленой массы кормовых бобов .....                                                                                             | 120 |
| <b>Зарьянова З.А., Кирюхин С.В.</b> Особенности полиэмбрионии клевера лугового ( <i>Trifolium pratense</i> L.) в связи с селекцией на повышенную семенную продуктивность .....                                                   | 125 |
| <b>Руцкая В.И.</b> Антракноз люпина и его биологические особенности .....                                                                                                                                                        | 130 |
| <b>Прудникова Е.Г., Коношина С.Н.</b> Влияние предшественников на химический состав зерна яровой пшеницы в условиях Орловской области .....                                                                                      | 136 |
| <b>Лыскова И.В., Лыскова Т.В., Мазурова С.В.</b> Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Ирень .....                                                                                  | 141 |

## CONTENT

|                                                                                                                                                                                                                                      |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>To the 70th anniversary of Vladimir Ivanovich Zotikov .....</b>                                                                                                                                                                   | <b>4</b> |
| <b>Chekalin E.I., Amelin A.V., Zaikin V.V., Zadorin A.M.</b> Influence of intensity of light on activity of gas exchange of leaves and stipules at dry peas .....                                                                    | 5        |
| <b>Bobkov S.V.</b> Elaboration of methods for obtaining pea haploids .....                                                                                                                                                           | 11       |
| <b>Bobkov S.V., Selikhova T.N.</b> Introgression of a dominant gene conferring resistance to powdery mildew from genome of pea wild species <i>Pisum fulvum</i> .....                                                                | 20       |
| <b>Bezuglaya O.N., Kobyzeva L.N., Derebizova O.Yu., Ilchenko N.K., Relina L.I.</b> Screening of a common bean collections for biochemical parameters of unripe pods .....                                                            | 24       |
| <b>Gurev G.P., Vasilchikov A.G.</b> The efficiency of inoculation of bean seeds with preparations of nodule bacteria and synthetic growth regulator Melafen .....                                                                    | 33       |
| <b>Kostikova N.O., Miroshnikova M.P.</b> Chemical composition and energy value of grain of various variety samples of common bean .....                                                                                              | 38       |
| <b>Bilyavska L.G., Belyavskiy Y.V., Diyanova A.A.</b> Estimation of environmental stability and plasticity of soybean varieties .....                                                                                                | 42       |
| <b>Vasilchikov A.G., Gurev G.P.</b> Adaptation of soybean varieties with different growing season to the soil and climatic conditions of the Oryol region .....                                                                      | 49       |
| <b>Amelin A.V., Fesenko A.N., Zaikin V.V., Chekalin E.I.</b> Features of stomatal conductance of water molecules by leaves of plants of buckwheat <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. ....                                           | 54       |
| <b>Zotikov V.I., Serekpaev N.A., Stybaev G.Zh., Bajtelenova A.A., Nogaev A.A., Muhanov N.K.</b> Results of introduction of new annual forage crops in the steppe zone of Northern Kazakhstan ....                                    | 60       |
| <b>Kotlyar A.I.</b> Possibility to use natural cross-pollination of millet in plant breeding .....                                                                                                                                   | 68       |
| <b>Tihonov N.P., Tihonova T.V., Milkin A.A.</b> Adaptivity and productivity of millet varieties bred by the FGBNU «Agricultural Research Institute of South-East» .....                                                              | 78       |
| <b>Sidorenko V.S., Zotikov V.I., Starikova Zh.V., V. Kostromicheva A., Naumkin D.V., Gor'kov A.A., Tugareva F.V., Vilyunov S.D.</b> Selection of naked oats in the conditions of central Russia ...                                  | 82       |
| <b>Pakhotina I.V., Ignateva E.Yu., Kolmakov Yu.V., Boytsova O.F., Vasyukevich S.V.</b> Varietal potential for the formation of groat grain of oats in different growing areas .....                                                  | 89       |
| <b>Vasko N.I., Kozachenko M.R., Solonechnyi P.N., Solonechnaia O.V., Vazhenina O.E., Naumov A.G., Zimogliad A.V., Sheliakina T.A.</b> Endosperm vitreousness and protein content in grain of chaffy and naked barley cultivars ..... | 94       |
| <b>Shafigullin D.R., Baykov A.A., Gins M.S., Pronina E.P., Soldatenko A.V.</b> The study of the antioxidant total content in vegetable legume crops grown in the Moscow region .....                                                 | 103      |
| <b>Yatchuk P. V.</b> The current state of production of lentils .....                                                                                                                                                                | 110      |
| <b>Donskaya M.V., Donskoj M.M., Naumkin V.P.</b> The study of promising varieties of Indian pea by the complex of signs .....                                                                                                        | 113      |
| <b>Zen'kova N.N., Moiseeva M.O.</b> Influence of harvesting time on productivity and qualitative composition of green mass of forage beans .....                                                                                     | 120      |
| <b>Zaryanova Z.A., Kiryuhin S.V.</b> Red clover ( <i>Trifolium pratense</i> L.) polyembryony properties in connection with selection for improved seed production .....                                                              | 125      |
| <b>Rutskaya V.I.</b> Lupin anthracnose and its biological properties .....                                                                                                                                                           | 130      |
| <b>Prudnikova E. G., Konoshina S. N.</b> Influence of precursors on the chemical composition of spring wheat grain in the conditions of Orlovsk region .....                                                                         | 136      |
| <b>Lyskova I.V., Lyskova T.V., Mazurova S.V.</b> Influence of mineral fertilizers on productivity and grain quality in spring wheat Iren .....                                                                                       | 141      |



**25 ноября 2018 года**  
**чл.-корр. РАН, доктору сельскохозяйственных**  
**наук, профессору, научному руководителю**  
**ФГБНУ «Федеральный научный центр**  
**зернобобовых и крупяных культур»,**  
**главному редактору журнала «Зернобобовые**  
**и крупяные культуры»**  
**ВЛАДИМИРУ ИВАНОВИЧУ ЗОТИКОВУ**  
**исполнилось 70 лет!**

Вся научно-педагогическая деятельность и свыше 300 научных работ, опубликованных в монографиях, книгах, учебниках и учебных пособиях, рекомендациях, научных статьях в

отечественных и зарубежных изданиях, свидетельствуют о высоком уровне профессионализма, эрудиции, компетентности Владимира Ивановича. Его способность видеть, понимать и принципиально, своевременно решать актуальные научные проблемы оказывает важнейшее влияние на развитие агропромышленного комплекса региона и страны.

Являясь 15 лет руководителем Всероссийского научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур, Зотиков В.И. огромное внимание уделял вопросам научного обеспечения производства зернобобовых и крупяных культур в России, активно поддерживал и развивал творческие связи с представителями науки, производства, различных инвестиционных компаний стран ближнего и дальнего зарубежья. Научные разработки Владимира Ивановича Зотикова заслужили признание, доверие в деловой, научной, производственной сфере, среди коллег и партнёров.

Совмещая огромную научную работу с преподавательской деятельностью, особое внимание Владимир Иванович уделяет воспитанию и подготовке кадров высшей квалификации, много лет возглавлял кафедру физиологии растений и биотехнологии, успешно руководит подготовкой многочисленных выпускных дипломных и магистерских работ студентов аграрных университетов в Астане и Орле.

Организаторские способности, порядочность, отзывчивость, чуткое и внимательное отношение к людям снискали Владимиру Ивановичу уважение в коллективе института, среди ученых аграриев и производственников России, Казахстана, Белоруссии и стран дальнего зарубежья.

Многолетний труд Зотикова В.И. на благо развития отечественной аграрной науки оценен Государством, Российской Академией Наук, Министерством сельского хозяйства РФ, Губернатором Орловской области и другими ведомствами. Среди многочисленных Благодарностей, Почётных грамот, Дипломов есть медаль Ордена «За заслуги перед Отечеством».

Сердечно поздравляем Владимира Ивановича со знаменательным днём!

Мы желаем ВАМ всегда оставаться таким же творческим, энергичным, добропорядочным и успешным человеком! А ещё мы желаем ВАМ от всей души крепкого здоровья, семейного благополучия, энтузиазма и бодрости на долгие, долгие годы!

**Коллектив ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»**  
**Редколлегия журнала «Зернобобовые и крупяные культуры»**  
**Коллеги, друзья**

## ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА НА АКТИВНОСТЬ ГАЗООБМЕНА ЛИСТЬЕВ И ПРИЛИСТНИКОВ У БЕЛОЦВЕТКОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА

**Е.И. ЧЕКАЛИН**, кандидат сельскохозяйственных наук

**А.В. АМЕЛИН**, доктор сельскохозяйственных наук

**В.В. ЗАЙКИН, А.М. ЗАДОРИН \***, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Н.В. ПАРАХИНА»

\* ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*В полевых условиях на интактных растениях, в режиме реального времени, изучено влияние освещенности на интенсивность фотосинтеза ассимилирующих органов у 15 сортов гороха посевного зернового использования. Подтверждено, что данная культура весьма требовательна к условиям инсоляции. При снижении освещения с 1000 до 300  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$  падение интенсивности фотосинтеза листьев растений составляло 43%, а при увеличении интенсивности света с 1000 до 1700  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$  – возрастало на 22%. Наиболее отзывчивыми на увеличение освещенности являются усики, интенсивность фотосинтеза у них увеличивалась в 4,4 раза, в то время как у листочков – в 1,6 раза, у прилистников – в 1,9 раза. На генотипическом уровне это проявляется в том, что преобразование листочков в усики, в результате действия рецессивного гена af, приводит к повышению светолюбивости растений. У сортов с усатой формой листа, при увеличении освещенности с 300 до 1700  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ , интенсивность фотосинтеза прилистников увеличивалась почти в 2 раза – с 6,5 до 12,8  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , тогда как у сортов с традиционным морфотипом растений, при тех же условиях освещения, ее значение возрастало на 79%, а у морфотипа хамелеон – на 62%.*

*При этом характер динамики ИФ листьев при изменении условий освещения существенно не менялся, а различия между морфотипами отмечались лишь по абсолютному значению ее проявления, то есть по норме реакции. При усилении инсоляции с 300 до 1000  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$  интенсивность фотосинтеза у листочковых сортов возрастала в 1,8 раза, у усатых – в 1,9 раза, у хамелеонов – в 2 раза. При дальнейшем росте интенсивности света наблюдалось только снижение активности фотосинтеза: у листочкового морфотипа на 11%, у хамелеонов – на 19%, в то время как у сортов с усатой формой листа значение данного показателя продолжало расти – в среднем на 10%. То есть, световое насыщение у генотипов гороха с традиционным морфотипом наступает при более низкой инсоляции, по сравнению с усатыми сортами. Это подтверждает вывод о том, что фотосинтетический аппарат сортов с усатой формой листа более отзывчив на усиление инсоляции, чем у обычных листочковых сортов.*

**Ключевые слова:** селекция, сельскохозяйственные культуры, горох посевной, сорт, морфотип, инсоляция, интенсивность освещения, интенсивность фотосинтеза, генофонд.

Солнечный свет является основным восполняемым природным источником энергии для обеспечения полноценного функционирования зеленых растений на земле, в том числе формирования урожая сельскохозяйственными культурами. По расчетам А.А. Ничипоровича [1, 2, 3], за счет преобразованной энергии солнца фотосинтезом растений формируется до 95% сухого вещества урожаев. В связи с этим весьма актуально учитывать видовые и сортовые особенности растений, произрастающих в различных условиях освещения.

Известно, что по отношению к интенсивности солнечного света виды растений разделяются на светолюбивые и теневыносливые. Среди полевых сельскохозяйственных культур к светолюбивым относятся рис, сорго, хлопчатник, кукуруза и др., а в группу

теневыносливых – пшеница, рожь, сахарный тростник и т.д. При этом в пределах вида могут быть как светолюбивые, так и теневыносливые разновидности, что объясняется эволюцией фотосинтетического аппарата в зависимости от географического распространения культуры [4]. Светолюбивым растениям свойственна высокая интенсивность фотосинтеза, а теневыносливым – низкая [5, 6].

В полевых условиях сельскохозяйственные растения освещаются разной интенсивностью света в течение дня: от слабой интенсивности в утренние часы (от 0 до 15000 лк) до высокой в полуденное время (85000-100000 лк в условиях Орловской области). Поэтому весьма важно проведение исследований, связанных с изучением генотипической реакции фотосинтеза растений на разную интенсивность освещения, с целью выделения источников высокой активности и эффективности фотосинтетического аппарата для использования в селекции.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проводились на базе ЦКП Орловского ГАУ им Н.В. Парахина «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с селекционерами по гороху ФГБНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур и в соответствии с тематическим заданием Министерства сельского хозяйства РФ.

Объектами специальных исследований являлись 4 районированных зерновых сорта гороха посевного разного морфотипа: листочковый – наличие и листочков, и прилистников (сорт Темп), безлисточковый (усатый) – листочки видоизменены в усики при хорошо развитых прилистниках (сорта Фараон и Гамбит), хамелеон – наличие у растений одновременно листочковой и усатой форм листа (сорт Спартак).

Опытный материал выращивали в условиях вегетационного и полевого опытов. В поле экспериментальный материал высевался на делянках площадью 7,5 м<sup>2</sup> в 4-х кратной повторности, размещение делянок – рендомизированное. В вегетационных опытах выращивание растений осуществлялось в селекционной теплице методом почвенной культуры с использованием полимерных сосудов емкостью 5 кг сухой почвы. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% от полной ее влагоемкости.

Кроме того, в условиях экологического испытания на Шатиловской СХОС оценивались 13 усатых сортов и один хамелеон, с целью выделения генотипов с высокой отзывчивостью на инсоляцию.

Учет интенсивности фотосинтеза (ИФ) ассимилирующих органов у опытных образцов в вегетационном и полевом опытах осуществляли на интактных растениях в режиме реального времени с помощью портативных переносных газоанализаторов марки LI-6400 XT и GFS 3000. Исследовались усики, листовые пластины листьев и прилистники растений без видимых повреждений вредителями и болезнями. Величина ИФ рассчитывалась на единицу их фотосинтезирующей поверхности и выражалась в  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ . Площадь листовых пластинок и прилистников, помещенных в рабочую камеру, определялась с помощью миллиметровой бумаги, а усиков – по формуле усеченного конуса, при этом учитывалась лишь  $\frac{1}{2}$  ее значения.

Измерения значений ИФ усиков, листовых пластинок и прилистников осуществляли при 8 разных режимах освещения в рабочих камерах приборов: 300, 500, 800, 1000, 1300, 1500, 1700, 2000  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ , что соответствует 15000, 25000, 40000, 50000, 65000, 75000, 85000 и 100000 люкс.

Математическую и статистическую обработки экспериментальных данных проводили с использованием современных компьютерных программ с учетом «Методики полевого опыта» под редакцией Доспехова [7].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Полученные экспериментальные данные подтвердили, что горох является требовательной культурой к свету. По данным вегетационного опыта, увеличение освещения растений с 300 до 1500  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$  приводит к росту активности фотосинтеза их листочков и прилистников в среднем в 1,86 раза. При этом, наиболее выраженный рост интенсивности

фотосинтеза (в среднем по сортам и органам на 46%) отмечается при увеличении света с 300 до 1000  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ . При дальнейшем повышении инсоляции (с 1000 до 1500  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ ) его темпы существенно замедляются и составляют в среднем всего 27%. Последующее же увеличение освещенности растений (с 1500 до 2000  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ ) приводит к резкому снижению интенсивности фотосинтеза их листьев – в среднем на 37,8% (рис. 1).

Это указывает на то, что световое насыщение листьев и прилистников растений гороха наступает где-то в диапазоне от 50000 до 75000 люкс, что отмечается в Центрально-Черноземном регионе России (Орловская) в июне – июле месяцах.

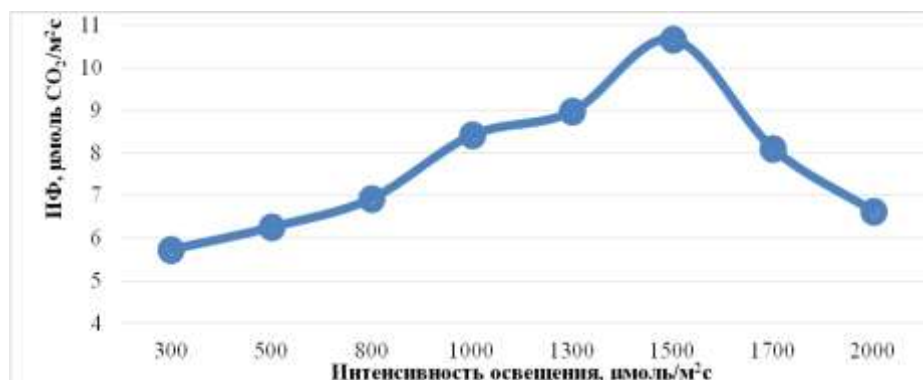


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза листьев растений гороха в зависимости от интенсивности освещения в фазу 5-6 листьев, данные вегетационного опыта 2016 г. при влажности почвы 70% от ПВ

Во многом схожие тенденции отмечались и в условиях полевого опыта: при увеличении освещения с 300 до 1500  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ , интенсивность фотосинтеза усиков, листочков и прилистников растений гороха увеличивалась в среднем в 2,2 раза. При этом важно отметить, что из них наиболее отзывчивыми на увеличение освещения были, прежде всего, усики, интенсивность фотосинтеза которых увеличивалась в 4,4 раза и продолжала дальше заметно расти вплоть до 1700  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ . В тоже время, у листочков и прилистников при тех же изменениях освещения (с 300 до 1500  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ ), увеличение интенсивности фотосинтеза не так было выражено и составляло всего лишь 36,6 и 44,1%, соответственно. Фактически световое насыщение у них наступало уже при инсоляции в 1000  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ , так как дальнейшее ее усиление (до 1700  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ ) приводило к увеличению ИФ менее, чем на 10%, тогда как у усиков оно было в 2 раза выше и составляло в среднем 8,66  $\mu\text{моль СО}_2/\text{м}^2\text{с}$ . (рис. 2).

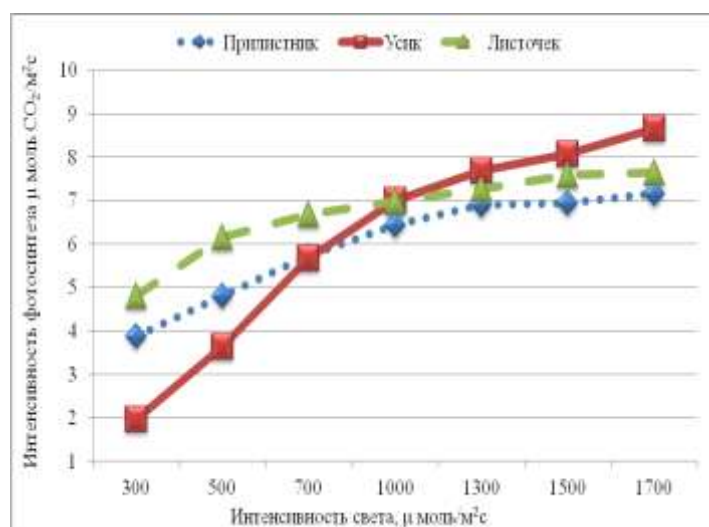


Рис. 2. Интенсивность фотосинтеза листочков, усиков и прилистников растений гороха в зависимости от уровня их освещенности в полевом опыте 2011-2012 гг.



На преимущество фотосинтетической активности усиков указывают и зарубежные ученые [8, 9, 10]. По результатам их исследований, данные органы растений гороха обладают большей эффективностью ассимиляции  $\text{CO}_2$  на единицу фотосинтезирующей поверхности, по сравнению с листочками, что имеет тесную взаимосвязь с интенсивностью первичных реакций фотосинтеза. Причем, усики имеют определенные преимущества перед листочками не только по фиксации  $\text{CO}_2$ , но и другим весьма важным функциональным показателям – активность в них ключевого фермента фотосинтеза рибулозо-1,5-бифосфаткарбоксилазы (РБФК) в расчете на единицу хлорофилла намного выше, чем в листочках.

На генотипическом уровне это проявляется в том, что преобразование листочков в усики, в результате действия рецессивного гена  $af$ , приводит к резкому повышению у нового морфогенотипа не только реакций темновой, но и световой фазы фотосинтеза. В ранних исследованиях нами было показано, что усики растений безлисточковых (усатых) сортов по фотовосстановительной активности хлоропластов превосходят листочки сортов гороха обычного морфотипа в среднем на 41% в фазу 7...8 настоящих листьев и на 25% – в фазу образования бобов. Такие же по значимости преимущества отмечались и по прилистникам. Различия между листочками и прилистниками по фотовосстановительной активности хлоропластов (ФВАХ) были не достоверными [11, 12].

В результате был сделан вывод, что сорта гороха усатого морфотипа более светолюбивы и отзывчивы на увеличение интенсивности освещения, что подтверждается и результатами текущих исследований. Многолетними полевыми исследованиями показано, что при усилении освещения с 300 до 1700  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$ , у сортов усатого типа интенсивность фотосинтеза прилистников увеличивается почти в 2 раза – с 6,5 до 12,8  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , тогда как у сортов с традиционным (листочковым) морфотипом растений при тех же изменениях освещения ИФ листочков и прилистников возрастает на 79%, а у морфотипа хамелеон - на 62%. Причем, при освещенности более 1000  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$  у листочкового морфотипа и хамелеон интенсивность фотосинтеза даже снижается – в среднем на 11 и 19% соответственно, в то время как у сортов с усатой формой листа отмечается дальнейшее ее увеличение – в среднем на 10% (рис. 3).

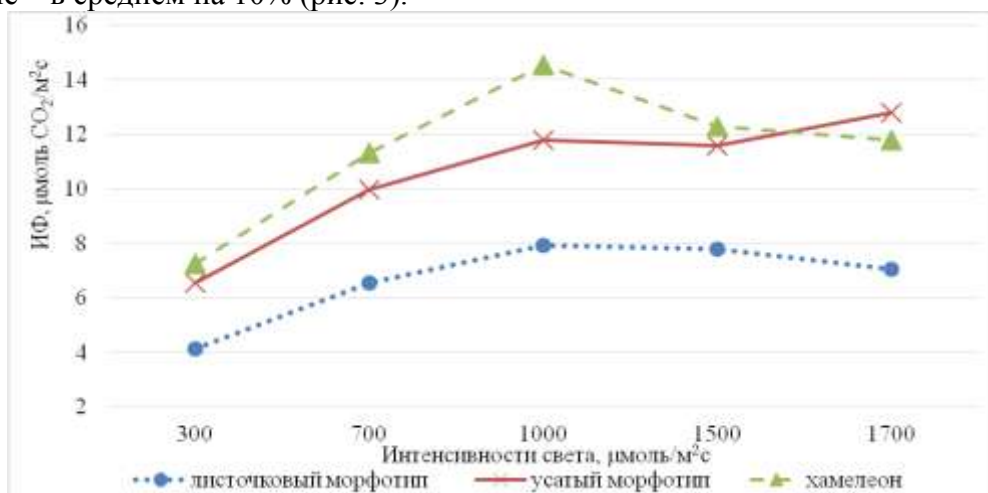


Рис. 3. Интенсивность фотосинтеза листьев и прилистников при разных режимах освещенности у изученных морфотипов гороха посевного, среднее за 2011, 2012, 2018 гг.

Причем и внутри каждого морфотипа отмечается высокий генетический полиморфизм по норме реакции фотосинтетического аппарата на изменение инсоляции. По результатам экологического испытания, проведенного в 2017 году на Шатиловской СХОС, у зерновых сортов гороха усатого типа интервал генотипического варьирования интенсивности фотосинтеза прилистников при освещенности 300  $\mu\text{моль/м}^2\text{с}$  составляет 4,79 - 8,93  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , при 1000 – 10,90 – 15,23  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , а при 1700 – 8,71 – 16,92  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ . (табл.).



Таблица

**Интенсивность фотосинтеза ( $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ ) прилистников растений при разных режимах освещения у зерновых сортов гороха усатого типа, 2017 год**

| Сорта                                       | Интенсивность освещения, $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ |              |              |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|                                             | 300                                                          | 1000         | 1700         |
| <b>С высокой отзывчивостью на инсоляцию</b> |                                                              |              |              |
| Фрегат                                      | 4,79                                                         | 12,23        | 16,92        |
| Фонеер                                      | 4,96                                                         | 11,20        | 15,26        |
| Немчиновский 50                             | 8,93                                                         | 12,52        | 16,40        |
| Таловец 90                                  | 7,07                                                         | 12,72        | 15,76        |
| Спартак*                                    | 7,03                                                         | 15,23        | 15,74        |
| Ракул                                       | 5,91                                                         | 11,32        | 13,47        |
| Альянс                                      | 8,23                                                         | 13,31        | 15,85        |
| Оптимус                                     | 7,13                                                         | 13,21        | 15,08        |
| Немчиновский 100                            | 7,22                                                         | 12,69        | 13,37        |
| <b>среднее</b>                              | <b>6,76</b>                                                  | <b>12,71</b> | <b>15,56</b> |
| <b>С низкой отзывчивостью на инсоляцию</b>  |                                                              |              |              |
| Шеврон                                      | 6,10                                                         | 10,90        | 11,75        |
| Флагман                                     | 6,46                                                         | 13,63        | 12,47        |
| Ватан                                       | 6,27                                                         | 14,62        | 8,71         |
| <b>среднее</b>                              | <b>6,51</b>                                                  | <b>12,96</b> | <b>10,97</b> |
| <b>НСР<sub>05</sub></b>                     | <b>0,23</b>                                                  | <b>0,31</b>  | <b>0,37</b>  |

\*Морфотип хамелеон

Наиболее выраженные различия между сортообразцами гороха по реакции фотосинтеза на изменение инсоляции отмечаются при освещенности 1000  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ , когда начинает проявляться световое насыщение. Это позволило условно разделить их на 2 группы: с высокой отзывчивостью фотосинтеза на увеличение инсоляции (рост ИФ более в 2 и более раза), и с низкой – рост ИФ менее чем в 2 раза. В 1-й группе сортообразцов наиболее выраженной отзывчивостью фотосинтеза на усиление света выделялись сорта Фрегат (увеличение ИФ в 3,5) и Фонеер (увеличение ИФ в 3,1 раза.), а самой низкой – сорта 2-й группы Ватан и Флагман – ИФ возрастала в среднем всего в 1,6 раза. Сорт Спартак, растения которого имеют и листочковую, и усатую форму листа (морфотип хамелеон), в данном случае, вошел в состав 1-й группы (см. табл.).

Однако, для селекции светолюбивых сортов усатого типа наибольший интерес, на наш взгляд, представляют сорта Немчиновский 50 и Альянс, которые отличаются выраженной отзывчивостью на инсоляцию и при этом проявляют наибольшую активность фотосинтеза прилистников не только при высокой, но и низкой интенсивности света. В тоже время, для создания теневыносливых сортов данного морфотипа, очевидно, лучшими следует считать Шеврон и Флагман, характеризующиеся хотя и невысокой, но стабильной активностью фотосинтеза, как при низком, так и повышенном уровне освещенности.

#### **Заключение**

В результате проведенных исследований подтверждено, что растения гороха посевного весьма требовательны к условиям инсоляции. Наиболее отзывчивыми на усиление освещения являются усики: интенсивность их фотосинтеза увеличивается в 4,4 раза, в то время как у листочков – в 1,6 раза, а прилистников – в 1,9 раза. На генотипическом уровне это проявляется в том, что преобразование листочков в усики, в результате действия рецессивного гена af, приводит к повышению светолюбивости растений. При этом характер динамики ИФ листьев при изменении условий освещения существенно не меняется, а различия между морфогенотипами отмечаются лишь по абсолютному значению ее

проявления. У зерновых сортов гороха усатого типа интервал генотипического варьирования интенсивности фотосинтеза листьев при освещенности 300  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$  составляет 4,79 - 8,93  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , при 1000 – 10,90 – 15,23  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ , при 1700 – 8,71 – 16,92  $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ . Наиболее выраженные различия между сортообразцами гороха по реакции фотосинтеза на изменение инсоляции отмечаются при освещенности 1000  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ , когда начинает проявляться световое насыщение, которое наступает у генотипов гороха с усатой формой листа при более высокой инсоляции, по сравнению с традиционными листочковыми сортами. С одной стороны, это подтверждает вывод о том, что фотосинтетический аппарат усатых сортов более отзывчив на усиление солнечного освещения, с другой – показывает, что в селекции культуры можно проводить целенаправленную работу по созданию, как светолюбивых, так и теневыносливых сортов. Реализация данного направления позволила бы существенно повысить эффективность не только самой селекции, но и сельскохозяйственного производства в целом.

### Литература

1. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Тимирязевское чтение. – М.: АН СССР. – 1956. – 93 с.
2. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // Итоги науки и техники. Физиология растений. Теоретические основы продуктивности растений. – М.: ВИНТИ. – 1977. – Т.3. – С.11-55.
3. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений. Пущено: НЦ БИ АН СССР. – 1979. – 37с.
4. Зеленский М.И., Агаев М.Г. Некоторые тенденции эволюционной изменчивости фотосинтеза культурных растений // Труды прикладной ботаники, генетики и селекции. – 2007. – Т. 164. – С. 361-378.
5. El Sharkawy M.A., Hesketh J. Photosynthesis among species in relation to characteristics on leaf anatomy and CO<sub>2</sub> diffusion resistance // Crop Science. – 1965. – V. 5. – P. 517-521.
6. Lush W.M., Rawson H.M. Effect of domestication and region of origin on leaf gas exchange in Cowpea *Vigna unguiculata* L. // Photosynthetica. – 1979. – V. 13. – № 4. – P. 419.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
8. Harvey D.M., Ioodivin Y. The photosynthesis Net Carbon Dioxide Exchange Potential in Conventional and Leafless Phenotypes of *Pisum sativum* L. In Relation to Foliage Area, Dry matter Production and Seed Yield // Annals of Botany. – 1978. – V. 42. – N. 181. – P. 1091.
9. Labond L., Evans I.E. Comparative study of Conventional, Leafless and Semileafless phenotypes of Peas: Photosynthetic CO<sub>2</sub> Fixation in vitro // Can.Y.Plant Sci. – 1981. – V.61. – N3 – P. 665.
10. Harbison J., Genty B., Baker N.R. Relationship between the quantum efficiencies of photosystems I and II an pea leaves // Plant Physiol. – 1989. – V. 90. – N. 3. – P. 1029-1034.
11. Амелин А. В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: специальность 03.00.12 Физиология и биохимия растений: автореф. дис. на соиск. учен. степ, док. с.-х. наук / [Орлов, гос. аграрный ун-т], – Орел, – 2001. – 46 с.
12. Амелин А.В., Лаханов А.П., Яковлев В.Л. Фотовосстановительная активность хлорофиллсодержащих органов у растений гороха с разным морфогенотипом // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации. - Орел: ВНИИЗБК. – 1997. – С. 80-84.

### INFLUENCE OF INTENSITY OF LIGHT ON ACTIVITY OF GAS EXCHANGE OF LEAVES AND STIPULES AT DRY PEAS

E.I. Chekalin, A.V. Amelin, V.V. Zaikin, A.M. Zadorin\*

FSBEE HE «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

\* FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** In field conditions, the influence of illumination on the rate of photosynthesis of the photosensitive surface of plants in 15 varieties of dry peas was studied for intact plants. It has been confirmed that peas are a very demanding crop for insolation conditions. With a decrease in illumination from 1000 to 300  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ , the decrease in the rate of photosynthesis of plant leaves was 43%, and with increasing light from 1000 to 1700  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ , the value of this indicator increased by 22%. The most responsive to the increase in illumination is the tendrils: the rate of photosynthesis increased 4,4 times, while in leaflets – 1,6 times, and stipules – 1,9 times. At the genotypic level, this is manifested in the fact that the transformation of leaflets into the tendrils, as a

result of the action of the recessive gene *af*, leads to an increase in the photophilicity of plants. In varieties with a tendriling leaf shape, with an increase in illumination from 300 to 1700  $\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$ , the rate of photosynthesis of stipules increased almost 2-fold - from 6,5 to 12,8  $\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2\text{s}$ , whereas in varieties with a traditional plant morphotype, with the same lighting conditions, the rate of photosynthesis increased by only 79%, and in the morphotype "chameleon" - 62%.

In this case, the nature of the dynamics of the rate of photosynthesis of the leaves did not change significantly when the lighting conditions changed, and the differences between the morphotypes were noted only in terms of the absolute value of its manifestation, that is, according to the reaction rate. With an increase in insolation from 300 to 1000  $\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$ , the rate of photosynthesis in leaf varieties increased 1,8-fold, tendriling – 1,9 times, and chameleon – 2-fold. With further increase in illumination, the rate of photosynthesis in the leafy morphotype was decreased by 11%, in the chameleon by 19%, while in the varieties with the tendriling form of the leaf, the value of this indicator continued to grow - on average by 10%. That is, light saturation in genotypes of peas with a traditional morphotype occurs at a lower insolation, in comparison with tendriling varieties. This confirms the conclusion that the photosynthetic apparatus of the tendriling varieties is more responsive to an increase in intensity of light than in ordinary leaf varieties.

**Keywords:** breeding, agricultural crops, pea, variety, rate of photosynthesis, gene pool.

**DOI:** 10.24411/2309-348X-2018-11043

**УДК** 57.085.23

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГАПЛОИДНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОХА

**С.В. БОБКОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: svbobkov@gmail.com

Проведен анализ современного состояния в области получения андрогенных гаплоидов гороха. Выявлены критические элементы создаваемого метода и приведены результаты наших исследований. В культуре изолированных пыльников гороха инициировано развитие многоклеточных структур, морфогенных, эмбриогенных каллусов и растений-регенерантов. Из микроспор культивируемого *in vitro* пыльника получено несколько растений-регенерантов, что было подтверждено с использованием морфологических маркеров. В культуре изолированных микроспор обнаружены признаки перехода микроспор на спорофитный (эмбриогенный) путь развития и получены многоклеточные структуры. Показано, что перенос эмбриогенных каллусных тканей на питательные среды, традиционно используемые для морфогенеза побегов, способствует их переходу от эмбриогенного развития к формированию морфогенного потенциала, необходимого для быстрого и массового получения побегов-регенерантов. Проведен сравнительный анализ влияния 5 вариантов температурного стресса на формирование эмбриогенных каллусных тканей. Установлено, что обработка изолированных бутонов гороха низкой температурой +4°C в течение 7 суток является лучшим вариантом температурного стресса для стимулирования спорофитного развития микроспор. Показано, что оригинальные питательные среды с низким содержанием сахарозы более эффективно поддерживают инициацию эмбриогенных каллусов и эмбриоидов. Полученные результаты могут служить основой для разработки эффективных методов получения гаплоидных растений гороха.

**Ключевые слова:** горох, питательная среда, пыльник, микроспора, каллусогенез, регенерация, спорофитное развитие, гаплоид.

Методы классической селекции позволяют достигать достаточно высокого уровня гомозиготности (99,2 %) только после длительного периода самоопыления (7 генераций). Гомозиготные по всем локусам линии гороха можно получить в течение 2 генераций с использованием андрогенеза в культурах изолированных пыльников и микроспор гороха. Селекционная работа часто требует объединения в одном генотипе нескольких ценных аллелей, расположенных в различных локусах. Это приводит к необходимости проведения отбора генотипов с сочетанием аллелей в расщепляющихся популяциях больших размеров. Использование гаплоидии в селекции растений позволяет значительно снизить размер популяции для отбора растений гомозиготных по нескольким локусам.

Разработка методов получения гаплоидов перспективна для генетических и физиологических исследований, а использование гаплоидных растений для создания новых сортов гороха позволит повысить эффективность селекционного процесса за счет существенной экономии времени и материальных ресурсов. Получение гаплоидных растений из микроспор (андрогенез) является приоритетным направлением исследований для многих сельскохозяйственных культур. В настоящее время методы получения гаплоидов доступны для ограниченного числа видов сельскохозяйственных растений. Горох не входит в перечень культур, для которых разработаны надежные методы и технологии получения гаплоидных растений [1, 2].

Цель работы состояла в анализе современного состояния исследования андрогенеза гороха и получении новых знаний, важных для разработки эффективных методов получения гаплоидных растений гороха в условиях питательных сред культуры *in vitro*.

#### Материал и методика

В опытах использовали пыльники, взятые с широкого набора сортов и гибридов гороха. Растения-доноры пыльников выращивали в полевых условиях.

Для культивирования изолированных пыльников применяли различные питательные среды с широким набором регуляторов роста, витаминов, антиоксидантов, сахаров, глутамина и гидролизата казеина. Для получения морфогенных каллусов использовали питательные среды с содержанием НУК и БАП. Стимулирование эмбриогенного развития микроспор в культуре изолированных пыльников проводили на средах с 2,4-Д. В культуре изолированных микроспор применяли 2,4-Д в сочетании с другими регуляторами роста.

Исследования проводили с использованием микроскопов Axioskop 40 и Stemi 2000 (KARL ZEISS, Германия). Стадию развития микроспор и их жизнеспособность определяли путем окрашивания пыльников в 4% ацетокармине. Для репрограммирования на спорофитный путь развития использовали микроспоры на одноядерных стадиях развития (рис. 1 а и б).

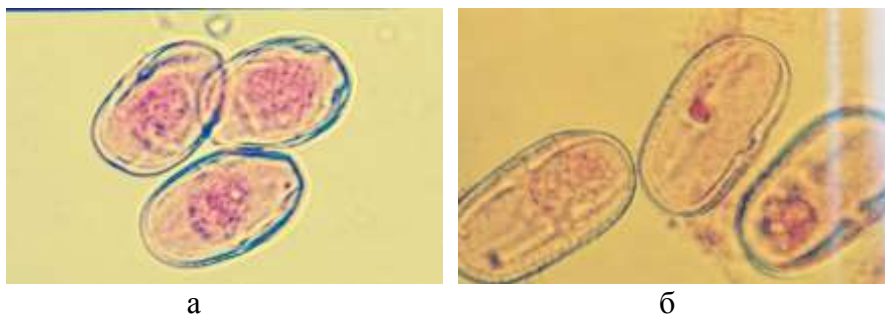


Рис. 1. Микроспоры гороха на ранней (а) и поздней вакуолизированной одноядерной (б) стадии развития

Применяли биотехнологические методы работы с изолированными пыльниками и микроспорами гороха в оригинальной модификации [3]. Бутоны стерилизовали с использованием 70% этилового спирта и 0,5% раствора хлоргексидингликоконата натрия в

дистиллированной воде. Пыльники промывали дистиллированной водой и высушивали на стерильной фильтровальной бумаге в чашках Петри. Пыльники из бутонов изолировали с помощью тонкого пинцета и помещали на поверхность агаризованных питательных сред. Для получения культуры изолированных микроспор стерильные бутоны гороха гомогенизировали в фарфоровой ступке в 2-3 мл среды В, содержащей 0,3 М маннитола. Изолированные микроспоры культивировали в стаканчиках на стационарной поверхности с плотностью 105 микроспор/мл.

В опыте по изучению влияния температурного стресса на эффективность инициации эмбриогенных каллусов оценивали питательные среды, содержащие 2,4-Д (mp2, mbd, mmd2, na74, msf1, na53, nb1, Nap, mmd1), ИУК (mmi) и не содержащие регуляторов роста (mb2). Изолированные бутоны подвергали обработке холодом (+4°C) в течение 7 суток, а изолированные пыльники в условиях питательных сред – высокой температурой (32°C и 33°C) в течение 1 суток. Обработку изолированных пыльников при 35°C и 38°C проводили в течение 18 часов. Всего на питательные среды было высажено 1440 пыльников. Изолированные пыльники и регенерирующие каллусные ткани гороха культивировали при 16 часовом световом дне и температуре 25°C.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием дисперсионного анализа, а значимость различий между средними значениями в вариантах опыта определяли по критерию НСР05.

#### **Результаты и обсуждение**

Исследования гаплоидии в культурах изолированных пыльников и микроспор гороха на современном этапе характеризуются выраженной поисковой составляющей. Они направлены на испытание широкого набора критических факторов (генотип, питательная среда, регуляторы роста, стрессовые воздействия и др.) для репрограммирования микроспор на спорофитный путь развития и идентификацию удачных вариантов. Проведенная исследовательская работа по репрограммированию микроспор гороха на спорофитный путь развития вселила надежду на возможность разработки эффективного метода получения гаплоидов гороха [4]. В культуре изолированных пыльников в условиях модифицированной среды N6 наблюдали появление разбухших изнутри пыльников, что является признаком формирования эмбриоидов из репрограммированных микроспор [5, 6]. Проточная цитометрия подтвердила наличие андрогенеза в пролиферирующих тканях в культурах изолированных пыльников и микроспор гороха при последовательном применении таких стрессовых воздействий, как холод, электропорация и осмотический шок [7]. Исследователи международного коллектива ученых из Австралии и Канады наблюдали симметричное деление одноядерных изолированных микроспор гороха с последующим развитием в многоклеточные синктиумы, что рассматривается в качестве надежного признака перехода микроспор на эмбриогенный путь развития [8]. В наших исследованиях в культуре изолированных микроспор гороха инициированы многочисленные микрокалусы (эмбриоиды) [9]. В экспериментах с сочетанием различных стрессов группой ученых INRA (Dijon, France) и Саскачеванского университета (Saskatoon, Canada) в культуре изолированных микроспор гороха получено небольшое число гаплоидных растений-регенерантов [1, 10]. В наших исследованиях культуры изолированных пыльников гороха получены несколько растений-регенерантов, происходящих из микроспор культивируемого *in vitro* пыльника, что было показано с использованием морфологических маркеров [2, 4]. Достигнутые результаты могут служить основой для дальнейших исследований с целью разработки методов получения жизнеспособных гаплоидных эмбриоидов и растений-регенерантов гороха.

***Морфогенный и эмбриогенный каллусогенез в культуре пыльников, культура изолированных микроспор гороха – различные подходы для репрограммирования микроспор гороха на спорофитный путь развития***

Андрогенные гаплоиды получают в культурах *in vitro* изолированных пыльников и микроспор. В культуре пыльников гороха разработаны несколько подходов для инициации андрогенного развития микроспор. Применение регуляторов роста НУК и БАП приводит к формированию морфогенных каллусных тканей.

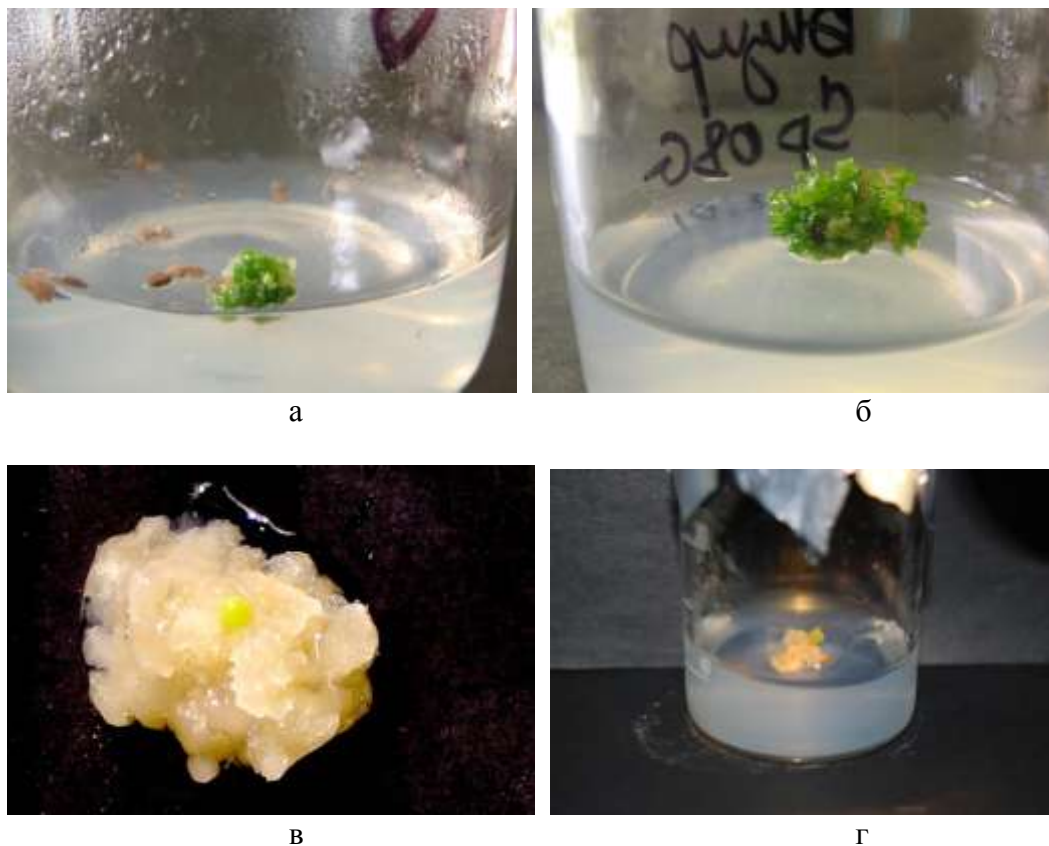


Рис. 2. Эмбриогенный каллусогенез в культуре *in vitro* изолированных пыльников гороха: инициация зеленого эмбриогенного каллуса (а), зеленая эмбриогенная каллусная ткань (б), эмбриониды на стадиях глобулы (в) и торпеды (г)

Получение морфогенных каллусов в культуре изолированных пыльников гороха сопровождается пролиферацией соматических тканей, а растения-регенеранты имеют преимущественное происхождение из соматических клеток [4]. Для уменьшения эффекта нежелательной пролиферации соматических клеток пыльников иницируют эмбриогенные каллусные ткани на питательных средах, содержащих регулятор роста 2,4-Д (рис. 2 а, б, в, г).

Другим перспективным методом, используемым для получения гаплоидных растений гороха, является культура изолированных микроспор. В культуре изолированных микроспор гороха определены сочетания стрессовых воздействий и составов питательных сред, приводящие к переводу микроспор гороха на спорофитный (эмбриогенный) путь развития. Показано, что на ранних этапах развития эмбриогенные микроспоры гороха приобретают округлую форму, ядро перемещается к центру клетки, увеличивается интенсивность окрашивания цитоплазмы (рис. 3 а). Отдельные эмбриогенные микроспоры характеризуются выпячиванием микропласта через поры за пределы экзины. В результате спорофитного репрограммирования изолированных микроспор гороха получены микрокаллусы (эмбриониды) в оригинальных жидких питательных средах [9].



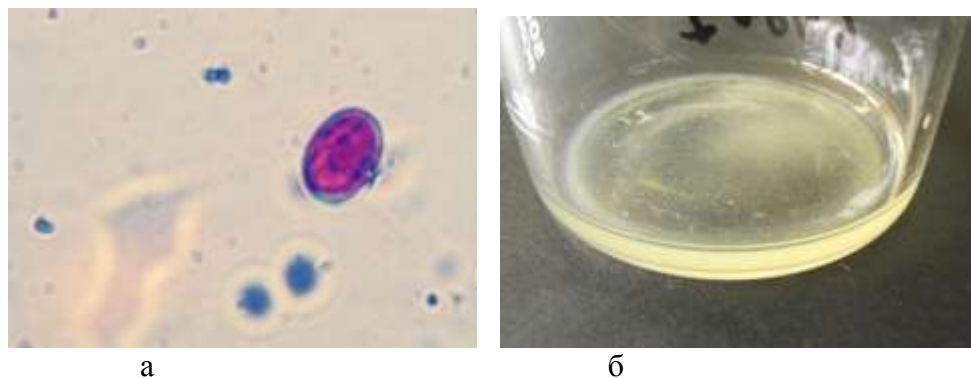


Рис. 3. Культура изолированных микроспор гороха: эмбриогенная микроспора с густой цитоплазмой и центральным положением конденсированного ядра (а), микрокалусы (эмбриониды) 0,5-1 мм в жидкой питательной среде (б)

#### **Регенерационный процесс в культурах эмбриогенных каллусных тканей гороха**

Стимулирование регенерационного процесса в культуре морфогенных каллусных тканей и массовое получение побегов-регенерантов происходит в условиях питательных сред с высокой концентрацией БАП и низкой НУК [11]. Создание питательных сред для стимулирования и поддержания регенерационного процесса возможно на основе питательных сред MSB и N6, при этом в одном из наших опытов модифицированная среда N6 оказалась лучшей по эффективности регенерационного процесса [6].

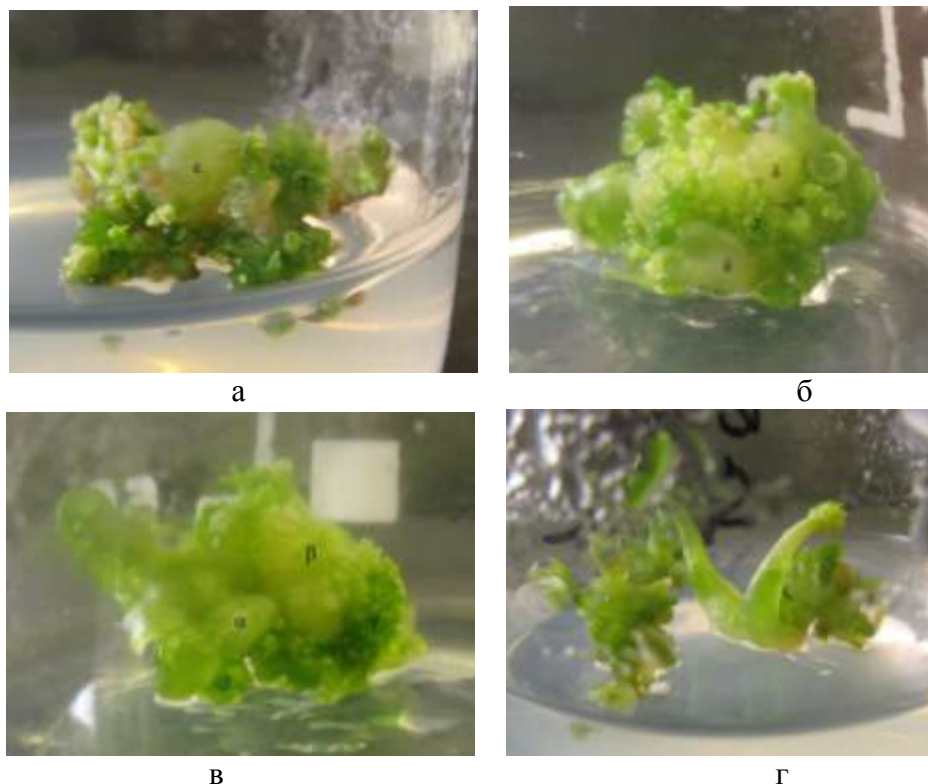
Мирослав Грига показал, что регенерация соматических эмбрионидов, полученных из апикальных меристем гороха с использованием пиклорама, на среде с высокой концентрацией тидиазурана происходит по пути морфогенеза побегов [12]. В наших опытах эмбриогенные каллусы, полученные из изолированных пыльников на средах с 2,4-Д и перенесенные на среды для стимулирования регенерационного процесса перестраивались с эмбриогенного на морфогенный путь развития [2, 4]. Например, в культуре эмбриогенных каллусов на питательной среде MSB с 4 мг/л БАП и 1 мг/л НУК вначале происходила пролиферация каллусной массы, а затем наблюдались геммогенез (рис. 4 а) и регенерация (морфогенез) побегов (рис. 4 б). Установлено, что наиболее успешно регенерирующими тканями являются зеленые эмбриогенные каллусы (рис. 2 а и б), полученные в результате обработки бутонов холодом (+4°C) и последующего воздействия высокой температурой (+35°C-+38°C) [13].



Рис. 4. Геммогенез в пролиферирующей каллусной ткани (а) и регенерация побега (б)

Стимулирование регенерационного процесса у зеленых эмбриогенных каллусов сопровождалось появлением гипертрофированных эмбрионидов и побегов, что являлось признаком перехода эмбриогенных каллусных тканей на путь пролиферации компетентных к морфогенезу клеток и регенерации побегов. В нашем опыте регенерирующие каллусные

ткани, полученные из зеленых эмбриогенных каллусов в культуре пыльников сорта Визир в вариантах стрессовых обработок: в) холод 3 суток, тепло +35°C 18 часов и г) холод 4 суток, тепло +35°C 18 часов на среде MSB, дополненной 0,5 мг/л 2,4-Д, наряду с геммогенезом (рис. 4 а и 5 а, б, в) характеризовались наличием гипертрофированных эмбриоидов на стадиях глобулы (рис. 5 а), сердца (рис. 5 б) и торпеды (рис. 5 в), а также гипертрофированных побегов (рис. 5 г) [2, 4, 13].



*Рис. 5. Стимулирование регенерационного процесса в культуре зеленых эмбриогенных калусных тканей: гипертрофированные эмбриоиды на стадиях глобулы (а), сердца (б) и торпеды (в), регенерация гипертрофированных побегов (г). Буквами греческого алфавита обозначены:  $\alpha$  – эмбриоид на стадии торпеды,  $\beta$  – гипертрофированный эмбриоид на стадии торпеды,  $\gamma$  – геммогенез в пролиферирующей калусной ткани,  $\delta$  – гипертрофированные эмбриоиды на стадии сердца,  $\epsilon$  – гипертрофированный эмбриоид на стадии глобулы*

Проведенные исследования показали, что регенерация растений гороха в эмбриогенных калусных тканях на средах для морфогенеза побегов возможна за счет вторичной пролиферации эмбриогенных клеток и последующего запуска процесса геммогенеза, создающих потенциал для морфогенеза побегов и массового получения растений-регенерантов. Для успешной регенерации растений необходимы эмбриогенные каллусы, полученные с использованием определенных режимов температурного стресса.

#### ***Влияние стрессовых воздействий на эффективность каллусогенеза в культуре изолированных пыльников гороха***

В исследованиях, направленных на репрограммирование изолированных микроспор гороха на спорофитный (эмбриогенный) путь развития, используют стрессовые воздействия теплом, холодом, осмотическим шоком, применяют углеводное голодание, сонификацию и электропорацию [1, 2]. В опытах Sergio Ochatt с соавторами обработка изолированных бутонов гороха холодом (+4°C) в течение 48 и более часов приводила к увеличению числа микрокаллусов в культуре изолированных микроспор [1]. Положительное влияние обработки

изолированных бутонов холодом (+4°C) на эмбриогенный каллусогенез в культурах изолированных пыльников и микроспор гороха нашло подтверждение и в наших экспериментах [4, 9]. В научной литературе приведены данные о положительном влиянии на андрогенез последовательного применения таких стрессовых воздействий, как холод, электропорация и осмотический шок в культурах изолированных пыльников и микроспор гороха [1, 7].

1. Применение высоких температур в качестве стрессового воздействия не нашло широкого применения в экспериментах зарубежных коллег по гаплоидии гороха, только в одной работе было заявлено о признаках формирования каллусов в культуре изолированных пыльников гороха, подвергнутых воздействию температурой 37°C [14]. В наших экспериментах показано положительное влияние обработки изолированных пыльников повышенными температурами на инициацию каллусных тканей [2, 4]. Следует отметить важность для репрограммирования микроспор последовательной обработки бутонов холодом (+4°C) и культур изолированных пыльников высокими температурами (+35°C и +38°C), что в итоге приводит к увеличению регенерационного потенциала эмбриогенных каллусных тканей [2].

2. Для более ясного понимания влияния температурного стресса на эффективность инициации эмбриогенных каллусов проведено изучение 5 температурных режимов с использованием 11 питательных сред. В опыте на микроспоры воздействовали пониженной и повышенной температурами +4°C, +32°C, +33°C, +35°C, +38°C. Обработку холодом (+4°C) применяли к изолированным бутонам, а высокой температурой воздействовали на изолированные пыльники в условиях культуры *in vitro*. Учитывали только эмбриогенные каллусы.

В вариантах опыта число иницированных эмбриогенных каллусов варьировало от 0,3 до 4,2% при среднем значении 1,5% (табл. 1). Выявлена явная тенденция снижения эффективности каллусогенеза с ростом температуры стрессовых воздействий. Если при обработке теплом 32°C эффективность каллусогенеза равнялась 1,8%, то повышение температуры обработок до 38°C (при сниженном на 30% времени воздействия) приводило к уменьшению эффективности инициации эмбриогенных каллусов до 0,3%. Эффективность каллусогенеза при обработке бутонов низкой температурой +4°C в течение 7 суток составила 4,2%, что существенно превышало все варианты обработок пыльников повышенными температурами. Статистически значимых различий между вариантами обработок повышенными температурами не обнаружено.

Таблица 1

**Влияние температурного стресса на эффективность формирования эмбриогенных каллусов в культуре пыльников гороха**

| Температурный режим | Высажено пыльников | % эмбриогенных каллусов |
|---------------------|--------------------|-------------------------|
| 4°C                 | 180                | 4,2 <sup>a*</sup>       |
| 32°C                | 360                | 1,8 <sup>b</sup>        |
| 33°C                | 660                | 0,9 <sup>b</sup>        |
| 35°C                | 150                | 0,8 <sup>b</sup>        |
| 38°C                | 90                 | 0,3 <sup>b33</sup>      |
| ВСЕГО               | 1440               | 1,5                     |

\* значимость различий между средними значениями в вариантах опыта определяли по критерию  $HSP_{05}$ , наличие в таблице различных индексов *a* и *b* между вариантами опыта указывает на существенность различий

Из 11 питательных сред, использованных в опыте, 4 были созданы на основе среды N6, а 7 – среды MSB. Питательные среды mp2, mbd, mmd2, na74, msf1, na53, nb1, Nap, mmd1 в

качестве регулятора роста содержали 2,4-Д, среда mmi – ИУК, а среда mb2 не содержала регуляторов роста (табл. 2).

Таблица 2

**Эффективность инициации эмбриогенных каллусов на питательных средах различного состава**

| Среда | Минеральная основа сред (соли и витамины) | Высажено пыльников | % эмбриогенных каллусов |
|-------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| mp2   | MSB                                       | 90                 | 0,3 <sup>ab*</sup>      |
| mb2   | MSB                                       | 150                | 0,4 <sup>a</sup>        |
| mbd   | MSB                                       | 120                | 0,5 <sup>a</sup>        |
| mmd2  | MSB                                       | 120                | 0,8 <sup>abc</sup>      |
| na74  | N6                                        | 180                | 0,8 <sup>ab</sup>       |
| msf1  | MSB                                       | 120                | 1 <sup>abc</sup>        |
| na53  | N6                                        | 60                 | 1 <sup>abc</sup>        |
| nb1   | N6                                        | 120                | 1 <sup>abc</sup>        |
| mmi   | MSB                                       | 180                | 1,8 <sup>abc</sup>      |
| Nap   | N6                                        | 150                | 3,6 <sup>bc</sup>       |
| mmd1  | MSB                                       | 150                | 3,8 <sup>c</sup>        |
| ВСЕГО |                                           | 1440               | 1,5                     |

\* значимость различий между средними значениями в вариантах опыта определяли по критерию НСР<sub>05</sub>, полиморфизм по всем индексам (abc) указывает на существенность различий между средними значениями

Эффективность каллусогенеза в зависимости от среды варьировала от 0,3 до 3,8%. Наибольшую эффективность в инициации эмбриогенных каллусов продемонстрировали питательные среды Nap (3,6%) и mmd1 (3,8%). На питательных средах mmd2 и mp2 несмотря на относительно низкую эффективность каллусогенеза формировались глобулярные эмбриоиды. Следует заметить, что характерной особенностью состава питательных сред Nap, mmd1, mmd2, mp2 являлось низкое содержание сахарозы.

**Заключение**

Инициация тотипотентных клеток с потенциалом эмбриогенного развития, а также микрокаллусов, эмбриоидов, морфогенных и эмбриогенных каллусных тканей, стимулирование регенерационного процесса являются критическими факторами, определяющими получение гаплоидных растений в культурах изолированных пыльников и микроспор гороха. В наших исследованиях выявлены физиологические факторы, определяющие спорофитное развитие микроспор, а также формирование эмбриоидов и каллусных тканей. В культуре изолированных пыльников гороха инициированы многоклеточные структуры, морфогенные и эмбриогенные каллусы и получены растения-регенеранты. В культуре изолированных микроспор в условиях оригинальных питательных сред наблюдали переход микроспор на спорофитный (эмбриогенный) путь развития, что приводило к формированию микрокаллусов (эмбриоидов). Показано, что эмбриогенные каллусные ткани исправлено переходу от эмбриогенного развития к формированию морфогенного потенциала, необходимого для быстрого и массового получения побегов-регенерантов в условиях питательных сред, традиционно используемых для морфогенеза побегов. Проведен сравнительный анализ влияния 5 вариантов температурного стресса на образование эмбриогенных каллусных тканей. Установлено, что обработка изолированных бутонов гороха низкой температурой +4°C в течение 7 суток является лучшим вариантом температурного стресса для стимулирования спорофитного развития микроспор. Показано, что оригинальные питательные среды с низким содержанием сахарозы более эффективно поддерживают инициацию эмбриогенных каллусов и эмбриоидов. Полученные результаты

могут служить основой для разработки эффективных методов получения гаплоидных растений гороха.

### Литература

1. Ochatt S., Pech C., Grewal R., Coreux C., Lulsdorf M., Jacas L. Abiotic stress enhances androgenesis from isolated microspores of some legume species (*Fabaceae*) // *Journal of Plant Physiology*. - 2009. - V. 166. - P. 1314-1328.
2. Bobkov S. Obtaining calli and regenerated plants in anther cultures of pea // *Czech journal of genetics and plant breeding*. - 2014. - V. 50 (2). - P. 123-129.
3. Бобков С.В. Культура *in vitro* изолированных пыльников и микроспор гороха (методические рекомендации). - Орел, - 2011. - 22 с.
4. Бобков С.В. Культура изолированных пыльников гороха // Доклады РАСХН. - 2010. - № 6. - С. 19-21. (Bobkov S.V. Isolated pea anther culture // *Russian Agricultural Sciences*. - 2010. - V. 6. - P. 413-416.)
5. Бобков С.В., Уваров В.Н. Каллусогенез и регенерация растений в культуре пыльников гороха // Достижения науки и техники АПК. - 2004. - № 2. - С. 2-3.
6. Бобков С.В. Использование питательной среды N6 в культуре *in vitro* изолированных пыльников гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 4 (20). - С. 26-31.
7. Ribalta F.M., Croser J.S., Ochatt S.J. Flow cytometry enables identification of sporophytic eliciting stress treatments in gametic cells // *Journal of Plant Physiology*. - 2012. - V. 169. - P. 104-110.
8. Croser J., Lulsdorf M., Davies P., Wilson J., Sidhu P., Grewal R., Allen K., Dament T., Warkentin T., Vandenberg A., Siddique K. Haploid embryogenesis from chickpea & field pea – progress towards a routine protocol // 'Contributing to a Sustainable Future' I.J. Bennett, E. Bunn, H. Clarke, J.A. McComb (Eds.). Proceedings of the Australian Branch of the IAPTC&B, Perth, Western Australia, 21-24<sup>th</sup> September, - 2005. - P. 71-82.
9. Бобков С.В. Репрограммирование изолированных микроспор гороха на эмбриогенный путь развития // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2013. - №3. - С. 5-10.
10. Lulsdorf M.M., Croser J.S., Ochatt S. Androgenesis and doubled-haploid production in food legumes. - 2011. Chapter 11, p. 336-347. In: PRATAP A., KUMAR J. (eds): *Biology and Breeding of Food Legumes*. CABI, Oxfordshire.
11. Griga M., Tejklova E., Novak F.J., Kubalakova M. *In vitro* clonal propagation of *Pisum sativum* L. // *Plant cell tissue organ culture*. - 1986. - V.6. - P. 95-104.
12. Griga M. Direct somatic embryogenesis from shoot apical meristems of pea, and thidiazuron-induced high conversion rate of somatic embryos // *Biologia plantarum*. - 1998. - 41 (4). - P. 481-495.
13. Бобков С.В. Эмбриониды и растения-регенеранты в культуре изолированных пыльников гороха (*Pisum sativum* L.) // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2012. - № 4. - С. 74-83.
14. Sidhu R., Davies P. Pea anther culture: callus initiation and production of haploid plants // Proceedings of the Australian Branch of the IAPT&B, Perth, Western Australia, 21-24th September, - 2005. - P.180-186.

## ELABORATION OF METHODS FOR OBTAINING PEA HAPLOIDS

S.V. Bobkov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract.** Recent state in the area of pea androgenic haploidy was analyzed. Critical elements of elaborating method were revealed and results of our investigations were outlined. In culture of pea isolated anthers multicellular structures, morphogenic and embryogenic calli, regenerants were initiated. It was determined with use of morphological markers that several regenerants were originated from pea microspores of isolated anther. Pea isolated microspores in liquid media were reprogramed on the sporophytic pathway of development and multicellular structures were initiated. It was demonstrated that embryogenic calli were able to shift from somatic embryogenesis to formation of morphogenic potential together with shoot regeneration in conditions of traditional nutrient media designed for shoot morphogenesis. Comparative analysis of temperature stress influence on formation of embryogenic calli was conducted. It was determined that treatment of pea isolated buds with cold (+4 °C) for 7 days was the best variant of temperature stress for stimulation microspore sporophytic development. It was shown that original nutrient media with low content of sucrose maintained more efficient initiation of embryogenic calli and embryos. Results obtained in our study could be used for elaboration of reliable and effective methods in pea haploids obtaining.

**Keywords:** pea, nutrient medium, anther, microspore, callogenesis, regeneration, sporophytic development, haploid.

## ИНТРОГРЕССИЯ ДОМИНАНТНОГО ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ ИЗ ГЕНОМА ДИКОГО ВИДА ГОРОХА *PISUM FULVUM*

С.В. БОБКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

Т.Н. СЕЛИХОВА, кандидат биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: svbobkov@gmail.com

В условиях тепличного бокса выделен образец дикого вида гороха *P. fulvum* и-609881 коллекции ФИЦ ВИГРП им Н.И. Вавилова, полностью устойчивый к возбудителю мучнистой росы *Erysiphe pisi* DC, и получены межвидовые гибриды Стабил × и-609881. В популяциях межвидовых гибридов в результате возвратных скрещиваний выделена линия BC<sub>2</sub>F<sub>3</sub> Стабил × и-609881, устойчивая к возбудителю мучнистой росы. Следующая генерация гибридов гороха получена в результате скрещивания растений указанной линии с восприимчивыми растениями сорта Темп. Все гибриды F<sub>1</sub> характеризовались устойчивостью к возбудителю мучнистой росы. Анализ расщепления в гибридной популяции F<sub>2</sub> по признаку устойчивости к мучнистой росе выявил 66 устойчивых растений и 20 пораженных, что соответствовало ожидаемому для моногенного наследования расщеплению 3 : 1 ( $\chi^2_{05}$  тест,  $p=0,7087438$ ). Изучение популяций гибридов F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> показало, что устойчивость к мучнистой росе является результатом интрогрессии генетического фактора устойчивости из генома образца *P. fulvum* и-609881 и кодируется доминантным аллелем одного гена.

**Ключевые слова:** горох, *P. fulvum*, межвидовой гибрид, мучнистая роса, ген устойчивости.

Мучнистая роса гороха (*Erysiphe pisi* DC, Ascomycetes) является специализированной формой *E. pisi* f. sp. *pisi* (Hammarl) Boerema, адаптированной к инфицированию только гороха [1]. Мучнистая роса является опасной болезнью, приводящей к снижению урожайности на 25-50% и заметному ухудшению качества зерна [2]. Мучнистая роса распространена во всем мире, особенно активно проявляется в климатических условиях, характеризующихся высокой температурой днем и низкой ночью [3]. Использование в сельскохозяйственном производстве сортов гороха, устойчивых к мучнистой росе, является наиболее эффективной, экономически и экологически обоснованной стратегией.

Впервые устойчивые к мучнистой росе источники были выделены из перуанских образцов гороха [4]. Устойчивость к мучнистой росе определялась рецессивным геном *er1*, который нашел широкое применение в селекции гороха. Если ген *er1* обеспечивает почти полную устойчивость к заболеванию, то второй рецессивный ген *er2* проявляет защитное действие только на листьях [5]. Использование гена *er2* проблематично вследствие того, что его протекторное действие проявляется в определенных условиях произрастания растений, а его экспрессия зависит от температуры и возраста листьев [6]. Оба гена локализованы в различных группах сцепления [7, 8]. Третий доминантный ген *Er3*, обеспечивающий устойчивость к возбудителю мучнистой росы, был идентифицирован в образце дикого вида гороха *P. fulvum* и в результате интрогрессии стал доступен для использования в селекционном процессе [3]. Устойчивость к мучнистой росе у гена *er1* основана на барьере для проникновения, созданном в результате потери функции у фактора восприимчивости – кодируемом этим геном белка PsMLO [9], а у генов *er2* и *Er3* – на эффекте гиперчувствительности после проникновения патогена в клетки [3]. Для гена *Er3* идентифицированы два RAPD маркера, локализованные в 2 альтернативных фазах на расстоянии от 0 до 2,8 см. Они были конвертированы в SCAR-маркеры, позволяющие с



высокой надежностью проводить маркерную селекцию [10]. Проведенные исследования выявили независимое моногенное наследование генов *er1*, *er2* и *Er3* [11].

Для пополнения генофонда культурного гороха новыми генами хозяйственно-ценных признаков в нашей лаборатории получена серия межвидовых гибридов гороха *P. sativum* × *P. fulvum* [12, 13, 14]. Исследование формообразовательного процесса в условиях инфекционного фона тепличного бокса в беккроссируемой популяции межвидовых гибридов Стабил × и-609881 позволило выделить линии гибридов BC<sub>1-2</sub>F<sub>3-5</sub>, устойчивые к возбудителю мучнистой росы [15]. Цель настоящего исследований состояла в изучении наследования признака устойчивости к мучнистой росе, полученного от образца *P. fulvum* и-609881, для использования в фундаментальных исследованиях и селекции гороха.

### Материалы и методы

Межвидовые гибриды гороха для интрогрессии устойчивости к мучнистой росе получены в комбинации Стабил × и-609881. Родительский сорт Стабил поражался мучнистой росой, а образец *P. fulvum* и-609881 коллекции ФИЦ ВИГРР им Н.И. Вавилова был полностью устойчивым к патогену. Межвидовые гибриды в течение нескольких лет выращивали в тепличном боксе, где проводили возвратные скрещивания с родительским сортом Стабил. Растения выращивали в условиях высокой температуры в летнее время и низких температур – в осенний период вегетации. В процессе вегетации растений наблюдались значительные перепады температуры днем и ночью, что создавало благоприятные условия для поражения растений мучнистой росой. В этих условиях в результате возвратных скрещиваний и отбора устойчивых растений была получена устойчивая к мучнистой росе линия гороха BC<sub>2</sub>F<sub>3</sub> Стабил × и-609881 с долей генома *P. fulvum* 12,5%.

Устойчивые к мучнистой росе растения указанной линии гороха безлисточкового морфотипа (*af*) скрещивали с восприимчивыми к патогену растениями листочкового (*Af*) сорта Темп. Гибриды F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> выращивали в тепличном боксе и анализировали по признакам устойчивости к мучнистой росе и морфологии листа. Соответствие фактического и ожидаемого расщепления гибридов F<sub>2</sub> оценивали по критерию  $\chi^2$  с использованием компьютерной программы EXCEL 2010.

### Результаты и обсуждение

В тепличном боксе культурные и дикие растения гороха выращивали в течение 10 лет. Каждый год растения гороха поражались мучнистой росой, создавая локальный инфекционный фон. Мучнистой росой поражались как культурный, так и дикий горох, включая образцы *P. fulvum* (рис. а). Однако среди образцов дикого вида гороха был обнаружен образец и-609881 с абсолютной устойчивостью к возбудителю мучнистой росы (рис. б). Для получения межвидовых гибридов растения образца и-609881 скрещивали с растениями сорта гороха Стабил. Формообразовательный процесс изучали в беккроссируемых популяциях межвидовых гибридов гороха в условиях локального инфекционного фона тепличного бокса.

Отбор растений межвидовых гибридов гороха на инфекционном фоне в течение нескольких генераций позволил выделить линию BC<sub>2</sub>F<sub>3</sub> Стабил × и-609881, растения которой были полностью устойчивыми к патогену *Erysiphe pisi* DC. В результате гибридизации устойчивых растений линии безлисточкового морфотипа (*af*) BC<sub>2</sub>F<sub>3</sub> Стабил × И609881 с растениями листочкового (*Af*) восприимчивого сорта гороха Темп все полученные гибриды F<sub>1</sub> отличались устойчивостью к мучнистой росе, что указывало на доминантный характер признака устойчивости.

Для определения числа генов, кодирующих устойчивость к возбудителю мучнистой росы, проведено изучение расщепления по признаку устойчивости в гибридной популяции F<sub>2</sub>. В опыте анализировали 86 гибридов F<sub>2</sub>. Для оценки качества расщепляющейся популяции, провели тестовый анализ расщепления по признаку «тип листа» с известным моногенным наследованием (*af*). Фактическое расщепление по контрольному признаку «тип

листа» соответствовало ожидаемому 3 : 1 ( $\chi_{05}^2$  тест,  $p=0,5335653$ ), что свидетельствовало о высоком качестве расщепляющейся популяции (таблица).



а

б

Рис. Образцы гороха *P. fulvum*: а) очаги поражения мучнистой росой листьев растений образца *P. fulvum* к-2523, б) устойчивый к мучнистой росе образец и-608881

Таблица

**Расщепление гибридов F<sub>2</sub> по устойчивости к мучнистой росе и типу листа**

| Устойчивость к мучнистой росе | Устойчивые                          | Восприимчивые                | Всего | $\chi_{05}^2$ тест, p |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------|-----------------------|
| Фактическое расщепление       | 66                                  | 20                           | 86    | 0,7087438             |
| Ожидаемое расщепление (3 : 1) | 64,5                                | 21,5                         |       |                       |
| Морфотип растений             | Листочковый<br>( $\sum AfAf, Afa$ ) | Безлисточковый<br>( $aafa$ ) | Всего | $\chi_{05}^2$ тест, p |
| Фактическое расщепление       | 62                                  | 24                           | 86    | 0,5335653             |
| Ожидаемой расщепление (3 : 1) | 64,5                                | 21,5                         |       |                       |

В результате исследования расщепления по признаку устойчивости к возбудителю мучнистой росы выявлено 66 устойчивых растений и 20 пораженных, что соответствовало ожидаемому для моногенного наследования расщеплению 3 : 1 ( $\chi_{05}^2$  тест,  $p=0,7087438$ ). Анализ популяций гибридов F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> показал, что устойчивость к мучнистой росе является результатом интрогрессии доминантного аллеля одного локуса из генома образца *P. fulvum* и-609881 коллекции ФИЦ ВИГРР им Н.И. Вавилова. Для решения вопроса, определяется ли устойчивость ранее описанным геном *Er3* [3, 10] или это новый ген (аллель), необходимо провести тест на аллелизм путём скрещивания наших линий с устойчивыми к мучнистой росе линиями, отобранными в лаборатории Диего Рубиалеса (Institute of Sustainable Agriculture, Madrid, Spain). По меньшей мере, образцы дикого вида гороха могут иметь разные аллели гена *Er3*, обеспечивающие различную степень устойчивости к возбудителю мучнистой росы.

В отличие от гена *er1*, который является результатом мутации, приведшей к синтезу aberrантного белка - фактора восприимчивости PsMLO, создающего барьер для

проникновения патогена [9], доминантный характер нового гена открывает новые перспективы для исследования альтернативных молекулярных механизмов устойчивости растений к болезням.

Длительное использование гена *er1* для предотвращения поражения растений гороха мучнистой росой может привести к преодолению устойчивости вследствие эволюции патогена. Идентификация новых генов устойчивости повышает конкурентные преимущества гороха перед возбудителем мучнистой росы в процессе перманентной коэволюции геномов. В перспективе пирамидирование различных генов позволит повысить устойчивость растений гороха к возбудителю мучнистой росы (*Erysiphe pisi* DC) и выиграть время у эволюции патогена, необходимое для преодоления устойчивости. Известно, что для описанных ранее генов устойчивости к мучнистой росе *er1*, *er2* и *Er3* разработаны генетические маркеры [10], позволяющие легко с помощью маркерной селекции совмещать указанные гены в одном геноме.

### Литература

1. Ondřej M., Dostálová R., Hýbl M., Odstrčilová L., Tyllér R., Trojan R. Utilization of afile types of pea (*Pisum sativum* L.) resistant to powdery mildew (*Erysiphe pisi* DC.) in the breeding programs // Plant Soil and Environment. – 2003. – V. 49 (11). – P. 481-485.
2. Warkentin, T.D., Rashid K.Y., Xue A.G. Fungicidal control of powdery mildew in field pea // Canadian Journal of Plant Science. – 1996. – V. 76. – P. 933-935.
3. Fondevilla S., Torres A.M., Moreno M.T., Rubiales D. Identification of a new gene for resistance to powdery mildew in *Pisum fulvum*, a wild relative of pea // Breeding Science. – 2007. – V. 57. – P. 181-184.
4. Harland S.C. Inheritance of immunity to mildew in Peruvian forms of *Pisum sativum* // Heredity. – 1948. – V. 2. – P. 263-269.
5. Tiwari K.R., Panner G.A., Warkentin T.D., Rashid K.Y. Pathogenic variation in *Erysiphe pisi* the causal organism of powdery mildew in pea // Can. J. Plant Pathol. – 1997. – V. 19. – P. 267-271.
6. Fondevilla S., Carver T.L.W., Moreno M.T., Rubiales D. Macroscopic and histological characterisation of genes *er1* and *er2* for powdery mildew resistance in pea // European Journal of Plant Pathology. – 2006. – V. 115. – P. 309-321.
7. Timmerman G.M., Frew T.J., Weeden N.F. Linkage analysis of *er1*, a recessive *Pisum sativum* gene for resistance to powdery mildew fungus (*Erysiphe pisi* D.C.) // Theoretical and Applied Genetics. – 1994. – V. 88. – P. 1050-1055.
8. Katoch V., Sharma S., Pathania S., Banayal D. K., Sharma S. K., Rathour R. Molecular mapping of pea powdery mildew resistance gene *er2* to pea linkage group III // Mol. Breeding. – 2010. – V. 25. – P. 229-237.
9. Pavan S., Schiavulli A., Appiano M., Marcotrigiano A.R., Cillo F., Visser R.G.F., Bai Y., Lotti C., Ricciardi L. Pea powdery mildew *er1* resistance is associated to loss-of-function mutations at a MLO homologous locus // Theoretical Applied Genetics. – 2011. – V. 123. – P. 1425-1431.
10. Fondevilla S., Rubiales D., Moreno M.T., Torres A.M. Identification and validation of RAPD and SCAR markers linked to the gene *Er3* conferring resistance to *Erysiphe pisi* DC in pea // Molecular Breeding. – 2008. – V. 22. – P. 193-200.
11. Fondevilla S., Cubero J.I., Rubiales D. Confirmation that the *Er3* gene, conferring resistance to *Erysiphe pisi* in pea, is a different gene from *er1* and *er2* genes // Plant Breed. – 2011. – V. 130. – P. 281-282.
12. Бобков С.В., Лазарева Т.Н. Компонентный состав электрофоретических спектров запасных белков межвидовых гибридов гороха // Генетика. – 2012. – Т. 48. – № 1. – С. 56-61.
13. Бобков С.В., Селихова Т.Н. Получение межвидовых гибридов для интрогрессивной селекции гороха // Экологическая генетика. – 2015. – Т. XIII. – № 3. – 2015. – С. 40-49.
14. Bobkov S.V., Selikhova T.N. Obtaining interspecific hybrids for introgressive pea breeding // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2017. – Vol. 7. – № 2. – P. 145-152.
15. Бобков С.В., Селихова Т.Н., Бычков И.А. Хозяйственно-ценные признаки образцов дикого вида гороха *Pisum fulvum* // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С. 41-46.

### INTROGRESSION OF A DOMINANT GENE CONFERRING RESISTANCE TO POWDERY MILDEW FROM GENOME OF PEA WILD SPECIES *PISUM FULVUM*

S.V. Bobkov, T.N. Selikhova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: svbobkov@gmail.com

**Abstract:** Accession of wild pea species *P. fulvum* i-609881 (collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources) was tested in greenhouse as completely resistant to powdery mildew (*Erysiphe pisi* DC). Interspecific hybrids were obtained as a result of its cross with variety *Stabil*. Interspecific hybrids BC<sub>2</sub>F<sub>3</sub> *Стабил* × i-609881, homozygous for powdery mildew resistance, were crossed with plants of susceptible variety *Temp*. All hybrids F<sub>1</sub> were resistant to

*Erysiphe pisi* DC. Analysis of plant segregation on resistance to powdery mildew pathogen in hybrid population  $F_2$  revealed 66 resistant and 20 susceptible from total 86 plants. This segregation was fitted to expected ratio 3: 1 for monogenic inheritance ( $\chi^2_{0.05}$  test,  $p=0.7087438$ ). Study of hybrid populations  $F_1$  and  $F_2$  proved introgression of resistance from genome of *P. fulvum* accession i-609881 which was determined by a dominant allele of a single gene.

**Keywords:** pea, *P. fulvum*, interspecific hybrid, powdery mildew, resistant gene.

**DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11045**

**УДК 635.652./654:581.19**

## **СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИИ ОВОЩНОЙ ФАСОЛИ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ БОБОВ В ФАЗУ «ЛОПАТКИ»**

**О.Н. БЕЗУГЛАЯ**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Л.Н. КОБЫЗЕВА**, доктор сельскохозяйственных наук

**О.Ю. ДЕРЕБИЗОВА, Н.К. ИЛЬЧЕНКО,**

**Л.И. РЕЛИНА**, кандидат биологических наук

ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА имени В.Я. ЮРЬЕВА НААН, УКРАИНА

E-mail: ncpgru@gmail.com

Проведен скрининг 49 коллекционных образцов фасоли Национального центра генетических ресурсов Украины, происхождением из 12 европейских стран, которые отличаются по гидротермическому режиму. Анализ биохимических признаков качества технически зрелых бобов (содержание сухого вещества, редуцирующих моносахаридов, сахарозы, аскорбиновой кислоты) позволил выделить источники, которые рекомендуется использовать в качестве исходного материала при создании высококачественных сортов овощной фасоли. Четыре образца были выделены по комплексу признаков. Высокое содержание сухого вещества в технически зрелых бобах в комплексе с высоким содержанием сахарозы имели украинский сорт Росилка и молдавский Эпиранто. Высокое содержание сухого вещества и водорастворимых углеводов (редуцирующие моносахариды и сахароза) было у российского сорта Дарина. Высокое содержание сахарозы и аскорбиновой кислоты имел российский сорт Рашель. Выделены образцы с низким коэффициентом вариации по отдельным признакам, которые рекомендуются использовать в селекционном процессе как слабо реагирующие на изменение гидротермического режима. Особого внимания заслуживают образцы происхождения из Франции, Германии, Польши, Нидерландов, России, Молдовы и Украины. Установлены взаимосвязи между содержанием аскорбиновой кислоты и редуцирующих моносахаридов (коэффициент корреляции – 0,49); между содержанием сухого вещества и водорастворимых углеводов (редуцирующие моносахариды – 0,28, сахароза – 0,31), при 5 – % уровне значимости  $r=0,27$ .

Анализ связи погодных условий с признаками качества технически зрелых бобов показал, что сильную зависимость от температуры воздуха имеют все биохимические признаки (коэффициент корреляции: сухое вещество – 0,96, редуцирующие моносахариды – 0,70, сахароза – 0,99, аскорбиновая кислота – 0,78). От суммы осадков сильная зависимость сохраняется с содержанием сахарозы (0,89). У остальных признаков зависимость слабее (содержание сухого вещества – 0,67, содержание аскорбиновой кислоты – 0,32, содержание редуцирующих моносахаридов – не наблюдается) и проявляется в комплексе с температурой воздуха.

**Ключевые слова:** фасоль овощная, сухое вещество, редуцирующие моносахариды, сахароза, аскорбиновая кислота.

Семена фасоли присутствуют во всех ископаемых остатках перуанской и мексиканской древних культур, а технически зрелые бобы использовали в пищу еще в четвертом тысячелетии до нашей эры в Мексике и Гватемале [1]. Этот ценный диетический продукт (энергетическая ценность 23 ккал) содержит 9-11% сухого вещества, до 6% белков, 7% углеводов, широкий спектр витаминов (А, В1, В2, В5, В6, В9, РР, Е, каротин) и особенно аскорбиновую кислоту (витамин С – 15-30 мг/100 г биоматериала), богатый состав макро- и микроэлементов (Fe, К, Са, Р, Мо, Se и другие) и прекрасные вкусовые качества [2, 3, 4]. Приготовленные к употреблению бобы овощной фасоли усваиваются человеком на 75-80%. Использование на продовольственные цели технически зрелых бобов овощной фасоли обусловлено рядом требований, которые оговаривают состояние и внешний вид фасоли. Подчеркивается, что бобы должны быть упругими и содержать аскорбиновой кислоты не менее 20 мг/100 г биомассы [5]. Проблемой качества технически зрелых бобов занимались специалисты, как в Украине, так и других странах (Сайко О.Ю. 2015, Паркина О.В. 2007, Сачивко Т.В. 2017, Zengin F. 2013 и др.).

Задача наших исследований – провести скрининг коллекционных образцов овощной фасоли по биохимическим признакам бобов в фазу «лопатки», установить их взаимосвязи и зависимость от гидротермического режима периода плодообразования в зоне исследования.

#### Материалы и методика исследований

Объектом исследований были 49 образцов овощной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) Национального центра генетических ресурсов растений Украины (НЦГРРУ), происхождением из 12 европейских стран: Украина – 11 образцов, Молдова – 2, Беларусь – 1, Россия – 13, Англия – 1, Нидерланды – 4, Германия – 4, Дания – 1, Франция – 6, Польша – 4, Словакия – 1, Италия – 1 образец.

Выращивались коллекционные образцы в специальном севообороте опытного поля Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН Украины (п.г.т. Элитное, Харьковский район, Харьковская обл., – местонахождение 49°59'02 N, 36°27'51 E, 195 м над уровнем моря). Грунты представлены черноземом мощным слабощелочным. Предшественник – озимая пшеница. Агротехника – общепринятая для зоны Лесостепи Украины. Посев фасоли проводили ручными сажалками без повторений в оптимальные для данного региона сроки. Схема посева: 30 см x 10 см, учетная площадь – 1 м<sup>2</sup>. Блок стандартов размещали через 20 номеров коллекционных образцов. Оценку коллекционных образцов, их морфологическое описание проводили в соответствии с существующими методическими рекомендациями [6] и классификатором Украины рода *Phaseolus* L. (2004). Анализ содержания углеводов и сухого вещества в технически зрелых бобах определяли по методике А.Р. Кизеля [7, 8], аскорбиновой кислоты – тетраметрическим методом по ГОСТ 24556-89 (1990). Определение ГТК при анализе погодных условий вегетационного периода фасоли проводили по формуле, предложенной Г.Г. Селяниновым (1930).

Годы исследований (2015-2017 гг.) характеризовались разным соотношением температурного режима и влагообеспечения (рис. 1).

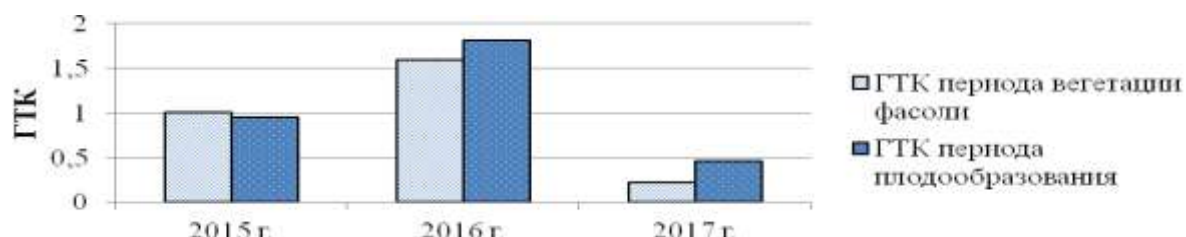


Рис. 1. Погодные условия вегетационного периода и периода плодообразования фасоли (2015-2017 гг.)

По водно-температурному балансу, как весь вегетационный период, так и период плодообразования 2015 г. был оптимальным (ГТК – 1,01 и 0,96 соответственно). Вегетационный период 2016 г. был переувлажненным, особенно период плодообразования (1,60 и 1,82 соответственно). Вегетационный период фасоли в 2017 г. отличался большим



дефицитом влаги (0,32). В период плодообразования ситуация несколько смягчилась, однако характеризовалась как засушливая (0,47).

Для решения поставленной задачи были проанализированы коллекционные образцы овощной фасоли, происхождением из разных регионов Европы, с разным гидротермическим режимом, на биохимические признаки, которые характеризуют питательные свойства технически-зрелого боба (содержание сухого вещества, редуцирующих моносахаридов, сахарозы, аскорбиновой кислоты).

### Результаты исследований и их обсуждение

Биохимические признаки бобов анализировали в фазу «лопатки» или технической спелости овощной фасоли, когда бобы достигали своего типичного размера и цвета, характерного для конкретного сорта, приобретали упругость, семена были с пшеничное зерно [6].

Одним из важнейших показателей, по которому судят о качестве перерабатываемого растительного сырья, является содержание в нем сухих веществ: чем выше содержание сухого вещества, тем выше его транспортабельность и лежкость. Под «сухим веществом» подразумевают содержание в бобе всех веществ, кроме воды, и разделяют на растворимые и нерастворимые в воде. Вода сама по себе является средой, в которой происходят процессы обмена веществ в живом растительном организме, которая принимает участие в этих процессах. В частности, значительное содержание воды активизирует деятельность ферментов. Поэтому от содержания сухих веществ зависят, в известной мере, биохимические процессы, происходящие в сырье при хранении. Содержание сухого вещества зависит не только от вида и сорта сырья, но и от погодных условий его формирования.

В наших исследованиях содержание сухого вещества в технически зрелых бобах фасоли овощного направления использования в среднем за 2015-2017 гг. колебалось от 7,99% до 10,64%, при  $HC_{005}=0,28$ . Выделены образцы с его минимальным содержанием, которые необходимо перерабатывать в кратчайшие сроки после уборки: Demeter (Нидерланды) – 7,99%, Нина 318 (Молдова) – 8,13%, Зинуля (Беларусь) – 8,18%, и образцы с максимальным содержанием, которые можно транспортировать и хранить в сыром состоянии: Aramis (Англия) – 10,64%, Лика (Россия) – 10,51%, Росилка (Украина) – 10,46%, Эспиранто (Молдова) – 10,43%. Минимальная вариабельность содержания сухого вещества по годам исследований была у образцов как со средним его содержанием: Furoga polana из Польши, у которого коэффициент вариации (V) равнялся – 2,2 (среднее за 3 года  $9,12\% \pm 0,20$ ) и Ника – 3,8 ( $9,45\% \pm 0,36$ ) из России, так и с низким содержанием: Code – 2,9 ( $8,39\% \pm 0,25$ ) и Vogema – 3,7 ( $8,83\% \pm 0,33$ ) из Нидерландов, Щедрая из России – 3,7 ( $8,63\% \pm 0,32$ ).

Анализируя среднее содержание сухого вещества в технически зрелых бобах в зависимости от стран происхождения образцов, было установлено, что наименьшее его количество содержат образцы из Нидерландов (8,74%), наибольшее – из Франции (9,43%) (рис. 2). Наименее зависящими от гидротермического режима по этому признаку были французские ( $V=6,2$ ) и молдавские ( $V=6,4$ ) образцы.

Большая часть веществ, растворимых в воде, представлена углеводами, которые служат источником энергии, особенно восстанавливающие моносахариды: глюкоза, фруктоза и дисахарид сахароза. При восстановлении моносахаридов образуются многоатомные спирты, гликозиды, сложные эфиры, без которых не могут протекать важнейшие процессы обмена веществ: фотосинтез, дыхание, брожение, синтез сахарозы, крахмала, гликогена и многие другие [9]. Сахара, как известно, отличаются сладким вкусом. Порог сладости (минимальная концентрация, при которой ощущается сладкий вкус) зависит от вида сахара и составляет для фруктозы 0,25, для глюкозы 0,55 и для сахарозы 0,38% [10].



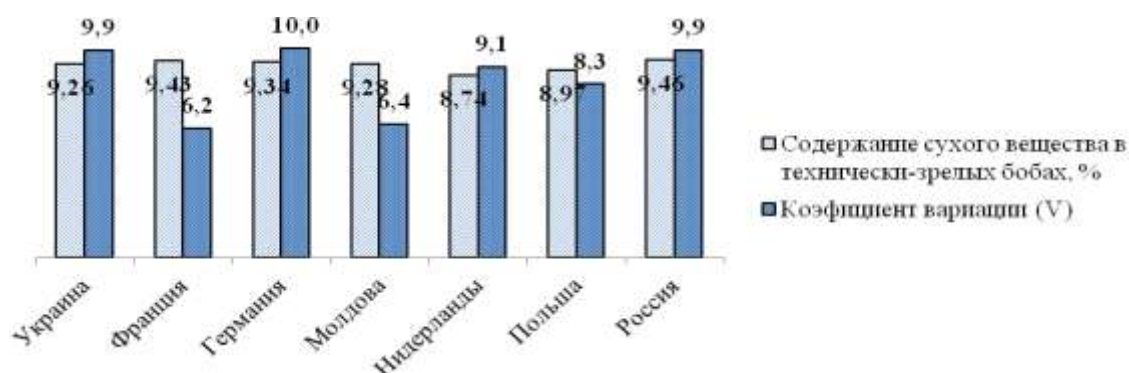


Рис. 2. Среднее содержание сухого вещества в технически зрелых бобах овощной фасоли и его коэффициент вариации по 2015-2017 гг. в зависимости от страны происхождения (показаны страны, которые представлены двумя и более образцами)

Содержание редуцирующих моносахаридов в технически зрелых бобах колебалось в пределах 1,09-2,19% на сухое вещество биомассы, при  $HC_{005}=0,12$ . Наименьшее содержание было у российского образца Рашель (1,09%), немецкого – Valja (1,11%) и образца из Нидерландов Madera (1,20%). Наибольшее содержание редуцирующих моносахаридов – у российских образцов Забава (2,19%), Дарина (2,15%) и Солнышко (2,14%); образца из Нидерландов Code (2,08%) и украинских – Настенька (2,07%), Украинка (2,02%), N 201-15 (2,01%). Наиболее стабильными по годам исследований были образцы со средним содержанием редуцирующих моносахаридов: Carmencita из Дании –  $V=2,12$  (среднее за 3 года  $1,56\% \pm 0,03$ ), Лика –  $V=2,95$  ( $1,54\% \pm 0,04$ ) и ПВН 1-131 из России –  $V=4,36$  ( $1,31\% \pm 0,06$ ), Aramis из Англии –  $V=4,23$  ( $1,79\% \pm 0,08$ ).

В зависимости от происхождения содержание редуцирующих моносахаридов в технически зрелых бобах образцов овощной фасоли практически не отличалось по странам (1,60-1,69% на сухое вещество биомассы) (рис. 3). Образцы, наименее реагирующие на изменение условий окружающей среды, были из Германии ( $V=10,5$ ).

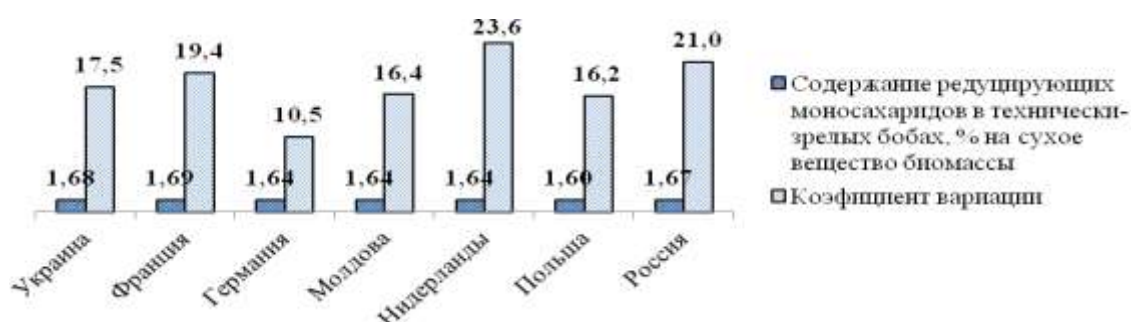


Рис. 3. Среднее содержание восстанавливающих моносахаридов в технически зрелых бобах овощной фасоли и его коэффициент вариации по 2015-2017 гг. в зависимости от страны происхождения (показаны страны, которые представлены двумя и более образцами)

Сахароза является наиболее распространенным дисахаридом, который в клетках человека вступает в анаэробный гликолиз, в результате которого выделяются молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

Колебание содержания сахарозы в технически зрелых бобах было в границах 0,03–0,62% на сухое вещество биомассы, при  $HC_{005}=0,05$ . Наименьшее содержание дисахарида – в образцах из Нидерландов Bogema и Code (0,03% на сухое вещество биомассы), Беларуси – Зинуля (0,04%) и Польши – Furora polana (0,05%); наибольшее, превышающее порог сладости: из Украины – Ксения (0,62%) и UKR001:02459 (0,40%), Молдовы – Эспиранто

(0,41%), России – Дарина (0,40%). Наиболее стабильное содержание сахарозы было у образца из Англии Agamis – V=10,29 (среднее за 3 года 0,21%  $\pm$  0,02).

Содержание сахарозы – один из наиболее нестабильных признаков. Коэффициент вариации в зависимости от происхождения образцов колебался от 76,6 (Германия) до 110,6 (Молдова). Меньше всего сахарозы имели образцы происхождения из Нидерландов (0,06% на сухое вещество биомассы), самое большое содержание – у образцов из Молдовы (0,33%) (рис. 4).

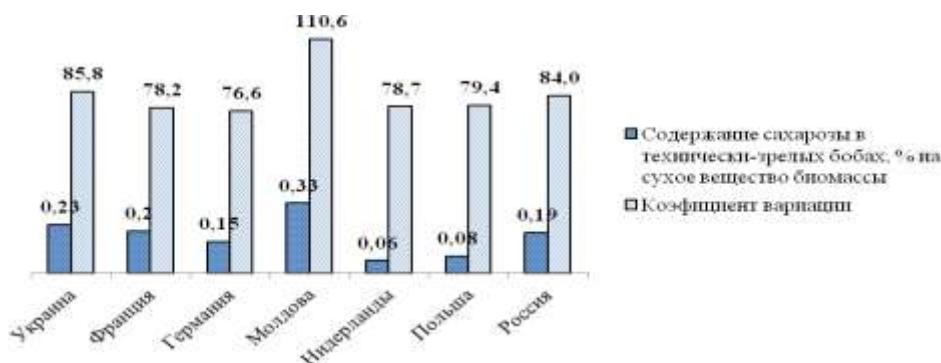


Рис. 4. Среднее содержание сахарозы в технически зрелых бобах овощной фасоли и его коэффициент вариации по 2015-2017 гг. в зависимости от страны происхождения (показаны страны, которые представлены двумя и более образцами)

Высокое суммарное содержание восстанавливающих моносахаридов и сахарозы наблюдалось у российских образцов Забава – 2,31% на сухое вещество биомассы и Дарина – 2,55%, украинского образца Настенька – 2,38% (табл. 1).

Таблица 1

**Образцы овощной фасоли с высоким суммарным содержанием редуцирующих моносахаридов и сахарозы, 2015-2017 гг.**

| Номер регистрации НЦГРРУ                                                                                                                        | Название  | Страна происхождения | Содержание в технически зрелых бобах |                     |          |      |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------|---------------------|----------|------|-------|
|                                                                                                                                                 |           |                      | СВ                                   | РМ                  | сахароза | СУ   |       |
|                                                                                                                                                 |           |                      | %                                    | % на сухое вещество |          | V    |       |
| UKR001:01888                                                                                                                                    | Забава    | Россия               | 9,74                                 | 2,19                | 0,12     | 2,31 | 24,18 |
| UKR001:02590                                                                                                                                    | Дарина    | Россия               | 10,25                                | 2,15                | 0,40     | 2,55 | 17,39 |
| UKR001:02259                                                                                                                                    | Настенька | Украина              | 9,57                                 | 2,07                | 0,31     | 2,38 | 21,62 |
| НСР <sub>005</sub>                                                                                                                              |           |                      | 0,28                                 | 0,12                | 0,05     | 0,12 |       |
| СВ – сухое вещество, РМ – редуцирующие моносахариды, СУ – сумма углеводов, V – коэффициент вариации суммы редуцирующих моносахаридов и сахарозы |           |                      |                                      |                     |          |      |       |

Особое внимание обращает на себя сорт Дарина, у которого высокое содержание всех трех компонентов (сухое вещество 10,25%, редуцирующие моносахариды 2,15% на сухое вещество биомассы, сахароза 0,40% на сухое вещество биомассы) и средний уровень коэффициента вариации (17,39). Выделенные образцы можно использовать в качестве источников высокого содержания водорастворимых углеводов в технически зрелых бобах овощной фасоли.

Выделено 7 образцов, у которых наблюдались следы сахарозы (0,03-0,09% на сухое вещество биомассы) при высоком содержании редуцирующих моносахаридов (1,78-2,08% на сухое вещество биомассы) (табл. 2). В основном это образцы с низким содержанием сухого вещества (8,18-8,87%), за исключением образцов Ника и N 201-15, которые имели среднее содержание сухого вещества (9,45% и 9,69% соответственно). С нашей точки зрения, эти образцы могут служить исходным материалом для создания диетических сортов фасоли овощного направления использования.

Таблица 2

**Образцы овощной фасоли диетического направления, 2015-2017 гг.**

| Номер регистрации НЦГРРУ                                                                                                                        | Название  | Страна происхождения | Содержание в технически зрелых бобах |                     |          |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------|---------------------|----------|------|
|                                                                                                                                                 |           |                      | СВ                                   | РМ                  | сахароза | СУ   |
|                                                                                                                                                 |           |                      | %                                    | % на сухое вещество |          |      |
| UKR001:01456                                                                                                                                    | Code      | Нидерланды           | 8,39                                 | 2,08                | 0,03     | 2,11 |
| UKR001:01539                                                                                                                                    | Украинка  | Украина              | 8,74                                 | 2,02                | 0,09     | 2,11 |
| UKR001:02608                                                                                                                                    | N 201-15  | Украина              | 9,69                                 | 2,01                | 0,07     | 2,08 |
| UKR001:02356                                                                                                                                    | Bogema    | Нидерланды           | 8,83                                 | 1,88                | 0,03     | 2,01 |
| UKR001:00069                                                                                                                                    | Golgjavel | Германия             | 8,87                                 | 1,84                | 0,06     | 1,90 |
| UKR001:02518                                                                                                                                    | Ника      | Россия               | 9,45                                 | 1,83                | 0,09     | 1,92 |
| UKR001:02234                                                                                                                                    | Зинуля    | Беларусь             | 8,18                                 | 1,78                | 0,04     | 1,82 |
| НСР <sub>005</sub>                                                                                                                              |           |                      | 0,28                                 | 0,12                | 0,05     | 0,12 |
| СВ – сухое вещество, РМ – редуцирующие моносахариды, СУ – сумма углеводов, V – коэффициент вариации суммы редуцирующих моносахаридов и сахарозы |           |                      |                                      |                     |          |      |

Наименьшее колебание содержания углеводов в зависимости от гидротермического режима у образцов: Aramis (Англия), Carmensita (Дания) и Лика (Россия) (табл. 3).

Таблица 3

**Образцы овощной фасоли с низкой суммарной вариабельностью содержания редуцирующих моносахаридов и сахарозы, 2015-2017 гг.**

| Номер<br>регистрации<br>НЦГРРУ                                                                                                                    | Название   | Страна<br>происхождения | Содержание в технически зрелых бобах |                                 |          |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------|------|------|
|                                                                                                                                                   |            |                         | СВ                                   | РМ                              | сахароза | СУ   |      |
|                                                                                                                                                   |            |                         | %                                    | % на сухое вещество<br>биомассы |          |      | V    |
| UKR001:02285                                                                                                                                      | Лика       | Россия                  | 10,54                                | 1,54                            | 0,20     | 1,74 | 9,66 |
| UKR001:01077                                                                                                                                      | Aramis     | Англия                  | 10,64                                | 1,79                            | 0,21     | 2,00 | 5,58 |
| UKR001:00737                                                                                                                                      | Carmensita | Дания                   | 8,92                                 | 1,56                            | 0,09     | 1,65 | 7,02 |
| НСР <sub>005</sub>                                                                                                                                |            |                         | 0,28                                 | 0,12                            | 0,05     | 0,12 |      |
| СВ – сухое вещество, РМ – редуцирующие моносахариды, СУ – сумма углеводов,<br>V– коэффициент вариации суммы редуцирующих моносахаридов и сахарозы |            |                         |                                      |                                 |          |      |      |

Это образцы как с высоким содержанием сухого вещества (Лика, Aramis), так и с низким (Carmensita). Среднее содержание суммы углеводов обусловлено средним содержанием редуцирующих моносахаридов. Выделенные образцы могут быть использованы в качестве источников стабильности содержания в технически зрелых бобах водорастворимых углеводов независимо от гидротермического режима плодообразования.

Витамины играют исключительно важную роль в растении – превращение веществ, усвоение минеральных и органических соединений, синтез аминокислот. Одним из наиболее распространенных является аскорбиновая кислота (витамин С) – мощный антиоксидант, по содержанию которого зернобобовые культуры занимают лидирующее место в сравнении со злаками [11]. Аскорбиновая кислота – органическое соединение, родственное глюкозе, которое является анциготным фактором, принимающим участие в окислительно-восстановительных процессах, участвует в синтезе коллагена и проколлагена, обмене фолиевой кислоты и железа, а также синтезе стероидных гормонов и катехоламинов.

Содержание аскорбиновой кислоты в технически зрелых бобах овощной фасоли в среднем за 2015-2017 гг. колебалось от 22,8 до 42,8 мг/100 г биомассы. С высоким содержанием аскорбиновой кислоты были образцы: Ява и Рашель (Россия) – соответственно 42,83 и 40,83 мг/100 г биомассы, Mont d'or (Франция) – 41,67 мг/100 г биомассы, Тіп-топ (Украина) – 41,50 мг/100 г биомассы, при НСР<sub>005</sub>=0,70. С низким коэффициентом вариации (2,5–9,2) выделено 14 образцов: из Италии Pencil Pod – V=2,5 (среднее за 3 года 33,67 мг/100

г биомассы 0,85), Украины Ювілейна 287 – V=2,8 (35,77 1,01) и Українка – V=3,1 (26,00 0,82), Германии Odeon – V=3,5 (30,50 1,08), Польши Korona – V=4,0 (32,83 1,31) и другие.

Размах варьирования содержания аскорбиновой кислоты в технически зрелых бобах в зависимости от происхождения был небольшой. Наибольшее ее среднее содержание – в образцах России (34,17 мг/100 г биомассы) и Молдовы (34,08 мг/100 г биомассы). Коэффициент вариации был на среднем уровне (V=12,7 – 18,6), наименьший – у польских (12,7) и украинских (13,3) образцов (рис. 5).

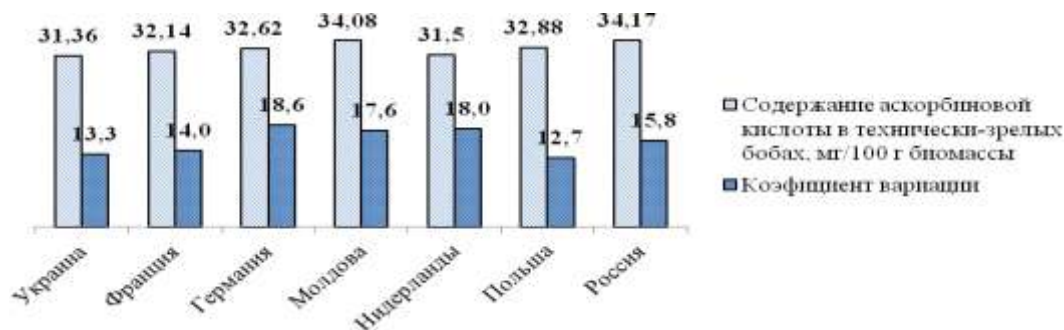


Рис. 5. Среднее содержание аскорбиновой кислоты в технически зрелых бобах овощной фасоли и его коэффициент вариации по 2015-2017 гг. в зависимости от страны происхождения (показаны страны, которые представлены двумя и более образцами)

Анализ взаимосвязи биохимических признаков между собой показал слабую положительную зависимость содержания в технически зрелых бобах сухого вещества от водорастворимых углеводов (коэффициент корреляции: редуцирующие моносахариды – 0,28, сахара – 0,31), а также отрицательную зависимость содержания аскорбиновой кислоты от редуцирующих моносахаридов (-0,49) (табл. 4).

Таблица 4

**Взаимосвязь между биохимическими признаками качества технически зрелых бобов овощной фасоли, 2015-2017 гг.**

| Признаки | Коэффициенты корреляции |        |        |
|----------|-------------------------|--------|--------|
|          | РМ                      | сахара | АК     |
| СВ       | 0,28*                   | 0,31*  | 0,02   |
| РМ       |                         | 0,01   | -0,49* |
| сахара   |                         |        | -0,21  |

\* 5-% уровень значимости  $r=0,27$

СВ – сухое вещество, РМ – редуцирующие моносахариды, АК – аскорбиновая кислота

В результате проведенного анализа полученных данных нами выделены по комплексу биохимических признаков 4 образца (табл. 5).

Таблица 5

**Образцы овощной фасоли с комплексом биохимических признаков, 2015–2017 гг.**

| Номер регистрации НЦГРРУ | Название  | Страна происхождения | Содержание в технически зрелых бобах |                              |        |       |
|--------------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------|-------|
|                          |           |                      | СВ                                   | РМ                           | сахара | АК    |
|                          |           |                      | %                                    | % на сухое вещество биомассы |        |       |
| UKR001:02350             | Росилка   | Украина              | 10,46                                | 1,86                         | 0,31   | 36,83 |
| UKR001:01031             | Эспиранто | Молдова              | 10,43                                | 1,72                         | 0,41   | 31,5  |
| UKR001:02286             | Рашель    | Россия               | 9,42                                 | 1,09                         | 0,37   | 40,83 |
| UKR001:02590             | Дарина    | Россия               | 10,25                                | 2,15                         | 0,40   | 22,83 |
| НСР                      |           |                      | 0,28                                 | 0,12                         | 0,05   | 0,70  |

СВ – сухое вещество, РМ – редуцирующие моносахариды, АК – аскорбиновая кислота

Высокое содержание сухого вещества в технически зрелых бобах в комплексе с высоким содержанием сахарозы имели украинский сорт Росилка и молдавский Эспиранто. Высокое содержание сухого вещества и водорастворимых углеводов (редуцирующие моносахариды и сахароза) было у российского сорта Дарина. Высокое содержание сахарозы и аскорбиновой кислоты имел российский сорт Рашель.

Анализ связи погодных условий и биохимических признаков показал высокую их зависимость от температуры воздуха (коэффициент корреляции: сухое вещество – 0,96, редуцирующие моносахариды – 0,70, сахароза – 0,99, аскорбиновая кислота – 0,78). От количества осадков зависимость слабее: сахароза – 0,89, сухое вещество – 0,67, аскорбиновая кислота – 0,32. Отсутствует зависимость содержания редуцирующих моносахаридов в технически зрелых бобах фасоли от количества осадков в период плодообразования (0,21) (рис. 6).

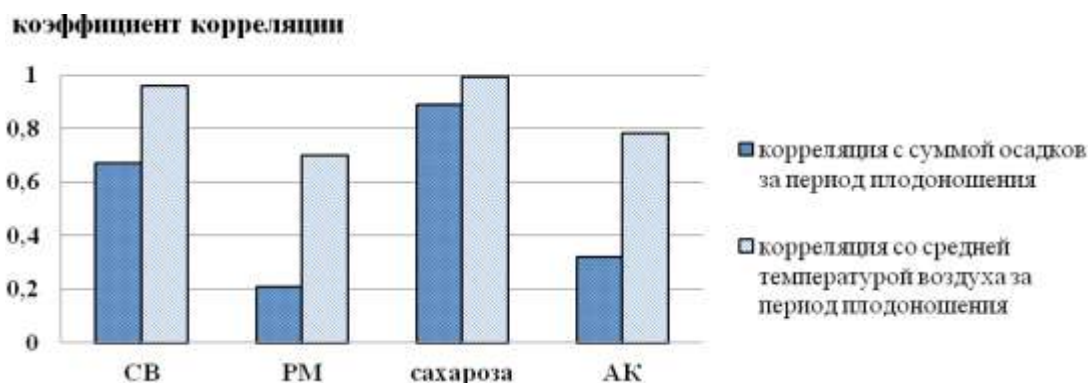


Рис. 6. Зависимость биохимических признаков качества технически зрелых бобов овощной фасоли от температуры и осадков, 2015-2017 гг., 5-% уровень значимости  $r=0,27$

Таким образом, основным фактором, который влияет на образование в технически зрелых бобах фасоли сухого вещества, углеводов и аскорбиновой кислоты, является температура воздуха в период плодообразования. Влияние осадков прослеживается при образовании сахарозы и сухого вещества, в слабой степени – аскорбиновой кислоты. Подобные закономерности наблюдали и другие исследователи [12].

### Закключение

Анализ биохимических признаков качества технически зрелых бобов фасоли овощного направления использования позволил выделить источники, как отдельных признаков, так и их комплекса, которые рекомендуется использовать в качестве исходного материала при создании высококачественных сортов овощной фасоли.

Были установлены взаимосвязи: средняя отрицательная зависимость содержания аскорбиновой кислоты от редуцирующих моносахаридов (-0,49); слабая положительная зависимость содержания сухого вещества от водорастворимых углеводов (редуцирующие моносахариды – 0,28, сахароза – 0,31).

Выделены образцы с низким коэффициентом вариации по признакам, которые рекомендуются использовать в селекционном процессе как слабо реагирующие на изменение гидротермического режима.

Анализ связи погодных условий с признаками качества технически зрелых бобов показал, что сильную зависимость от температуры воздуха имеют все биохимические признаки (коэффициент корреляции: сухое вещество – 0,96, редуцирующие моносахариды – 0,70, сахароза – 0,99, аскорбиновая кислота – 0,78). От суммы осадков сильная зависимость сохраняется с содержанием сахарозы (0,89). Таким образом, основным фактором, который влияет на качество технически зрелых бобов, является температурный фактор. Влияние осадков учитывается в комплексе с температурой: чем выше температура воздуха и больше осадков в период плодоношения бобов, тем выше качество технически зрелых бобов.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*



### Литература

1. [Интернет-ресурс] "http://vsaduidoma.com/2009/12/22/ovoshhnaya-fasol-vyrashhivanie-i-poleznye-svoystva/" от 30.08.2018.
2. [Интернет-ресурс] <https://knigi.link/standartizatsiya-sertifikatsiya-metrologiya/bobobvyie-ovoschi-57945.html> от 30.08.2018.
3. Лагутина Л.В. Изучение зарубежных сортов овощной фасоли в условиях Краснодарского края // Исходный материал, селекция и систематика зерновых бобовых культур. Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Л., – 1985. – Т. 91. – С. 64-69.
4. Буданова В.И. Результаты сортоизучения овощной фасоли из США // Труды Крымской опытно-селекционной станции ВИР. – М., – 1970. – Т. V. – С. 74-83.
5. Иванова М.А., Мегердичев Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для консервирования. – М.: Агропромиздат, – 1986. – 95 с. [Интернет-ресурс] <http://earthpapers.net/nauchnye-osnovy-podbora-sortov-ovoschnyh-i-plodovyh-kultur-dlya-konservirovaniya#ixzz5J2TlQMF2> от 30.08.2018.
6. Методичні рекомендації з вивчення генетичних ресурсів зернобобових культур. – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. – Харків, – 2016. – 84 с.
7. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос – 1986. – 256 с.
8. Ястребович Н.И., Калинин Ф.Л. Определение углеводов и растворимых соединений азота в одной навеске растительного материала // Рост и продуктивность растений. – Киев, – 1962. – В. 23. – С. 119-131.
9. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, – 1980. – 495 с.
10. [Интернет-ресурс] <http://www.activestudy.info/soderzhanie-uglevodov-v-plodax-i-ovoshhax/> от 05.09.2018.
11. Физиология сельскохозяйственных растений. Зернобобовые растения. Многолетние травы. Хлебные злаки (рожь, ячмень, овес, просо и гречиха). Ответственный редактор Н.С. Турова. – М., Из-во Московского университета, - 1970. – Т. VI. – 654 с.
12. Lamprecht H. The inheritance of the slender-type of Phaseolus vulgaris and some other results // Agr. Hort. Genet. – 1947. – V. 5. – P 72-84.

### SCREENING OF A COMMON BEAN COLLECTIONS FOR BIOCHEMICAL PARAMETERS OF UNRIPE PODS

**O.N. Bezuglaya, L.N. Kobyzeva, O.Yu. Derebizova, N.K. Ilchenko, L.I. Relina**  
PLANT PRODUCTION INSTITUTE named after V.Ya. YURIEV of NAAS, UKRAINE  
E-mail: ncpgru@gmail.com

**Abstract:** Forty nine bean accessions originating from 12 European countries, which differ in the hydrothermal regime, from a collection of the National Center of Genetic Resources of Ukraine, were screened. Analysis of biochemical parameters of the quality of technically ripe beans (dry matter, reducing monosaccharide, sucrose, and ascorbic acid contents) made it possible to identify their sources, which are recommended to be used as starting material to create high-quality common bean varieties. Four accessions were distinguished by a set of traits. Ukrainian variety Rosilka and Moldavian variety Epiranto had high contents of dry matter combined with high contents of sucrose in technically ripe beans. Russian variety Darina had high contents of dry matter and water-soluble carbohydrates (reducing monosaccharides and sucrose). Russian variety Rashel had high contents of sucrose and ascorbic acid. Accessions with low coefficients of variation of individual traits were selected; being weakly responsive to changes in the hydrothermal regime, they are recommended to be used in breeding. Accessions from France, Germany, Poland, the Netherlands, Russia, Moldova, and Ukraine deserve special attention. Relationships between contents of ascorbic acid and reducing monosaccharides (correlation coefficient  $r = -0.49$ ) and between contents of dry matter and water-soluble carbohydrates ( $r = 0.27$ ; reducing monosaccharides  $r = 0.28$  and sucrose  $r = 0.31$ ) at 5% significance level were established.

Analysis of relationships between the weather conditions and the quality parameters of technically ripe beans showed that all the biochemical traits (correlation coefficients: dry matter  $r = 0.96$ , reducing monosaccharides  $r = 0.70$ ; sucrose  $r = 0.99$ ; ascorbic acid  $r = 0.78$ ) strongly depended on air temperature. Sucrose content strongly depended on precipitation amount ( $r = 0.89$ ). The other traits were less dependent on precipitation amount (dry matter content  $r = 0.67$ ; ascorbic acid content  $r = 0.32$ ; no dependence for reducing monosaccharide content was observed), and this relationship was apparent in combination with air temperature.

**Keywords:** common bean, dry matter, reducing monosaccharides, sucrose, ascorbic acid.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ФАСОЛИ ПРЕПАРАТАМИ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ И СИНТЕТИЧЕСКИМ РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА МЕЛАФЕН

Г.П. ГУРЬЕВ, А.Г. ВАСИЛЬЧИКОВ, кандидаты биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

*В статье представлены результаты полевых опытов по изучению влияния штаммов клубеньковых бактерий 653, 26-34, 700, а также синтетического регулятора роста Мелафен на симбиотические показатели азотфиксации (количество, масса клубеньков) и урожай зерна фасоли. Установлено положительное действие вышеперечисленных препаратов, включая Мелафен на формирование симбиотического аппарата и урожай семян фасоли. При этом прибавки урожая семян в зависимости от штамма клубеньковых бактерий сорта составили от 9 до 55%, от применения Мелафена – от 18 до 21% к контролю. Отмечено, что синтетический регулятор роста Мелафен также стимулировал формирование клубеньков на корнях фасоли, хотя в меньшей степени, в отличие от препаратов клубеньковых бактерий. Выделен лучший штамм 26-34 депонированный в коллекцию штаммов ВНИИСХМ в 2000 году изолированный в лаборатории микробиологии ВНИИЗБК под номером 8.*

**Ключевые слова:** фасоль, клубеньковые бактерии, Мелафен, минеральный азот.

В мировом земледелии фасоль занимает доминирующее положение среди зернобобовых культур. Общая площадь посевов составляет около 30 млн га, а в России в 2013 г. чуть более 4 тыс. га [1]. Основной биологической особенностью фасоли, как и других видов бобовых, является её способность формировать симбиозы с полезной почвенной микрофлорой и, в частности, с клубеньковыми бактериями (*Rhizobium phazeoli*) [2]. При благоприятных условиях бобово-ризобияльного симбиоза фасоль может ассимилировать до 70-80 кг/га азота атмосферы. Исследования по изучению симбиотической азотфиксации у фасоли проводились в разные годы. В большинстве из них отмечено положительное действие инокуляции на урожай и содержание белка в семенах фасоли. К примеру, исследования во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур показали высокую эффективность инокуляции фасоли [3]. Подобные результаты были получены и в РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева на сортах фасоли Гелиада и Шоколадница [4]. Инокуляцию семян фасоли следует рассматривать важнейшим приёмом, направленным на повышение азотфиксирующей способности фасоли поскольку плотность клубеньковых бактерий в почве может быть недостаточной или они могут вовсе отсутствовать. Кроме того, природные популяции ризобий включают в себя и малоактивные формы [5].

В последние годы интерес к проблеме симбиотической азотфиксации у фасоли заметно снизился, хотя это произошло на фоне существенных изменений климатических условий, появления новых штаммов клубеньковых бактерий, а также новых сортов фасоли. Более того, появились результаты исследований, которые говорят об отсутствии нодуляции на отдельных сортах фасоли. Так, в опытах Ульяновской сельскохозяйственной академии, проведенных в 2010-2012 гг. сорт фасоли Гелиада не вступил в симбиоз ни со спонтанными расами клубеньковых бактерий, ни с искусственно инфицированными. По нашим наблюдениям на Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции в 2016 году сорта фасоли Самарянка, Стрела и линия 05-82 практически не образовали клубеньков даже в вариантах с инокуляцией.

Важным условием успешной симбиотической азотфиксации является сам инокулянт, который должен соответствовать требованиям специфичности, конкурентоспособности и эффективности. К другим, не менее важным факторам, можно отнести условия подготовки почвы, предшественник, наличие в почве минеральных форм азота и агрохимические показатели почвы, особенно важнейшим из которых является кислотность. Данный фактор особенно актуален, так как успешная симбиотическая азотфиксация у фасоли возможна только при кислотности близкой к нейтральной [6]. К новизне исследований следует также отнести испытание нового синтетического регулятора роста Мелафен, хорошо зарекомендовавшего себя на других культурах [7].

#### **Материалы и условия проведения исследований**

Научные исследования выполнены в 2017-2018 гг. на базе лаборатории генетики и биотехнологии ВНИИЗБК с использованием методики полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1985). Почва опытного участка тёмно-серая лесная, тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими характеристиками:  $P_2O_5$ -14,5 мг/100 г почвы (содержание повышенное),  $K_2O$ -12,3 мг/100 г почвы (содержание повышенное), гумус – 5,4% (содержание среднее), рН<sub>сол.</sub> – 5,4 (ср. кислая). Предшественник чёрный пар. Посев, при норме 400 тысяч/га всхожих семян проводили сеялкой СКС-6-10 широкорядным способом. Учетная площадь делянки составила 7 м<sup>2</sup>. Повторность каждого варианта четырёхкратная. Расположение вариантов – систематическое. В качестве тест-культуры использовали фасоль сортов Самарянка, Стрела и линия 05-82. Обработку семян штаммами клубеньковых бактерий 653, 26-34, 700 и Мелафеном в концентрации  $1,10^{-8}$  провели в день посева, избегая прямых солнечных лучей. Минеральный азот  $N_{60}$  в виде мочевины  $[CO(NH_2)_2]$  вносили по делянкам непосредственно перед посевом. Во время вегетации растений проводили фенологические наблюдения, проведена ручная прополка делянок и дважды механизированная междурядная обработка. По фенологическим фазам проводили отбор растительных проб с целью учёта количества и массы клубеньков. Уборку делянок провели комбайном Сампо 130 прямым способом. Урожайные данные обрабатывали математическим методом дисперсионного анализа.

#### **Результаты исследований**

Климатические условия 2017-2018 гг. существенно не отличались от средне многолетних показателей. Количество осадков и температурный режим в целом соответствовали росту и развитию фасоли, а также симбиотической азотфиксации. Распределение осадков и колебания среднесуточных температур в критический период роста, совпадающий у фасоли с максимальными значениями азотфиксации в 2017 г. были в пределах нормы. В 2018 г. данные показатели были смещены в сторону аридного климата, что привело к изменению сроков прохождения фенологических фаз и более ранней уборке, которую провели 23 августа. Период формирования симбиотического аппарата, его активной жизнедеятельности и далее деструкции клубеньков был также смещён на более ранние сроки, что соответствовало водному и температурному режиму в этот год. Обработка семян фасоли (нитрагинизация) штаммами клубеньковых бактерий 653, 26-34, 700, а также новым перспективным регулятором роста Мелафеном способствовала образованию клубеньков на корнях фасоли в оба года исследований (рис. 1, 2). При этом количество и, соответственно, масса клубеньков увеличилась во всех вариантах со штаммами клубеньковых бактерий (табл. 1). Наиболее высокие показатели азотфиксации отмечены в варианте с обработкой семян штаммом 26-34 на сорте Стрела и линии 05-82 селекции ВНИИЗБК.

В данном контексте следует отметить, что в 2000 году Васильчиковым А.Г. ведущим научным сотрудником нашего института был выделен на фасоли сорта Рубин перспективный изолят клубеньковых бактерий, который под номером 8 был в дальнейшем депонирован в коллекции ВНИИСХМ под шифром 26-34. Таким образом, выделенный из тёмно-серой лесной почвы во ВНИИЗБК штамм клубеньковых бактерий фасоли показал себя не только как хороший симбионт, но и проявил высокую адаптивность к сортам селекции ВНИИЗБК.



Рис. 1 Сорт фасоли Самарянка (плодообразование, 17 июля) 1-контроль 3-штамм-653



Рис.2. Сорт фасоли Стрела (налив бобов, 10 августа). 6-контроль, 7-N<sub>60</sub>, 8-штамм 653, 9-штамм 26-34, 10-Мелафен

Синтетический регулятор роста Мелафен также показал устойчивую положительную тенденцию на увеличение симбиотических показателей, хотя в заметно меньшей степени, чем препараты клубеньковых бактерий. В связи с этим возможно предположить, что данное положительное действие связано со стимулирующим действием Мелафена на дикую (спонтанную) флору клубеньковых бактерий.

Таблица 1

**Влияние штаммов клубеньковых бактерий и синтетического регулятора роста  
Мелафен на симбиотические показатели у фасоли**

| Вариант            | 2017                       |                             |                                   |                             | 2018                                   |                             |                               |                             |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                    | Цветение<br>(17 июля)      |                             | Налив бобов<br>(10 августа)       |                             | Бутионизация-<br>цветение<br>(19 июня) |                             | Плодообразование<br>(10 июля) |                             |
|                    | кол-во<br>клуб-в<br>шт./р. | масса<br>клуб-в<br>мг/раст. | кол-во<br>клуб-в<br>шт./рас<br>т. | масса<br>клуб-в<br>мг/раст. | кол-во<br>клуб-в<br>шт./раст.          | масса<br>клуб-в<br>мг/раст. | кол-во<br>клуб-в<br>шт./раст. | масса<br>клуб-в<br>мг/раст. |
| <b>Самарянка</b>   |                            |                             |                                   |                             |                                        |                             |                               |                             |
| Контроль           | 9                          | 60                          | 0                                 | 0                           | 0                                      | 0                           | 0                             | 0                           |
| N <sub>60</sub>    | 0                          | 0                           | 0                                 | 0                           | 0                                      | 0                           | 0                             | 0                           |
| Штамм 653          | 20                         | 280                         | 10                                | 81                          | 14                                     | 230                         | 8                             | 104                         |
| Штамм 26-34        | 26                         | 212                         | 27                                | 278                         | 12                                     | 169                         | 6                             | 68                          |
| Штамм 700          | -                          | -                           | -                                 | -                           | 25                                     | 218                         | 9                             | 105                         |
| Мелафен            | 4                          | 66                          | 20                                | 96                          | 11                                     | 185                         | 7                             | 60                          |
| <b>Стрела</b>      |                            |                             |                                   |                             |                                        |                             |                               |                             |
| Контроль           | 4                          | 7                           | 0                                 | 0                           | 0                                      | 0                           | 0                             | 0                           |
| N <sub>60</sub>    | 0                          | 0                           | 0                                 | 0                           | 4                                      | 30                          | 0                             | 0                           |
| Штамм 653          | 7                          | 83                          | 10                                | 68                          | 11                                     | 210                         | 8                             | 50                          |
| Штамм 26-34        | 21                         | 165                         | 58                                | 610                         | 28                                     | 346                         | 8                             | 52                          |
| Штамм 700          | -                          | -                           | -                                 | -                           | 6                                      | 130                         | 4                             | 37                          |
| Мелафен            | 11                         | 71                          | 12                                | 60                          | 4                                      | 66                          | 4                             | 64                          |
| <b>Линия 05-82</b> |                            |                             |                                   |                             |                                        |                             |                               |                             |
| Контроль           | 1                          | 6                           | 0                                 | 0                           | 3                                      | 37                          | 0                             | 0                           |
| N <sub>60</sub>    | 0                          | 0                           | 7                                 | 50                          | 1                                      | 8                           | 2                             | 32                          |
| Штамм 653          | 25                         | 117                         | 60                                | 268                         | 5                                      | 170                         | 13                            | 215                         |
| Штамм 26-34        | 30                         | 276                         | 48                                | 720                         | 17                                     | 243                         | 15                            | 310                         |
| Штамм 700          | -                          | -                           | -                                 | -                           | 14                                     | 271                         | 9                             | 82                          |
| Мелафен            | 16                         | 192                         | 24                                | 142                         | 7                                      | 146                         | 2                             | 93                          |

Улучшение азотного питания за счёт доли симбиотического азота не могло не отразиться на увеличении урожая семян сортов и линии фасоли (табл. 2). При относительно невысоком урожае зерна фасоли (в 2017 г. он находился в пределах 1,4-3,0 т/га, в 2018 г. – 1,2-2,3 т/га в зависимости от сорта) прибавки урожая зерна от применения препаратов клубеньковых бактерий составили от 9 до 55% и от 18 до 21% от применения Мелафена.

Подводя итог вышеизложенному можно констатировать, что применение препаратов клубеньковых бактерий, а также синтетического регулятора роста Мелафен положительно влияет на симбиотическую азотфиксацию (Мелафен в меньшей степени) и в целом на урожай семян фасоли. В тоже время потенциал симбиотической азотфиксации может быть значительно выше. Если в нашем опыте максимальное количество клубеньков составило 30 шт./раст. на линии 05-82, то по данным других авторов значительно выше. К примеру, в опытах Васильчикова А.Г. зафиксировано 50-60 шт./раст., а на сорте Шоколадница в опытах Волобуевой О.Г. до 90 шт./раст. [3, 4].

Таблица 2

**Влияние препаратов клубеньковых бактерий и Мелафена на урожайность фасоли, т/га**

| Вариант           | 2017 | 2018 | Среднее<br>за 2 года | Прибавка урожая<br>т/га, % |    |
|-------------------|------|------|----------------------|----------------------------|----|
| Самарянка         |      |      |                      |                            |    |
| Контроль          | 1,07 | 0,94 | 1,01                 | -                          | -  |
| N <sub>60</sub>   | 1,44 | 1,10 | 1,27                 | 0,26                       | 26 |
| Штамм 653         | 1,57 | 1,56 | 1,57                 | 0,56                       | 55 |
| Штамм 26-34       | 1,47 | 1,38 | 1,43                 | 0,42                       | 42 |
| Штамм 700         | -    | 1,25 | -                    | 0,31                       | 33 |
| Мелафен           | 1,19 | 1,25 | 1,22                 | 0,21                       | 21 |
| Стрела            |      |      |                      |                            |    |
| Контроль          | 2,81 | 1,62 | 2,22                 | -                          |    |
| N <sub>60</sub>   | 2,91 | 2,30 | 2,61                 | 0,39                       | 18 |
| Штамм 653         | 2,99 | 1,88 | 2,43                 | 0,21                       | 9  |
| Штамм 26-34       | 2,96 | 1,94 | 2,45                 | 0,23                       | 10 |
| Штамм 700         | -    | 2,27 | -                    | 0,65                       | 40 |
| Мелафен           | 2,95 | 2,29 | 2,62                 | 0,40                       | 18 |
| Линия 05-82       |      |      |                      |                            |    |
| Контроль          | 2,70 | 2,07 | 2,39                 | -                          | -  |
| N <sub>60</sub>   | 2,97 | 2,58 | 2,78                 | 0,39                       | 16 |
| Штамм 653         | 3,14 | 2,18 | 2,66                 | 0,27                       | 11 |
| Штамм 26-34       | 2,95 | 2,34 | 2,64                 | 0,25                       | 10 |
| Штамм 700         | -    | 2,29 | -                    | 0,22                       | 11 |
| Мелафен           | 3,18 | 2,44 | 2,81                 | 0,42                       | 18 |
| НСР <sub>05</sub> |      |      |                      |                            |    |
| Фактор А(сорт)    | 0,12 | 0,09 |                      |                            |    |
| Фактор В(вар-т)   | 0,16 | 0,18 |                      |                            |    |

**Заключение**

В результате проведённых исследований установлено, что инокуляция семян фасоли всеми испытанными штаммами клубеньковых бактерий положительно влияет на формирование симбиотического аппарата и урожайность фасоли. При этом прибавки урожая в зависимости от штамма и сорта составили от 9 до 55% к контролю. Внесение минерального азота в дозе 60 кг/га по действующему веществу, также повысило урожай на 16-26% при полном подавлении формирования клубеньков и соответственно симбиотической азотфиксации. Среди испытанных штаммов клубеньковых бактерий лучшие результаты получены на штамме 26-34 по номеру коллекции ВНИИСХМ под которым депонирован изолят № 8 выделенный из тёмно серой лесной почвы во ВНИИЗБК в 2000 г. Установлено положительное действие на симбиотические показатели (в меньшей степени, чем от препаратов клубеньковых бактерий) синтетического регулятора роста Мелафена, при этом урожай семян фасоли увеличился на 18-21% к контролю.

**Литература**

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. – № 1 (17). – 2016. – 13 с.
2. Наумкина Т.С., Суворова Г.Н., Васильчиков А.Г., Мирошникова М.П., Барбашов М.В., Донская М.В., Донской М.М., Громова Т.А., Наумкин В.В. Создание высокоэффективных растительно - микробных систем фасоли. // Зернобобовые и крупяные культуры. – № 2. – 2012. – С. 21-26.
3. Васильчиков А.Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур. Земледелие. – №4, – 2014. – С.8-11.
4. Волобуева О.Г. Эффективность инокуляции семян фасоли при обработке препаратом Эпин-экстра. // Зернобобовые и крупяные культуры. – № 4 (16), – 2015. – С. 42-47.

5. Акулов А.С., Борзёнок Г.А., Васильчиков А.Г., Голопатов М.Т., Зотиков В.И., Мирошникова М.П., Наумкина Т.С., Хлебников А.И., Ревякин Е.А., Смирнова Л.Н., Гоголев Г.А. Перспективная ресурсосберегающая технология производства фасоли. Москва. ФГНУ «Росинформагротех». – 21 с.
6. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. Изд-во «Наука». – М. – 1968. – 103 с.
7. Фаттахов С.Г. и др. Мелафен - перспективный препарат для сельского хозяйства. Механизм действия и область применения. – Казань. – 2014. – 408 с.

## THE EFFICIENCY OF INOCULATION OF BEAN SEEDS WITH PREPARATIONS OF NODULE BACTERIA AND SYNTHETIC GROWTH REGULATOR MELAFEN

G.P. Gurev, A.G. Vasilchikov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** The article presents the results of field experiments of 2017-2018 on the study of the influence of strains of nodule bacteria 653, 26-34, 700, as well as the synthetic growth regulator Melafen on the symbiotic indicators of nitrogen fixation (the number and weight of nodules) and the yield of beans. Positive effect of the above preparations, including Melafen on the formation of symbiotic apparatus and the harvest of beans, has been established. At the same time, the increase in grain yield, depending on the strain of root nodule bacteria, was from 9 to 55%, and from the use of Melafen, from 18 to 21%. It is noted that the synthetic growth regulator Melafen also stimulated the formation of nodules on the roots of beans, although it is noticeably less so in contrast to preparations of nodule bacteria. Also, the best strain under the code number 26-34, deposited in the collection of the ARRIAM strains in 2000, isolated in the laboratory of microbiology VNIIZBK under number 8 was selected.

**Keywords:** beans, nodule bacteria, Melafen, mineral nitrogen.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11047

УДК 635.652/.654

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕРНА РАЗЛИЧНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Н.О. КОСТИКОВА, М.П. МИРОШНИКОВА, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В 2015-2016 годах проведена биохимическая оценка зерна фасоли обыкновенной по основным группам питательных веществ. По результатам исследований выявлены различия и особенности энергетической ценности зерна фасоли и выделены источники, перспективные для дальнейшей селекционной работы по данной культуре, а именно: 08-542, 09-164, 08-401 (высокое содержание белка); 12-322, 09-151, 08-221 (большое содержание клетчатки); 09-148, 12-322, 05-75 (повышенное содержание жира).

**Ключевые слова:** фасоль обыкновенная, перспективные линии, биохимическая оценка, качество зерна, энергетическая ценность.

В решении проблемы растительного белка весьма важная, если не решающая, роль принадлежит бобовым культурам. В семенах многих культур содержание белка составляет 25-30%, а у сои и люпина – до 35-45%. Зерновые бобовые не только сами обладают высокой кормовой ценностью, но и улучшают использование животными кормов других низкобелковых культур. В семенах многих бобовых содержится большое количество жира [1]. Промышленно-сырьевое значение бобовых состоит в том, что их семена используют для приготовления круп, муки, консервов и кондитерских изделий. Масло из семян сои имеет пищевое и техническое значение, фермент уреазу, как и белок фасоли, применяют в



медицине. Семена некоторых зерновых бобовых (сои, чины) служат сырьем для получения казеина, пластмассы.

Качество зерна определяет его технологическую и потребительскую ценность, служит своеобразным индикатором развития зернового хозяйства и основой эффективного зернопроизводства страны [2]. За счет питательной ценности зернобобовые стоят на одном из ведущих мест в развитии пищевых технологий, которые обеспечивают более полную и глубинную переработку сырья и регулируют химический состав по критериям пищевой и биологической ценности. Сейчас уже неоспоримо, что в ближайшем будущем, рацион питания человечества будет совершенствоваться за счет более широкого использования продуктов, богатых растительным белком. Всё большее привлечение в рацион питания зерновых бобовых может происходить за счёт создания изолятов белка, тепловой обработки под давлением с целью получения новых продуктов питания.

Среди зернобобовых культур второе место по площади посевов в мировом земледелии занимает фасоль, уступая лишь сое. Такое значительное распространение этой культуры объясняется тем, что она является ценной высокобелковой пищевой культурой, имеющей многостороннее использование в народном хозяйстве. Пищевая ценность семян фасоли определяется высоким содержанием белка и хорошей усвояемостью его организмом человека. Коэффициент переваримости белка равен 86, выше, чем у гороха и чечевицы. Минимальное содержание белка (15%) обнаружено в семенах остролистной фасоли (тепари), максимальное (33%) – у обыкновенной фасоли в условиях выращивания на плодородных почвах предгорий Кавказа. В состав белка фасоли входит не менее 7 незаменимых аминокислот (лизин, гистидин, триптофан и др.) [3]. Белок фасоли по своему аминокислотному составу близок к белку мяса [4]. Из семян и листьев фасоли готовят лекарственные препараты. Нашим институтом накоплен обширный исходный гибридный материал по различным зернобобовым культурам, на базе которого создана целая гамма сортов гороха, чечевицы, фасоли, вики яровой, сои нового поколения, характеризующихся комплексом хозяйственно ценных признаков. Однако, сочетать высокую урожайность семян с их хорошими вкусовыми достоинствами в одном сорте не всегда прогнозируемы, так как существует предел корреляционной значимости между этими показателями.

Но исследования последних лет свидетельствуют о возможности преодоления обратной корреляции между продуктивностью и качественными характеристиками сорта. Появление принципиально новых по архитектонике форм зернобобовых культур позволяет надеяться на создание сортов, сочетающих стабильно высокую урожайность с лучшим качеством зерна.

В связи с этим целью наших исследований являлось проведение качественной оценки исходного, перспективного селекционного материала фасоли обыкновенной и выделение источников по качественным показателям, а также включение их в дальнейший селекционный процесс по созданию новых, улучшенных сортов.

#### **Материал и методика исследований**

Объектами изучения послужили районированные сорта и лучшие по продуктивности линии конкурсного сортоиспытания зерновой фасоли из лаборатории селекции зернобобовых культур.

Биохимические анализы проводились с использованием общепринятых и модифицированных методов. Содержание сырого протеина в растительных образцах определялось микрометодом Кьельдаля с использованием для сжигания проб дигестора с программированным нагревом DK-6 фирмы Velp Scientifica для дальнейшей отгонки и титрования – автомата UDK- 152 той же фирмы. Определение содержания жира основано на способности сырого жира растворяться в органических растворителях, определялось по извлеченному остатку и проводилось на экстракторе SER 148 фирмы Velp Scientifica. Содержание клетчатки определяли по методу Кюршнера и Ганека [5,6] . Содержание золы определялось путем сжигания навески в муфельной печи. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – расчетный показатель, рассчитывается путем вычитания из процентного

содержания сухого вещества суммы золы, жира, протеина и клетчатки. Содержание крахмала определялось поляриметрическим методом по Эверсу.

### Результаты исследований

Проведена биохимическая оценка зерна фасоли по основным группам питательных веществ: протеин, жир, зола, клетчатка, БЭВ, вода (табл. 1).

Таблица 1

### Биохимический состав зерна фасоли обыкновенной зернового использования (среднее содержание в%), 2015-2016 гг.

| № п/п | Сортообразец | Вода | Жир | Протеин | Зола | Клетчатка | БЭВ  | *Крахмал |
|-------|--------------|------|-----|---------|------|-----------|------|----------|
| 1     | Гелиада      | 10,0 | 1,3 | 26,0    | 3,6  | 5,2       | 53,9 | 44,3     |
| 2     | Стрела       | 9,8  | 1,4 | 26,0    | 3,8  | 4,7       | 54,3 | 46,1     |
| 3     | 09-166       | 9,9  | 1,2 | 26,0    | 4,0  | 4,8       | 54,1 | 44,9     |
| 4     | 09-148       | 9,8  | 1,8 | 25,4    | 3,8  | 4,8       | 54,4 | 45,3     |
| 5     | 05-75        | 10,2 | 1,4 | 25,5    | 3,6  | 5,0       | 54,3 | 48,8     |
| 6     | 09-197       | 9,5  | 1,4 | 25,4    | 3,5  | 4,6       | 55,6 | 46,4     |
| 7     | 05-82        | 9,5  | 1,3 | 25,2    | 4,0  | 5,0       | 55,0 | 45,3     |
| 8     | 08-543       | 9,8  | 1,0 | 27,8    | 3,8  | 4,3       | 53,3 | 43,6     |
| 9     | 09-180       | 9,5  | 1,2 | 25,5    | 4,0  | 4,0       | 55,8 | 43,7     |
| 10    | 08-401       | 9,8  | 0,8 | 27,4    | 3,6  | 4,4       | 54,0 | 45,2     |
| 11    | 08-443       | 9,8  | 1,3 | 26,0    | 3,6  | 5,0       | 54,3 | 40,4     |
| 12    | 09-164       | 9,6  | 1,2 | 27,7    | 3,2  | 5,0       | 53,3 | 41,5     |
| 13    | 09-151       | 8,8  | 1,2 | 26,8    | 3,6  | 5,9       | 53,7 | 41,3     |
| 14    | 08-221       | 9,6  | 1,4 | 26,2    | 3,6  | 5,6       | 53,6 | 45,4     |
| 15    | 12-322       | 8,9  | 1,6 | 27,2    | 3,8  | 6,0       | 52,5 | 38,6     |

\* данные за 2016 г.

Содержание протеина варьировало в пределах 25,2-27,8% и в среднем составило 26,3%. Самыми высокобелковыми оказались линии 08-543(27,8%), 09-164(27,7%) и 08-401(27,4%). Содержание жира в образцах колебалось не очень сильно (0,8-1,8%; в среднем – 1,3%). Максимальное содержание жира было у линий 09-148(1,8%), 12-322(1,6%) и 05-75(1,4%). Зольность зерна также изменялась незначительно (3,2-4,0%, в среднем 3,7%). Наибольшее содержание золы было у линий 09-166(4,0%), 05-82(4,0%) и 09-180(4,0%). При определении клетчатки было установлено, что этот показатель варьировал в узких пределах (4,0-6,0%), при среднем значении 5,0% и выделились образцы 12-322(6,0%), 09-151(5,9%) и 08-221(5,6%). Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) в зерне фасоли составили более половины от общего химического состава (52,5-55,8%). При расчете БЭВ наилучшими оказались образцы 09-180(55,8%), 09-197(55,6%) и 05-82(55,0%). В среднем по коллекции показатель составил 54,1%. При определении содержания крахмала (как основной части БЭВ), этот показатель изменялся в пределах 38,6-48,8% и максимальным был у линий 05-75 (48,8%), 09-197 (46,4%) и сорта Стрела (46,1%). Содержание воды в зерне фасоли было от 8,8 до 10,2%, при среднем значении 9,6%.

На основании биохимической оценки зерна фасоли были сделаны расчеты по энергетической ценности различных сортообразцов [7]. Энергетическая ценность зерна фасоли определяется содержанием протеина, жира и БЭВ. На долю сырого протеина в среднем за годы исследований приходится от 30,2 до 33,4% от общей энергетической ценности, на долю жира – 2,0-4,6%, на долю БЭВ – 63,2-66,4% (табл. 2).

Таблица 2

**Энергетическая ценность 100 г зерна фасоли обыкновенной зернового использования (в среднем за 2015-2016 гг.)**

| №<br>п/п | Сортообразец | Энергетическая ценность |        |          |     |      |
|----------|--------------|-------------------------|--------|----------|-----|------|
|          |              | ккал                    | Дж     | Доля в % |     |      |
|          |              |                         |        | протеин  | жир | БЭВ  |
| 1        | Гелиада      | 339,2                   | 1420,4 | 31,4     | 3,4 | 65,2 |
| 2        | Стрела       | 341,9                   | 1431,5 | 31,2     | 3,5 | 65,3 |
| 3        | 09-166       | 338,8                   | 1418,6 | 31,4     | 3,2 | 65,4 |
| 4        | 09-148       | 343,1                   | 1436,6 | 30,4     | 4,6 | 65,0 |
| 5        | 05-75        | 340,0                   | 1423,6 | 30,7     | 3,8 | 65,5 |
| 6        | 09-197       | 344,8                   | 1443,4 | 30,2     | 3,6 | 66,2 |
| 7        | 05-82        | 340,8                   | 1426,7 | 30,3     | 3,4 | 66,3 |
| 8        | 08-543       | 341,4                   | 1429,2 | 33,4     | 2,6 | 64,0 |
| 9        | 09-180       | 344,6                   | 1442,6 | 30,4     | 3,2 | 66,4 |
| 10       | 08-401       | 340,5                   | 1420,6 | 33,0     | 2,0 | 65,0 |
| 11       | 08-443       | 341,3                   | 1429,0 | 31,2     | 3,4 | 65,4 |
| 12       | 09-164       | 341,2                   | 1428,8 | 32,8     | 3,0 | 64,2 |
| 13       | 09-151       | 340,2                   | 1424,2 | 32,2     | 3,2 | 64,6 |
| 14       | 08-221       | 339,6                   | 1421,8 | 30,2     | 3,6 | 66,2 |
| 15       | 12-322       | 340,6                   | 1425,9 | 32,8     | 4,0 | 63,2 |

Так, общая энергетическая ценность 100 грамм зерна фасоли в среднем за 2 года варьировала от 338,8 ккал(1418,6 Дж) до 344,8 ккал (1443,7 Дж) и с средним составила 341,2 ккал (1428,6 Дж). Лучшими сортообразцами по этому показателю были линии 09-197 (344,8 ккал или 1443,4 Дж), 09-180 (344,6 ккал или 1442,6 Дж) и 09-148 (343,1 ккал или 1436,6 Дж).

**Выводы**

1. Наиболее высокобелковыми оказались образцы фасоли 08-543 (27,8%), 09-164 (27,7%) и 08-401 (27,4%).
2. Наибольшее содержание клетчатки имели линии 12-322 (6,0%), 09-151 (5,9%) и 08-221 (5,6%).
3. По содержанию жира выделились образцы 09-148 (1,8%), 12-322 (1,6%) и 05-75 (1,4%).
4. Максимальную энергетическую ценность имели линии 09-197 (344,8 ккал или 1443,4 Дж), 09-180 (344,6 ккал или 1442,6 Дж) и 09-148 (343,1 ккал или 1436,6 Дж).
5. Выделенные источники семян фасоли обыкновенной можно рекомендовать для включения в селекционную процесс по созданию новых сортов с улучшенными качественными показателями.

**Литература**

1. Кукреш Л.В. Производство кормового белка – стратегическое направление в зерновом хозяйстве // Весці ААН Беларусі. – 1995. – № 2. – 15 с.
2. Алтухов А.И. Повышение качества зерна – комплексное решение // Зерновое хозяйство. – 2004, №7. – С. 3-5
3. Калищева Д.Т. и др. Питательная ценность семян фасоли в зависимости от сортовых различий // Природоохранные технологии землепользования. 72-я научная конференция. – Владикавказ, 1999. – С. 55-56.
4. Декапрелевич Л.Л. Фасоль. – М.: – Колос, – 1965. – 95 с.
5. Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР / Методические матер.; под.ред. Н.И. Заборского. – М.: – Колос, – 1972. Вып. 3-4. – 56 с.
6. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, – 1987. – 430 с.
7. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания. Справочник. – М.: ДеЛи плюс, – 2012. – 284 с.

## CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGY VALUE OF GRAIN OF VARIOUS VARIETY SAMPLES OF COMMON BEAN

N.O. Kostikova, M.P. Miroshnikova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** Biochemical assessment of common bean grains was conducted for the main groups of nutrients in 2015–2016. According to the results of research, differences and peculiarities of energy value of beans grain were identified and sources that were promising for further breeding work on this crop were identified, namely: 08–542, 09–164, 08–401 (high protein content); 12–322, 09–151, 08–221 (high fiber content); 09–148, 12–322, 05–75 (high fat content).

**Keywords:** common bean, promising lines, biochemical assessment, analysis of nutritional advantages, grain quality, energy value.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048

УДК 63.633:31/37

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВ СОИ

Л.Г. БЕЛЯВСКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю.В. БЕЛЯВСКИЙ, кандидат биологических наук

А.А. ДИЯНОВА

ПОЛТАВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АГРАРНАЯ АКАДЕМИЯ, Украина

E-mail: bilyavska@ukr.net

*В статье представлен анализ практической ценности сортов сои по урожайности и экологической пластичности в разных климатических провинциях Украины. Проведена экологическая оценка сортов сои по методике Эберхарта и Рассела, которая позволила определить пластичность сортов и их адаптивный потенциал. По результатам экологического испытания лучшими были сорта сои Алмаз и Диона. Определены наиболее благоприятные регионы для выращивания современных сортов сои. Выявлены наиболее интенсивные и пластичные сорта сои – Алмаз со средней урожайностью по годам – 2,66, 2,93 т/га, а также сорта Антрацит и Аметист. Представлена ранговая оценка практической ценности сортов сои по урожайности зерна.*

*Установлено, что все изучаемые сорта имели высокую хозяйственную ценность – коэффициент агрономической стабильности выше 70%. Наибольшей селекционной ценностью по гомеостатичности выделяется сорт Алмаз, который в условиях Полтавской области проявил себя как наиболее интенсивный сорт с максимальной пластичностью.*

*Выделены сорта с высокими показателями адаптивности и пластичности, которые представляют ценность для селекции и практического использования.*

**Ключевые слова:** соя, сорт, урожайность, пластичность, стабильность.

Данные экологической пластичности и стабильности урожайности сои имеют существенную ценность для характеристики сортов [1, 2, 3]. Пластичность сорта – это свойство формировать удовлетворительный урожай при выращивании в разных условиях. Стабильность сорта является показателем устойчивости в реализации селекционно-генетических свойств генотипа [4]. Пластичность и стабильность характеризуют гомеостатичность сорта по варьированию условий выращивания и способностью адаптироваться [5, 6].

Эти исследования проводят по методике Eberhart S.A., Russel W.A. (1969), которые предложили оценивать экологическую пластичность сортов по двум показателям -

коэффициенту регрессии и среднеквадратическому отклонению от линий регрессии, или варианты стабильности, которые характеризуют в первом случае их реакцию в меняющихся условиях выращивания [7].

Чем выше числовые значения коэффициента, тем сильнее реакция сорта на улучшение условий его выращивания. Таким образом, оптимальные показатели имеют сорта, у которых коэффициенты регрессии выше, а среднеквадратическое значение – ниже.

Высокая чувствительность отдельных сортов к неблагоприятным условиям выращивания часто сужает ареал и ограничивает их общее распространение. На основании испытания сортов сои в разных регионах выращивания можно прогнозировать генетически определенную степень стабильности урожайности (приспособленности к условиям выращивания).

### Материалы и методика исследований

Материалом служили сорта украинской селекции, которые проходили экологическое сортоиспытание в разных провинциях Украины, отличающихся почвенно-климатическими условиями. Фенологические наблюдения, учеты и анализ данных проводили по методике государственного испытания сельскохозяйственных культур [8, 9]. Для определения параметров стабильности (агроэкологическая оценка сортов сои) использовали метод Eberhart S. A. & Russel W.A. [7]. Математическую обработку урожайных данных осуществляли методами дисперсионного, вариационного, корреляционного анализов и методом оценивания существенной разницы средней выборки по t-критерию [10]. Адаптивность сортов определяли по результатам экологических исследований. Были использованы программы MS Excel и MathCAD.

### Результаты исследования и их обсуждение

Взаимосвязь урожайности изучаемых сортов сои устанавливали на фоне пестроты погодных условий, продолжительности периода вегетации и стабильности урожайности (табл. 1).

Таблица 1

#### Урожайность сортов сои в зависимости от влияния погодных условий региона, т/га

| Сорт        | Год  |      |      | $\bar{x}$ | S    | max  | min  | R = max - min |
|-------------|------|------|------|-----------|------|------|------|---------------|
|             | 2009 | 2010 | 2011 |           |      |      |      |               |
| Аннушка     | 2,00 | 2,36 | 2,36 | 2,24      | 0,21 | 2,36 | 2,00 | 0,36          |
| Легенда     | 1,98 | 1,92 | 2,41 | 2,10      | 0,27 | 2,41 | 1,92 | 0,49          |
| Диона       | 2,07 | 2,22 | 2,21 | 2,17      | 0,08 | 2,22 | 2,07 | 0,15          |
| Ворскла     | 2,34 | 2,29 | 2,09 | 2,24      | 0,13 | 2,34 | 2,09 | 0,25          |
| Алмаз       | 2,66 | 2,72 | 2,93 | 2,77      | 0,14 | 2,93 | 2,66 | 0,27          |
| Аметист     | 2,26 | 2,38 | 2,53 | 2,39      | 0,14 | 2,53 | 2,26 | 0,27          |
| Антрацит    | 2,35 | 2,67 | 2,71 | 2,58      | 0,20 | 2,71 | 2,35 | 0,36          |
| Белоснежка  | 2,06 | 2,02 | 2,06 | 2,05      | 0,02 | 2,06 | 2,02 | 0,04          |
| Романтика   | 2,05 | 2,25 | 2,40 | 2,23      | 0,18 | 2,40 | 2,05 | 0,35          |
| Киевская 98 | 2,15 | 2,11 | 2,43 | 2,23      | 0,17 | 2,43 | 2,11 | 0,32          |
| Сузирья     | 2,39 | 2,21 | 2,38 | 2,33      | 0,10 | 2,39 | 2,21 | 0,18          |

Из таблицы 1 видно, что интенсивным сортом является Алмаз, урожайность которого на протяжении трехлетних испытаний превышала другие сорта, соответственно по годам на - 2,66; 2,72 и 2,93 т/га. Этот сорт был и наиболее пластичным, так как в годы исследований имел наивысшую среднюю урожайность на уровне 2,77 т/га. Приближались к уровню продуктивности Алмаза только сорта Антрацит и Аметист со средней урожайностью, соответственно 2,58 и 2,39 т/га. Стабильными по урожайности также были сорта Белоснежка, Диона и Сузирья.

Расчет коэффициентов регрессии дал возможность оценить экологическую пластичность

изучаемых сортов сои (рис. 1).

Показатель этого коэффициента в различных условиях характеризует общую тенденцию изменений урожайности каждого сорта. Если коэффициент регрессии приближается к 1 ( $b_i \approx 1,0$ ), то как правило, сорт такого типа считается пластичным при наличии комплекса неблагоприятных условий. Среди изучаемых сортов сои пластичными были Белоснежка, Легенда, Диона, Романтика, Киевская 98, Ворскла, Аннушка и Сузирья; а высокопластичными - сорта Аметист, Антрацит и Алмаз.

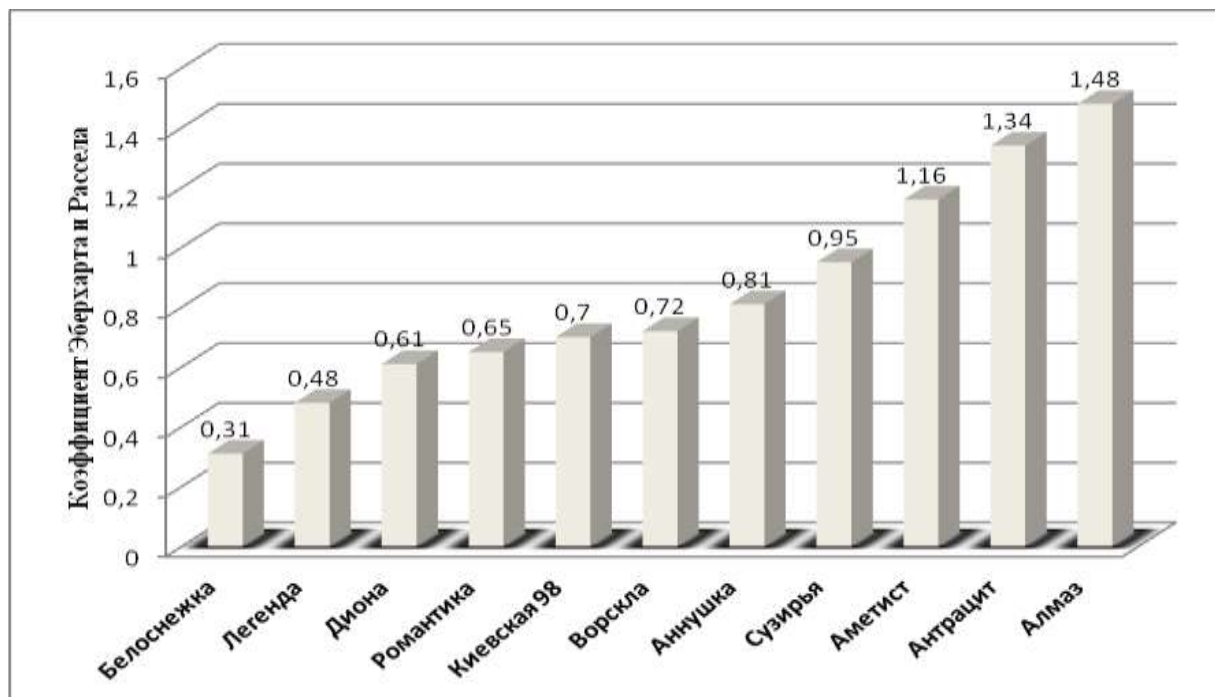


Рис. 1. Коэффициенты регрессии сортов сои по Эберхарту и Расселу

Степень стабильности урожайности характеризуется показателем отклонения от общей дисперсии: чем больше отрицательный показатель отклонения от общей дисперсии, тем сорт имеет максимальную стабильность урожайности; сорт с отклонением от регрессии, которое приближается к нулю, является пластичным. А те, что с положительным знаком и существенно отдалены от нуля - являются высокопластичными. Стабильность и пластичность сортов сои в зависимости от экологических условий региона выращивания представлены на рис. 2.

Адаптивность сортов определяли по результатам многолетних или экологических исследований:

$$b_i = \frac{\sum X_{ij} I_j}{\sum I_j}, \quad (1)$$

де  $b_i$  – коэффициент регрессии урожая каждого ( $i$ -го) сорта в окружающей среде с лучшими или худшими условиями;  $X_{ij}$  – урожайность  $i$ -го сорта в каких-либо  $j$ -условиях;  $I_j$  – индекс  $j$ -ых условий, что является разницей средней урожайности всех сортов в этих условиях и общей средней урожайностью среди всех опытов.



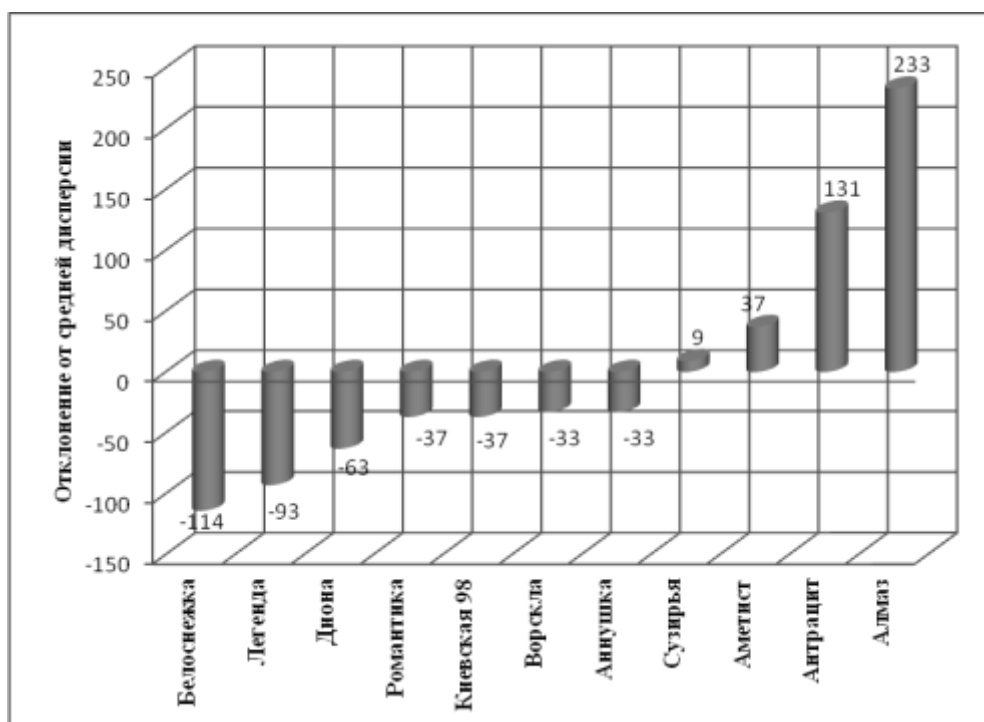


Рис. 2. Зависимость стабильности и пластичности сортов сои от экологических условий выращивания

Для определения гомеостатичности и агрономической стабильности пользовались формулами:

– средняя арифметическая  $\bar{x} = \sum X / n$ , (2)

где  $X$  – варианты,  $n$  – количество вариант (показателей);

– дисперсия  $\sigma^2 = \frac{\sum f \left( X - \bar{x} \right)^2}{n-1}$ , (3)

где  $f$  – частота;  $x$  – средняя арифметическая;

– стандартное отклонение  $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ , (4)

– ошибка средней арифметической  $s_x = \sigma / \sqrt{n}$ , (5)

– экологический коэффициент вариации, в%; характеризует степень изменчивости признака  $V_e = 100\sigma / \bar{x}$ ,

– гомеостатичность – показатель селекционной ценности генотипа

$$Hom = \frac{\bar{x}}{V_e}, \quad (6)$$

– коэффициент агрономической стабильности; наиболее ценными для производства являются сорта, у которых коэффициент стабильности превышает 70%

$$As = 100 - Ve.$$

Экологическое оценивание сортов сои проведено в 6 провинциях (климатическое районирование почвенно-климатических зон Украины) [11].

Результаты экологического сортоизучения сои за 2005 год представлены в таблице 2. Лучшими сортами сои по результатам экологического сортоизучения, в сравнении со средней урожайностью в опыте - 2,47 т/га, были: сорта Алмаз и Диона – соответственно 2,73 и 2,50 т/га. Приближался к ним сорт Юг 30 – 2,44 т/га.

Среди приведенных провинций, наиболее благоприятными для выращивания новых сортов сои были Днестровско-Днепровская Лесостепная, Причерноморская среднестепная и Донецко-Донская северостепная. Средние прибавки, в сравнении со средней урожайностью в опыте составили соответственно - 1,06, 0,10 и 0,01 т/га.

О зависимости стабильности сорта под влиянием экологических условий региона выращивания можно утверждать на основе ряда статистических показателей. Так, по размаху вариации между максимальной и минимальной урожайностью можно сделать вывод о степени стабильности сорта под влиянием разных экологических условий регионов – чем ниже этот показатель, тем сорт более стабильный. По этому показателю сорта расположили в порядке уменьшения – Анжелика, Юг 30, Диона и Алмаз.

Таблица 2

**Урожайность сои по результатам экологического изучения, 2005 г.**

| Провинции Украины                                   | Сорта сои |       |       |          | Среднее | Разница |
|-----------------------------------------------------|-----------|-------|-------|----------|---------|---------|
|                                                     | Юг 30     | Алмаз | Диона | Анжелика |         |         |
| Днестровско-Днепровская Лесостепная                 | 3,59      | 3,84  | 3,62  | 3,05     | 3,53    | 1,06    |
| Причерноморская среднестепная                       | 2,56      | 3,02  | 2,84  | 1,85     | 2,57    | 0,10    |
| Донецко-Донская северостепная                       | 2,38      | 2,82  | 2,3   | 2,41     | 2,48    | 0,01    |
| Левобережно-Днепровская Лесостепная                 | 1,77      | 2,18  | 2,03  | 1,87     | 1,96    | -0,51   |
| Среднерусская Лесостепная                           | 2,26      | 2,31  | 2,04  | 2,18     | 2,20    | -0,27   |
| Левобережно-Днепровская северостепная               | 2,10      | 2,22  | 2,19  | 1,84     | 2,09    | -0,38   |
| <i>Среднее</i>                                      | 2,44      | 2,73  | 2,50  | 2,20     | 2,47    |         |
| <i>Стандартное отклонение</i>                       | 0,62      | 0,64  | 0,62  | 0,47     |         |         |
| <i>Max – максимальная урожайность</i>               | 3,59      | 3,84  | 3,62  | 3,05     |         |         |
| <i>Min – минимальная урожайность</i>                | 1,77      | 2,18  | 2,03  | 1,84     |         |         |
| <i>R - размах колебаний урожайности</i>             | 1,82      | 1,66  | 1,59  | 1,21     |         |         |
| <i>Ошибка средней арифметической</i>                | 0,25      | 0,26  | 0,25  | 0,19     |         |         |
| <i>Ve,% – коэффициент вариации</i>                  | 2,55      | 2,35  | 2,49  | 2,16     |         |         |
| <i>Нот – гомеостатичность</i>                       | 0,10      | 0,12  | 0,10  | 0,10     |         |         |
| <i>As – коэффициент агрономической стабильности</i> | 74,5      | 76,5  | 75,1  | 78,4     |         |         |

Ошибку средней арифметической использовали для характеристики средней арифметической на 5% уровне значимости ( $x \pm t_{05S_x}$ ) – чем меньше колебания средней, тем более достоверный результат. С учетом ошибки средней арифметической, сорта сои разделили в последовательности, аналогичной размаху вариации – Анжелика, Юг 30, Диона и Алмаз.

Экологический коэффициент вариации характеризовал степень изменчивости средней арифметической (до 10% – низкая пестрота, 10-20 – средняя и больше 20 – высокая). Так, все изучаемые сорта сои были включены в группу с низкой степенью изменчивости – до 10%.

Гомеостатичность характеризовала селекционную ценность генотипа сорта – чем выше этот показатель, тем выше вероятность попадания сорта в следующую селекционную программу. По этому показателю изучаемые сорта распределились следующим образом: наиболее ценный - сорт Алмаз, равнозначными между собой - Анжелика, Юг 30, Диона.

Коэффициент агрономической стабильности сорта характеризовал показатель

хозяйственной ценности сорта. Оптимальными для производства считаются сорта, у которых этот показатель превышает 70%. Этому уровню соответствовали все изученные сорта сои. В группе они следуют в такой последовательности – Анжелика, Алмаз, Диона и Юг 30.

Оценка специфической значимости сорта, которую обуславливают как генетический ( $E_i$ ) потенциал сорта, так и стабильность его реализации ( $R_i$ ), позволяет определить значение каждого из них и представить комплексную оценку уровня урожайности зерна, линейку показателей технологического качества и устойчивости к болезням.

Расчеты специфической значимости сортов сои по урожайности зерна представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Оценка урожайности сортов сои, т/га**

| Сорт сои,<br><i>N</i> | Провинция (зона изучения), <i>r</i> |                               |                               |                                     |                           |                         | <i>χ<sub>i</sub></i>                      | $\overline{\chi_i}$                                | <i>E<sub>i</sub></i> | <i>R<sub>i</sub></i> | <i>σi</i> <sup>2</sup> |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
|                       | Днестровско-Днепровская Лесостепная | Причерноморская среднестепная | Донецко-Донская северостепная | Левобережно-Днепровская Лесостепная | Среднерусская Лесостепная | Левобережно-Днепровская |                                           |                                                    |                      |                      |                        |
| Юг 30                 | 3,59                                | 2,56                          | 2,4                           | 1,77                                | 2,26                      | 2,1                     | 14,7                                      | 2,4                                                | -0,03                | 1,09                 | 0,04                   |
| Алмаз                 | 3,84                                | 3,02                          | 2,8                           | 2,18                                | 2,31                      | 2,2                     | 16,4                                      | 2,7                                                | 0,26                 | 1,12                 | 0,06                   |
| Диона                 | 3,62                                | 2,84                          | 2,3                           | 2,03                                | 2,04                      | 2,2                     | 15,0                                      | 2,5                                                | 0,03                 | 1,06                 | 0,14                   |
| Анжелика              | 3,05                                | 1,85                          | 2,4                           | 1,87                                | 2,18                      | 1,8                     | 13,2                                      | 2,2                                                | -0,27                | 0,73                 | 0,27                   |
| <i>χ<sub>j</sub></i>  | 10,3                                | 9,90                          | 7,90                          | 8,80                                | 8,40                      | 10,3                    | 59,3                                      | $\sum \beta^2_i$<br><br><i>G<sub>факт.</sub> =</i> |                      |                      | 0,51                   |
| $\overline{\chi_j}$   | 2,60                                | 2,50                          | 2,00                          | 2,20                                | 2,10                      | 2,60                    | 2,5                                       |                                                    |                      |                      | 0,41                   |
| <i>E<sub>j</sub></i>  | 0,10                                | 0,01                          | -0,51                         | -0,27                               | -0,38                     | 0,1                     | <i>G<sub>05</sub> по ст.свободы 3 и 6</i> |                                                    |                      |                      | 0,71                   |
| <i>N</i> =            | 4                                   | <i>r</i> =                    | 6                             |                                     |                           |                         |                                           |                                                    |                      |                      |                        |

Также проведена ранговая оценка практической ценности сортов сои по урожайности зерна. Чем ниже ранг изучаемого сорта в сравнении с районированным, тем он имеет большую хозяйственную ценность.

По генотипическому эффекту (показатель урожайности) большинство изучаемых сортов (кроме сорта Анжелика) относятся ко второму рангу. По сумме рангов лучшими были сорта: Алмаз, Диона и Юг 30.

По массе 1000 зерен, влажности зерна и продолжительности вегетационного периода сорта различались только по генотипическому эффекту: преимущество по рангам имели сорта: Анжелика – ранг 1, Алмаз и Диона – ранг 2 и Юг 30 – ранг 3. По пластичности все сорта относились ко второму рангу. В такой же последовательности распределялись сорта и по сумме рангов.

Следует обратить внимание, что сорт Алмаз был лучшим по устойчивости к полеганию, осыпанию, по устойчивости к засухе, а также – устойчивым к аскохитозу и септориозу.

### Выводы

1. Экологическая оценка сортов выявила наиболее интенсивный сорт сои – Алмаз. За три года изучения сорт показал максимальную пластичность (средняя урожайность составила 2,77 т/га). Незначительно уступали Алмазу только сорта Антрацит и Аметист.

2. Среди провинций наиболее благоприятными для выращивания изучаемых сортов сои были Днестровско-Днепровская Лесостепная, Причерноморская среднестепная и Донецко-Донская северостепная, которые входят в «соевый пояс Украины», где сконцентрированы основные посевные площади этой стратегической культуры.

3. На основании ранговой оценки сортов сои по сумме рангов генотипических и экологических оценок эффектов первое место занял сорт Алмаз.

### Литература

1. Жученко А.А. Адаптивная селекция растений. Селекция продуктивных сортов. Биология. – М.: Знание, – № 12. – 1986. – С. 4-30.
2. Лещенко А.К., Михайлов В.Г. Пластичность сортов сои по урожайности семян // Селекция и семеноводство. – Киев, – 1975. – Вып. 29. – С. 55-60.
3. Ракина М.С. Экологическая пластичность образцов сои из мировой коллекции ВИР по основным показателям качества семян / Достижения науки и техники АПК, – 2011. – № 2. – С. 12-14.
4. Литун П.П. Взаимодействие генотип-среда в генетических и селекционных исследованиях и способы его изучения. – В сб.: Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – К.: Наукова думка, – 1980. – С. 63-92.
5. Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Дега Л.А. и др. Соя на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальнаука, – 2010. – 435 с.
6. Білявська Л.Г. Адаптивність сортів сої полтавської селекції в умовах зміни клімату // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – Фахове видання (сільськогосподарські науки). – Запоріжжя. – 2010. Вип. 15. – С. 33-38.
7. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. – 1966. – V. 6, – № 1, – P. 36-40.
8. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. – Под ред. В.В. Волкодава. – К., – 2000. – Вип. 1 (Загальна частина). – 100 с.
9. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Зернові, круп'яні та зернобобові. – К.: – Алефа, – 2000. – 68 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
11. Провінції України (карта) [Електронний ресурс]: // режим доступу : <https://www.bagazhznaniy.ru/obrazovanie/zapadnoukrainskaya-provinciya>

## ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL STABILITY AND PLASTICITY OF SOYBEAN VARIETIES

L.G. Bilyavska, Y.V. Belyavskiy, A.A. Diyanova

POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY, Ukraine, Poltava, 1/3 Skovorody str., 36003

**Abstract:** The article gives analysis of practical value of soybean varieties according to productivity and ecological plasticity in different climatic provinces of Ukraine. Ecological estimation of soybean varieties by the methodology of Eberhart and Russel has been made. This estimation helped to determine variety plasticity and potential to adaptability. It has been established that varieties Almaz and Diona were the best according to the results of ecological research of varieties. The most favourable regions for cultivation of up-to-date soybean varieties have been chosen. Variety Almaz has been defined as the most intensive and plastic soybean variety (average yield during research years was 2,66-2,93 t/ha). Varieties Antratsit and Ametist also have shown high plasticity. The article gives rank estimation of practical value of soybean varieties on the basis of grain productivity.

It has been established that all examined varieties had high economic value – coefficient of agronomic stability is higher than 70%.

Variety Almaz has the greatest selective value according to homeostatic character. Almaz is the most intensive variety with maximal plasticity grown in Poltava region.

Varieties with high indices of adaptability and plasticity which are very valuable for selection and practical use have been singled out.

**Keywords:** soybean, variety, value, yield, plasticity, ecological stability, variety study.

## АДАПТАЦИЯ СОРТОВ СОИ С РАЗЛИЧНЫМ ВЕГЕТАЦИОННЫМ ПЕРИОДОМ К ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Г. ВАСИЛЬЧИКОВ, Г.П. ГУРЬЕВ, кандидаты биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

*В статье представлены результаты исследования по изучению продуктивности в условиях Орловской области сортов сои с различной продолжительностью вегетационного периода. Исследования проводили во ВНИИЗБК в 2017-2018 гг. В опыте использовали три сорта сои: Ланцетная, Лидер1 и Лидер10. Отмечена различная реакция сортов на распределение осадков в течение вегетационного периода. При недостатке влаги более скороспелые сорта имели преимущество в формировании урожая. При благоприятных водно-температурных условиях преимущество имели более позднеспелые сорта. Сравнение применения на сое бактериальных удобрений на основе штамма б34 и минерального азота в дозе 60 килограмм азота на гектар выявило тенденцию повышения урожая при инокуляции нитрагином. Наиболее высокий урожай – 2,82 т/га (в среднем за 2 года) сформировал сорт Лидер10.*

**Ключевые слова:** соя, сорт, инокуляция, симбиотическая азотфиксация.

Соя является ценнейшим растением на планете, динамично распространяющимся, особенно в последние десятилетия, почти на всех континентах. Пищевое значение сои определяется исключительно высоким содержанием в зерне практически всех элементов питания, необходимых живым организмам [1]. Благодаря этому соя в настоящее время вышла по объему производства в мире на четвертое место после пшеницы, кукурузы и риса и продолжает сохранять положительную динамику роста. В 2018 году мировое производство сои составило 360 млн. тонн (2017 г. – 351, 2016 г. – 338млн. тонн) [2]. В России в 2018 году собрано 4 млн. тонн сои. При этом возможности роста в обозримом будущем не лимитированы, так как планируется увеличить за 5 лет урожай до 8 млн. тонн, а если учитывать вероятность экспорта, то один Китай импортирует ежегодно около 100 миллионов тонн сои. [3]. Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями соя может поглощать из воздуха до 200 кг/га азота, удовлетворяя на 60-70% свои потребности и восполняя почвенные запасы азота за счет оставляемых растительных остатков [4, 5, 6].

Эффективным способом повышения продуктивности сои является бактериализация семян препаратами, изготовленными на основе активных штаммов. Наличие такого явления как сорто-штаммовая специфичность позволяет подобрать штаммы, наиболее эффективно взаимодействующие с определенными сортами сои [7].

Орловская область по своим климатическим условиям находится на северной границе ареала возделывания сои, что позволяет возделывать здесь только скороспелые сорта. Площадь посева сои в 2018 году составила в области 96 тысяч гектар. При этом наблюдающаяся тенденция глобального изменения климата в сторону потепления позволяет вводить в севообороты сорта с более продолжительным вегетационным периодом, которые, как правило, отличаются более высокой продуктивностью [8].

В связи с этим, выявление сортообразцов, наиболее подходящих для почвенно-климатических условий конкретного региона, разработка энергетически и экономически выгодных приемов повышения продуктивности на основе оптимизации условий симбиотической деятельности посевов за счет инокуляции семян активным штаммом

ризобий, поиск наиболее эффективных растительно-микробных систем является актуальной задачей.

### Методика исследований

Исследования проводили в 2017-2018 гг. в полевых условиях на опытном участке лаборатории генетики и биотехнологии с использованием методик полевого опыта [9] и оценки активности симбиотической азотфиксации [10]. Почва опытного участка темно-серая лесная среднесуглинистая с пахотным слоем 28-30 см. Уровень плодородия характеризовался следующими показателями: рН солевой вытяжки – 5,0-5,3, содержание гумуса – 4,65-5,4%, содержание подвижных форм питательных веществ на 100 г почвы:  $P_2O_5$  по Кирсанову – 8,1-14,5 мг,  $K_2O$  по Кирсанову – 8,4-12,3 мг. Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10 м<sup>2</sup>. Посев – широкорядный, ширина междурядий – 45 см. Норма высева – 600 тысяч всхожих семян на 1 га. Посев – сеялкой СКС-6-10. Нитрагин для инокуляции получали из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин-Санкт-Петербург). Инокуляция семян – в день посева. Формирование симбиотического аппарата оценивали по количеству и массе клубеньков на корнях растений. Учёт урожая семян – поделяночно, путем сплошного обмолота комбайном "Сампо-130". Для расчета экономической эффективности использовали средние оптовые цены: стоимость семян сои-22000 руб./т, аммиачной селитры-1400 руб./ц, гектарной дозы ризотрфина-500 руб.

### Результаты исследований

Вегетационные периоды 2017-2018 годов значительно различались между собой по водно-температурному режиму (табл. 1).

Таблица 1

#### Метеорологические условия в период вегетации сои в 2017- 2018 году

| Показатели                   |         | Май  | Июнь | Июль  | Август | Сентябрь |
|------------------------------|---------|------|------|-------|--------|----------|
| Среднемноголетние осадки, мм |         | 53   | 61   | 80    | 67     | 57       |
| Среднемноголетняя т-ра, t°   |         | 13,0 | 16,9 | 18,5  | 17,1   | 11,7     |
| Осадки, мм                   | 2017 г. | 54,0 | 59,8 | 142,2 | 87,2   | 16,0     |
|                              | 2018 г. | 31,9 | 16,1 | 109,0 | 16,5   | 41,5     |
| Ср. температура, t°          | 2017 г. | 12,6 | 15,8 | 18,2  | 19,8   | 13,7     |
|                              | 2018 г. | 17,0 | 18,0 | 20,5  | 19,7   | 16,0     |

В 2017 году количество осадков за вегетационный период составило 359 мм (113% от среднемноголетнего уровня) и основная масса их выпала в критическую по водопотреблению для сои фазу формирования и налива семян, которая приходится на июль-август (239 мм или 156% от среднемноголетнего уровня), что является благоприятным для развития сои. Однако температурный режим характеризовался пониженными показателями. Среднемесечные температуры мая, июня и июля в 2017 году были ниже среднемноголетних показателей на 0,4; 1,1; 0,3 градуса соответственно. Средняя урожайность по области составила 15,3 ц/га, что значительно уступало показателям 2016 года, когда намолот составил 19,6 ц/га. Видимо недостаток тепла и послужил причиной снижения урожайности.

Климатические условия вегетационного периода 2018 года по температурному режиму характеризовались теплой погодой. Средняя температура воздуха на протяжении всего периода вегетации была выше среднемноголетней на 1,1-4,0<sup>0</sup>С. Количество осадков за вегетационный период сои составило 201,6 мм, или 70% от среднемноголетнего уровня, что является недостаточным для оптимального развития сои, однако характер их выпадения был достаточно благоприятным. Недостаток осадков в первой половине вегетации компенсировался за счет запасов почвенной влаги. Обильные осадки июля (109 мм или 136% от среднемноголетнего уровня) в период формирования репродуктивных органов способствовали закладке достаточно высокого урожая. Засушливые условия августа оказали негативное влияние на размер полученного урожая, особенно у более позднеспелых сортов, но в то же время высокая температура воздуха способствовала более быстрому созреванию



сои. Различия погодных условий оказали существенное влияние на продолжительность вегетационного периода сои. При одинаковых сроках посева (середина 2 декады мая) в 2017 году сорт Ланцетная был убран 20 сентября, Лидер 1 – 27 сентября и сорт Лидер 10 – 4 октября. В 2018 году уборка проходила в более ранние сроки: сорта Ланцетная и Лидер 1 – 7 сентября, Лидер 10 – 19 сентября.

Включение в схему опыта варианта с внесением минерального азота призвано выявить наличие экономической целесообразности или её отсутствие при использовании приема инокуляции новых сортов сои. В то же время, наличие в почве опытного участка аборигенной популяции ризобий, формирующих клубеньки на контрольном варианте в количестве, эквивалентном действию инокулянтов: 29 клубеньков на растение на контроле и 32 клубенька на растение в среднем на варианте с инокуляцией (табл. 2), позволяет оценить сочетание действия минерального и биологического азота на формирование урожая.

Таблица 2

**Влияние инокуляции на показатели симбиотической активности сортов сои  
(количество клубеньков, масса клубеньков, шт./растение, мг/растение)**

| Варианты        | Ланцетная |        | Лидер 1 |        | Лидер 10 |        | Среднее по варианту |
|-----------------|-----------|--------|---------|--------|----------|--------|---------------------|
|                 | 2017      | 2018   | 2017    | 2018   | 2017     | 2018   |                     |
| Контроль        | 26/201    | 26/315 | 28/182  | 39/360 | 30/182   | 28/384 | 29/270              |
| N <sub>60</sub> | 7/36      | 24/214 | 13/68   | 20/113 | 21/122   | 20/182 | 18/122              |
| Штамм 634       | 30/165    | 38/343 | 25/181  | 37/251 | 34/247   | 25/368 | 32/260              |

Ингибирование формирования клубеньков при внесении минерального азота, особенно по их массе (122 мг/растение при внесении азота и 270 мг/растение на контроле в среднем за два года), сопровождалось увеличением урожая семян, однако не выходящим за границы существенной разности: 2,55 т/га на контроле и 2,67 т/га при внесении минерального азота, (табл. 3).

Таблица 3

**Отзывчивость сортов сои на инокуляцию, т/га**

| Варианты                           | Ланцетная              |      | Лидер 1 |      | Лидер 10 |      | Среднее по варианту |
|------------------------------------|------------------------|------|---------|------|----------|------|---------------------|
|                                    | 2017                   | 2018 | 2017    | 2018 | 2017     | 2018 |                     |
| Контроль                           | 2,29                   | 2,36 | 2,24    | 2,90 | 2,67     | 2,81 | 2,55                |
| N <sub>60</sub>                    | 2,57                   | 2,45 | 2,40    | 2,97 | 2,75     | 2,89 | 2,67                |
| Штамм 634                          | 2,45                   | 2,67 | 2,43    | 2,97 | 2,79     | 2,99 | 2,72                |
| Ср. по сорту                       | 2,44                   | 2,49 | 2,36    | 2,95 | 2,74     | 2,90 |                     |
| Ср. за 2 года                      | 2,46                   |      | 2,66    |      | 2,82     |      |                     |
| НСР <sub>05</sub> для сорта штамма | 0,097т/га<br>0,125т/га |      |         |      |          |      |                     |

При оценке урожая за годы проведения опытов необходимо отметить сильную вариабельность в зависимости от метеорологических условий, в первую очередь от количества и характера распределения влаги и тепла в течение вегетационного периода. Оптимальные условия для сои создаются при выпадении за вегетационный период 300 мм осадков и более [11]. В Орловской области среднегодовое значение этого показателя за наиболее вероятный вегетационный период сои составляет около 290 мм.

Оцениваемые в наших опытах сорта по международной классификации относятся к наиболее скороспелой группе, но по классификации ВИР они подразделяются на две группы. Ланцетная, вызревающая за 98-109 дней относится к группе раннеспелых, а Лидер 1 и Лидер 10, вызревающие за 110-120 дней, относятся к группе среднеранних. Потенциальная продуктивность растений в значительной степени определяется длительностью продукционных процессов, поэтому при оптимальных условиях выращивания сорта сои

обычно тем урожайней, чем они позднеспелей. Однако адаптация испытываемых сортов сои к конкретным почвенно-климатическим условиям существенно контрастирует. В условиях нашего региона главным лимитирующим фактором роста урожайности сои являются недостаточные ресурсы влаги, особенно во время репродуктивного роста растений (июль-август). При этом большую роль играет характер распределения осадков в течение вегетационного периода. При преобладании осадков в первой половине лета преимущество по формированию урожая имеют скороспелые сорта, меньше страдая от июльско-августовской засухи и жары. При преобладании осадков во второй половине вегетационного периода преимущество имеют более позднеспелые сорта. При достаточном влагообеспечении решающую роль в формировании урожая начинает играть температурный фактор. Особенно отрицательно действует на замедление ростовых процессов понижение температуры в период прорастания семян и цветения [12] что и происходило в наших исследованиях в 2017 году. Влияние климатических факторов на формирование урожая хорошо иллюстрируется при сравнении урожаев разных сортов за два года (таблица 3). Если скороспелый сорт Ланцетная формировал практически одинаковый урожай оба года, то сорт Лидер 1 с более продолжительным вегетационным периодом и требующий большей суммы активных температур для реализации своей потенциальной продуктивности в условиях прохладного 2017 года сформировал урожай ниже, чем сорт Ланцетная (2,36 т/га). Повышение температуры в конце вегетационного периода было запоздалым и не оказало влияния на повышение продуктивности. В то же время для сорта Лидер 10 с ещё более длинным вегетационным периодом потепление во второй половине вегетации сыграло положительную роль и позволило сформировать урожай 2,74 т/га. В условиях 2018 года, когда высокая температура сопровождалась отсутствием осадков во 2 и 3 декадах августа, преимущество имел сорт Лидер 1, успевший накопить необходимое количество пластических веществ для формирования наиболее высокого урожая – 2,95 т/га. Потенциально более продуктивный сорт Лидер 10 показал 2,9 т/га, так как отсутствие влаги в сочетании с высокой температурой ускорило процесс созревания и не позволило продемонстрировать весь потенциал продуктивности. По фактору инокуляции применение ризоторфина на основе штамма 634 произвело больший эффект, чем внесение минерального азота в дозе 60 кг/га. Средняя прибавка к контролю за два года составила 0,18 и 0,13 т/га соответственно.

При сложившихся в настоящее время ценах соя является одной из наиболее высокомаржинальных культур. Уже при урожайности 1,5 т/га рентабельность её производства составляет около 100% и при одинаковых затратах растет пропорционально росту урожайности. Анализ экономической эффективности возделывания сортов используемых в нашем опыте (табл. 4) показывает, что рентабельность возделывания сорта Лидер 10, показавшего более высокую урожайность, значительно выше (195% и 158% в среднем по сорту соответственно), чем сорта Ланцетная. Максимальный уровень рентабельности (209%) был получен при инокуляции сорта Лидер 10 штаммом 634.

Таблица 4

**Экономическая эффективность использования инокуляции и внесения минерального азота при возделывании сои (в среднем за 2017-2018 гг.)**

| Вариант          | Урожайность, т/га | Стоимость валовой продукции, руб./га | Производственные затраты, руб./га | Себестоимость зерна, руб./т | Прибыль, руб./га | Уровень рентабельности, % |
|------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------|
| 1                | 2                 | 3                                    | 4                                 | 5                           | 6                | 7                         |
| <b>Ланцетная</b> |                   |                                      |                                   |                             |                  |                           |
| Контроль         | 2,32              | 51040                                | 20100                             | 8660                        | 30940            | 154                       |
| N <sub>60</sub>  | 2,51              | 55220                                | 22480                             | 8960                        | 32740            | 146                       |
| Штамм 634        | 2,56              | 56320                                | 20600                             | 8050                        | 35720            | 173                       |

| Окончание табл.4 |      |       |       |      |       |     |
|------------------|------|-------|-------|------|-------|-----|
| 1                | 2    | 3     | 4     | 5    | 6     | 7   |
| Лидер 1          |      |       |       |      |       |     |
| Контроль         | 2,57 | 56540 | 20100 | 7820 | 36440 | 181 |
| N <sub>60</sub>  | 2,68 | 58960 | 22480 | 8390 | 36480 | 162 |
| Штамм 634        | 2,70 | 59400 | 20600 | 7630 | 38800 | 188 |
| Лидер 10         |      |       |       |      |       |     |
| Контроль         | 2,74 | 60280 | 20100 | 7340 | 40180 | 200 |
| N <sub>60</sub>  | 2,82 | 62040 | 22480 | 7970 | 39560 | 176 |
| Штамм 634        | 2,89 | 63580 | 20600 | 7130 | 42980 | 209 |

По результатам исследований получены данные, показывающие, что возделывание более позднеспелых и продуктивных сортов, успевающих созреть к третьей декаде сентября, позволяет значительно повысить эффективность возделывания сои в Орловской области. Наибольший уровень рентабельности (209%) получен при инокуляции ризоторфином сорта Лидер10.

### Литература

1. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Лукомец В.М. Соя на Кубани Краснодар, – 2009. – 320 с.
2. Мировое производство сои [Электронный ресурс]. URL: <https://feedlot.ru/?p=1573> (дата обращения 18.11.2018 г.)
3. Россия через 5 лет может увеличить [Электронный ресурс]. URL: <http://www.Agrovesti.net/news/indst/minselkhhoz-rossija-cherez-5-let-mozet-udelizhit-urozhaj-soi-vdvoe-do-8-mln-tonn.html> (дата обращения 18.11.2018 г.)
4. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. – М.: Наука, – 1968, – 531с.
5. Доросинский Л.М., Тильба В.А., Бегун С.А. Влияние бактериализации на урожай сои и фиксацию молекулярного азота в почвах Дальнего Востока. Соя и нитрагин: НТБ. – 1976. Вып.1. – С.18-22.
6. Синеговская В.Т. Оптимизация симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов сои в условиях Приамурья: // Автореферат дис... на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – М., – 2002. – 43 с.
7. Тильба В.А., Шабалдас О.Г. Использование биологического азота как средства биологизации системы земледелия // Вестник АПК Ставрополя. – № 2. – 2015. – С. 96-100.
8. Дьяков А.Б., Васильева Т.А. Физиологическое обоснование идеатипа сортов сои, адаптированных к климату юга России // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои //Сборник статей второй Международной конференции по сое // Краснодар, 9-10/9 2008 г. – С. 62-82.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва.– Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
10. Орлов В.П., Орлова И.Ф., Щербина Е.А., Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г. Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом. – Орел, – 1984. – 16 с.
11. Кашеваров Н.И., Солошенко, В.А., Васякин Н.И., Лях А.А. Соя в Западной Сибири // РАСХН. Сиб. отд-ние. СИБНИИ кормов. Новосибирск: Юпитер, – 2004. – 256 с.
12. Мякушко Ю.П., Баранов В.Ф. Соя. – М.: Колос, – 1984. – 332 с.

## ADAPTATION OF SOYBEAN VARIETIES WITH DIFFERENT GROWING SEASON TO THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE ORYOL REGION

A.G. Vasilchikov, G.P. Gurev

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** The article presents the results of a study on the productivity of soybean varieties with different length of the vegetation period in the conditions of the Oryol region. Studies were conducted in VNIIZBK in 2017-2018. Three soybean varieties were used in the experiment: Lanceolate, Leader-1 and Leader-10. Different varietal responses to the distribution of precipitation during the growing season are noted. With a lack of moisture, more early-ripening varieties had the advantage in the formation of the crop. With favorable water-temperature conditions, late-ripening varieties had an advantage. A comparison of application of bacterial

fertilizers based on strain 634 and mineral nitrogen at a dose of 60 kilograms of nitrogen per hectare on soybeans revealed a tendency to increase yield when inoculated with nitrugin. The highest yield - 2.82 t/ha (on average over 2 years) was formed by the Leader-10 variety.

**Keywords:** soybean, varieties, inoculation, symbiotic nitrogen fixation.

**DOI:** 10.24411/2309-348X-2018-00002

**УДК 633.12: 581.144.4: 581.132**

## **ОСОБЕННОСТИ УСТЬИЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ МОЛЕКУЛ ВОДЫ ЛИСТЬЯМИ РАСТЕНИЙ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH**

**А.В. АМЕЛИН**, доктор сельскохозяйственных наук

**А.Н. ФЕСЕНКО\***, доктор биологических наук

**В.В. ЗАЙКИН, Е.И. ЧЕКАЛИН**, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.В. ПАРАХИНА»

\* ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

\*E-mail: amelin\_100@mail.ru

*В условиях полевых и вегетационных опытов на интактных растениях изучены видовые особенности проявления устьичной проводимости воды листьями растений гречихи *Fagopyrum esculentum* Moench. Показано, что ее значение существенно зависит от фазы роста, расположения листьев на растении, дневного времени суток и условий окружающей среды. Наиболее активно диффузия молекул воды через устьица осуществляется в период массового цветения, образования и налива плодов в листьях верхних ярусов в послеобеденное время – с 13 до 16 часов. Засушливые условия отрицательно сказываются на состоянии процесса, а усиление инсоляции – положительно. Первое обусловлено необходимостью защиты растений от обезвоживания в сухую и жаркую погоду, а второе – созданием максимально благоприятных условий для реализации потенциальных возможностей фотосинтеза в условиях повышенной инсоляции. В результате сделано заключение, что устьичная проводимость листьев играет важную роль в водообмене растений *Fagopyrum esculentum* Moench, оказывая положительное влияние не только на интенсивность транспирации, но и фотосинтеза.*

**Ключевые слова:** вид, гречиха, онтогенез, ярусная изменчивость, устьичная проводимость, интенсивность транспирации.

Транспирация является важным и необходимым физиологическим процессом, защищающим растения от перегрева и обезвоживания в сухую и жаркую погоду, обеспечивая передвижение поглощённых корнями минеральных веществ из почвы вверх по растению [1, 2, 3]. Создание бездефицитного водного баланса является в данном случае одним из необходимых условий существования всех растений, особенно в условиях засухи. Но, на транспирационную активность листьев существенное влияние оказывает множество эндо- и экзогенных факторов. Одним из них является устьичная проводимость, которая выступает важным эндогенным регулятором водного обмена растений.

Поэтому весьма актуально знать у каждой сельскохозяйственной культуры, в том числе у влаго- и теплолюбивой гречихи, видовые особенности устьичной проводимости молекул водяного пара и ее связи с транспирацией, с целью определения эффективных путей их регулирования. Результатам изучения этих вопросов и посвящена данная статья.

### Материалы и методика исследований

Исследования проводились в рамках тематического плана ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование» Орловского ГАУ им. Н.В. Парахина по совместной программе с селекционерами ФГБНУ «ФНИЦ ЗБК» в соответствии с тематическим заданием Министерства сельского хозяйства РФ.

Объектами исследований служили растения культурного вида гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench.), произраставшие в условиях вегетационного и полевого опытов. В поле экспериментальный материал высевался на делянках площадью 7,5 м<sup>2</sup> в 4-х кратной повторности, размещение делянок – рендомизированное. В вегетационных опытах выращивание растений осуществлялось в селекционной теплице методом почвенной культуры с использованием полимерных сосудов емкостью 5 кг сухой почвы. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% от полной ее влагоемкости. Уход за посевами и уборка выполнялись в соответствии с Методическими рекомендациями [4].

Оценка физиологического состояния листьев растений проводилась сотрудниками ЦКП с использованием современных научных приборов. Устьичная проводимость воды (УП<sub>H2O</sub>), интенсивность транспирации (ИТ) и фотосинтеза (ИФ) определялись на интактных растениях в режиме реального времени с помощью портативного газоанализатора марки Li – 6400 ХТ по оригинальной методике американской фирмы Li – COR. Учеты осуществлялись во все основные фазы роста, с учетом ярусного расположения листьев, времени светового дня и погодных условий.

Метеоусловия вегетации растений гречихи существенно различались в годы исследований. Так, вегетационный период 2010 года характеризовался высоким температурным режимом и выраженным недостаточным количеством осадков. В этот год, за полный период вегетации растений осадков выпало всего лишь 120,8 мм, что было на 54,9% меньше, а среднемесячная температура воздуха на 5,5°С выше средне многолетних их значений.

В тоже время, погодные условия 2011 года не были экстремальными для роста и развития растений гречихи, хотя и несколько отличались от многолетних показаний. Сумма атмосферных осадков за вегетационный период равнялась 207,3 мм, что составляло 77,4% средне многолетнего значения, а среднемесячная температура воздуха в вегетационный период находилась на уровне 18,9°С при средне многолетней 16,5°С.

Наиболее благоприятным по погодным условиям для растений гречихи был 2012 год. За вегетационный период развития осадков выпало 239,5 мм или на 10,6% меньше средне многолетнего их количества. Среднемесячная температура за период вегетации составила 18,7°С, что на 2,1°С выше средне многолетнего значения.

Метеоусловия вегетационного периода 2013 года, в целом, хотя и были благоприятными для культуры (за период вегетации растений выпало 324 мм или на 3,4% больше средне многолетнего их количества), тем не менее, в отдельные фазы роста они носили выраженный экстремальный характер. К примеру, период генеративного развития растений, проходивший в июле и августе, характеризовался весьма ограниченным количеством выпавших осадков – их было зарегистрировано в среднем на 44,3% меньше многолетнего значения при средней температуре воздуха 18,9°С.

В 2014 году вегетационное развитие растений в значительной степени проходило в условиях повышенного увлажнения. Больше всего осадков отмечалось в третьей декаде мая – 64,4 мм, что превосходило средне многолетнее значение на 43,4 мм. Температура воздуха по среднемесячным показателям практически находилась в пределах средне многолетних данных.

Вегетационный период 2015 года так же характеризовался неравномерным распределением осадков и резким колебанием температуры воздуха. В конце мая выпало осадков в количестве 70% от средне многолетней нормы. Однако в последующие месяцы, когда отмечались налив и созревание плодов, развитие растений проходило в условиях недостающего количества влаги и высокой температуры.

Полученные экспериментальные данные обработаны с помощью современных компьютерных программ (Microsoft Excel 2007; Statsoft Inc.) и с учетом методических рекомендаций Б.А. Доспехова [5].

### Результаты исследований и их обсуждение

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что у гречихи, как и других сельскохозяйственных культур [6, 7, 8, 9], устьичная проводимость  $H_2O$  листьев растений существенно зависит от метеорологических условий произрастания. Так, в 2010 году с ярко выраженным проявлением засухи на протяжении почти всего периода вегетации, ее значение составляло всего  $0,241 \text{ mol } H_2O / m^2 s$ , что было в 1,9 раз меньше, по сравнению с менее экстремальными погодными условиями. Максимальная же величина отмечалась в 2011 году, более благополучном по увлажнению и температуре воздуха для теплолюбивой культуры гречихи. В этот год интенсивность проводимости молекул  $H_2O$  через устьица листьев достигало уровня  $0,644 \text{ mol } H_2O / m^2 s$  – это на 62,6% достоверно больше, чем в засушливом 2010 году (рис. 1).

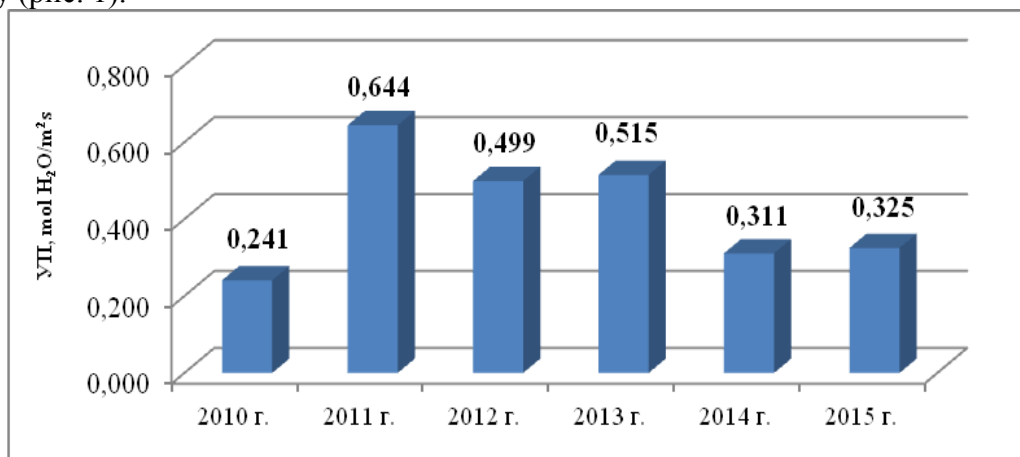


Рис. 1. Устьичная проводимость воды листьев у растений гречихи в разные годы исследований, фаза цветение + 10 дней

В онтогенезе наиболее значимо активность устьичной проводимости листьев проявлялась во время закладки и развития генеративных органов растений, когда резко усиливается спрос на ассимилянты и элементы минерального питания. В периоды массового цветения, образования и налива плодов (фазы «цветение + 10 дней» и «цветение + 20 дней») значение устьичной проводимости листьев растений гречихи было в среднем на 12,4 и 19,5% больше, по сравнению с периодом вегетативного роста и массового созревания плодов (фаза «цветение + 30 дней»), соответственно (рис. 2).

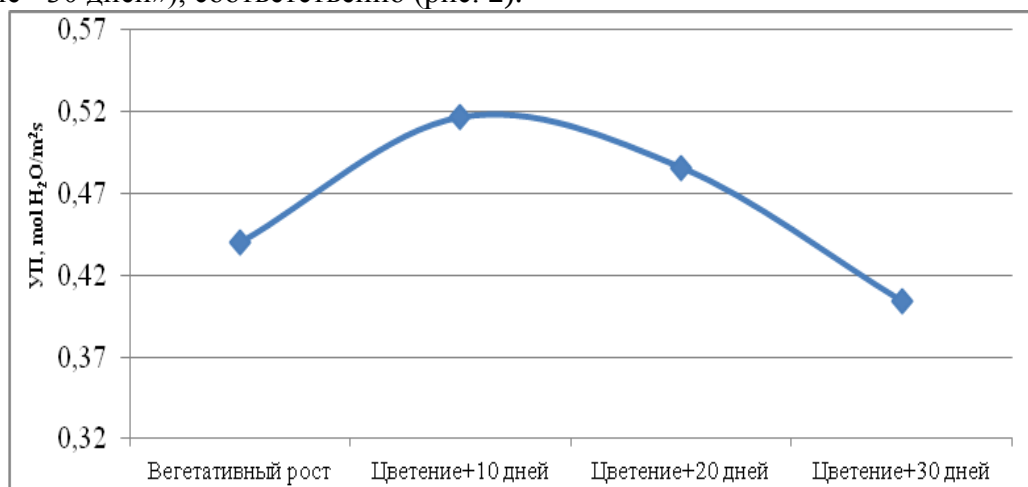


Рис. 2. Устьичная проводимость воды листьев у растений гречихи в разные фазы роста и периоды развития, среднее за 2013-2015 гг.

При этом, верхние листья, как самые молодые и физиологически активные, характеризовались более высокой интенсивностью пропускания молекул  $H_2O$  через устьица, а самую низкую имели нижние. По данным вегетационных опытов, в фазу плодообразования (цветение + 10 дней) превышение по устьичной проводимости верхних листьев над средними составляло 18,3%, а над нижними – 35,9% (рис. 3).

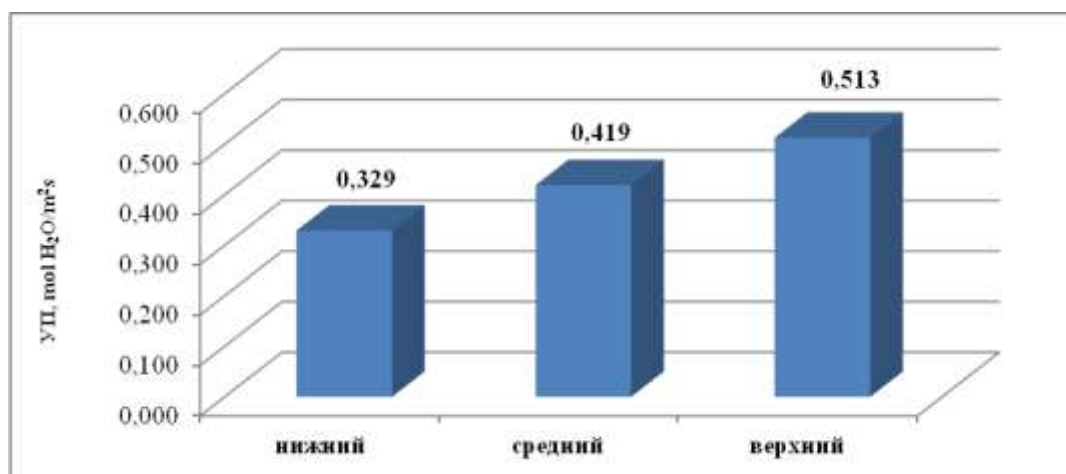


Рис. 3. Устьичная проводимость  $H_2O$  листьев гречихи в зависимости от ярусного их расположения, фаза цветение + 10 дней, вегетационный опыт 2013-2014 гг.

Схожую тенденцию по ярусной изменчивости устьичной проводимости листьев отмечают и другие исследователи [10].

Выявлено, что интенсивность диффузии молекул воды через устьица листьев растений гречихи существенно меняется и в течение светового дня. В годы исследований наиболее значимо она проявлялась в послеобеденное время – с 13 до 16 часов, когда температура воздуха достигала максимальных значений. В данный промежуток времени величина устьичной проводимости воды листьев растений составляла в среднем 0,455 mol  $H_2O$  /m<sup>2</sup>s, что на 17,6 и 66,8% больше, чем в 7 часов утра и в 19 часов вечера, соответственно (рис. 4).

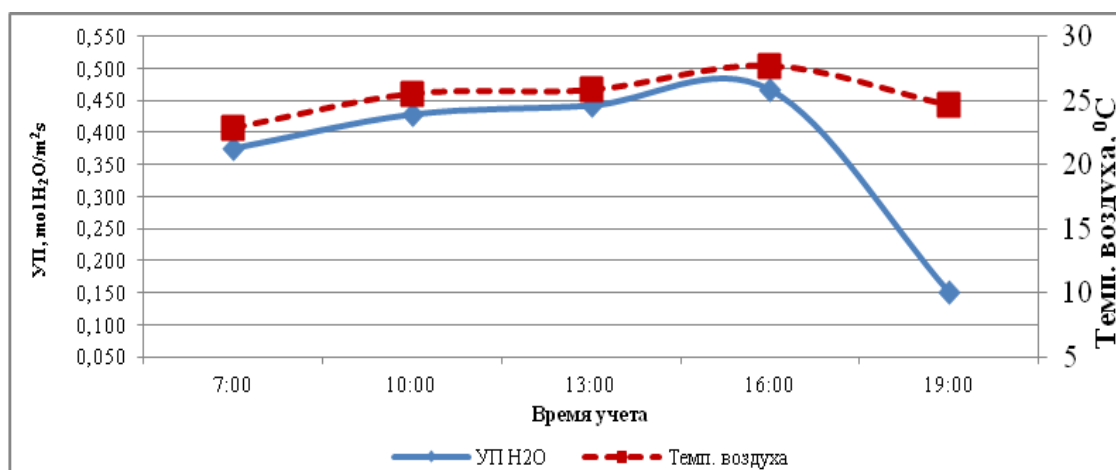


Рис. 4. Дневной ход устьичной проводимости воды у листьев растений гречихи и температуры воздуха, фаза цветение+20 дней, вегетационный опыт 2014-2015 гг.

Повышенная интенсивность прохождения молекул воды через устьица листьев в послеобеденное время (с 13 до 16 часов), очевидно, вызвана необходимостью защиты растений от перегрева, на что указывают экспериментальные данные и по дневной активности транспирации листьев у гречихи [12].



Положительно влияло на устьичную проводимость молекул водяного пара листьями и инсоляция. Чем выше была освещенность листьев, тем активнее осуществлялась диффузия молекул воды через устьица, соответственно транспирация и фотосинтез. При увеличении освещенности с 700 до 1700  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  проводимость молекул воды через устьица возрастала на 5,8%, интенсивность транспирации – на 63,3%, а интенсивность фотосинтеза – на 49,2%. В данном случае причиной повышения устьичной проводимости, по-видимому, является не защита растений от стресса, а обеспечение максимально благоприятных условий для реализации потенциальных возможностей фотосинтеза в условиях повышенной инсоляции (рис. 5).

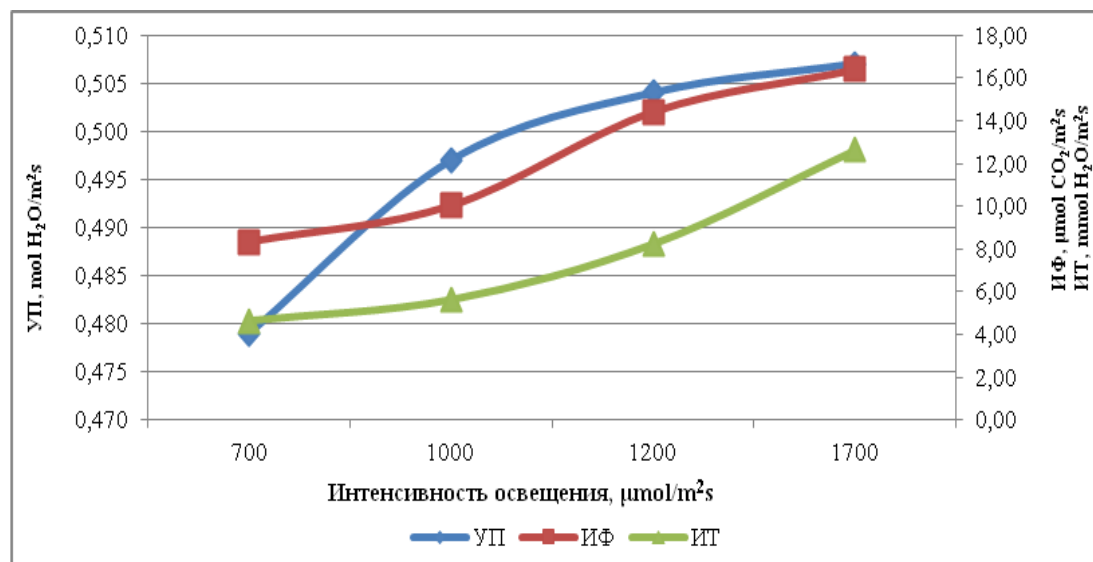


Рис. 5. Устьичная проводимость воды, интенсивность фотосинтеза и транспирации у листьев растений гречихи в зависимости от уровня освещенности, фаза цветение+20 дней, вегетационный опыт 2014-2015 гг.

Во многом схожие тенденции нами отмечались и в более ранних исследованиях [12, 13, 14]. Коэффициент корреляции между устьичной проводимостью, интенсивностью транспирации и интенсивностью фотосинтеза составлял 0,81 и 0,90 соответственно. Это еще раз подтверждает вывод о том, что устьичная проводимость у видов растений, в том числе и у *Fagopyrum esculentum* Moench, является важным регулятором водного и углеводного обменов веществ.

### Заключение

Исследования свидетельствуют о том, что устьичная проводимость играет важную роль в водообмене растений гречихи, оказывая положительное влияние не только на интенсивность транспирации, но и фотосинтеза. Её величина у культурного вида *Fagopyrum esculentum* Moench существенно зависит от фазы роста, ярусного расположения листьев на растении, времени суток и погодных условий вегетации. Засушливые условия отрицательно сказываются на устьичной проводимости водяных паров, а усиление инсоляции – положительно. Первое обусловлено необходимостью защиты растений от обезвоживания в сухую и жаркую погоду, а второе – созданием максимально благоприятных условий для фотосинтеза в условиях повышенной инсоляции.

### Литература

1. Лебедев С.И. Физиология растений // М.: Агропромиздат. – 1988. – 544 с.
2. Davies W.J., Wilkinson S., Loveys B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. // New Phytologist. – 2002. – № 153. – P. 449-460.
3. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D., Lu Z., Condon A.G., Larque-Saavedra A. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies. // Crop Science. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.

4. Ресурсосберегающая технология производства гречихи. Методические рекомендации. – Орел: ГНУ ВНИИЗБК, – 2009. – 40 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст]: учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.
6. Доброхотов А.В., Максенкова И.Л., Козырева Л.В., Шандор Р. Модельная оценка пространственного распределения устьичной проводимости у кормовых трав. // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 3. – С. 446-453.
7. Damour G., Simonneau T., Cochard H., Urban L. An overview of models of stomatal conductance at leaf level. // Plant, Cell & Environment. – 2010. – 33. – P. 1419-1438.
8. Steduto P., Hsiao T.C., Raes D., Fereres E. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. // Agronomy Journal. – 2009. – V. 101 (3) – P. 426-437.
9. Raes D., Steduto P., Hsiao T. C., Fereres E. AquaCrop the FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. // Agronomy Journal. – 2009. – V. 101(3). – P. 438-447.
10. Савельева Е.М., Тараканов И.Г. К проблеме регуляции фотосинтеза и водного обмена у растений рапса (*Brassica napus* L.) в онтогенезе. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 36-51.
11. Кудоярова Г.Р., Веселов Д.С., Фаизов Р.Г., Веселова С.В., Иванов Е.А., Фархутдинов Р.Г. Реакция устьиц на изменение температуры и влажности воздуха у растений разных сортов пшеницы, районированных в контрастных климатических условиях // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – № 1. – С. 54-58.
12. Amelin A.V., Fesenko A.N., Chekalin E.I., Zaikin V.V. Variability of leaf transpiration intensity in cultivated common buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Depending on ontogenetic phase and environment conditions // The 13<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. Section 6 Ecology and environment. – 2016. – P. 767-772.
13. Amelin A.V., Fesenko A.N., Chekalin E.I., Fesenko I.N., Zaikin V.V. Variability of photosynthesis intensity in cultivated common buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Depending on ontogenetic phase and environment conditions // The 13<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. Section 6 Ecology and environment. – 2016. – P. 773-778.
14. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Чекалин Е.И., Заикин В.В. Реакция фотосинтеза листьев сортов гречихи разных периодов селекции на изменение интенсивности света и концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе // Вестник БГСХА. – 2017. – № 4. – С. 133-136.

## FEATURES OF STOMATAL CONDUCTANCE OF WATER MOLECULES BY LEAVES OF PLANTS OF BUCKWHEAT *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.

A.V. Amelin, A.N. Fesenko\*, V.V. Zaikin, E.I. Chekalin

FSBEE HE «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

\*FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** Under the conditions of field and vegetation experiments on intact plants, the specific features of stomatal conductivity of water by leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench were studied for the first time. It is shown that its value significantly depends on the growth phase, the location of leaves on the plant, daytime and environmental conditions. The most active diffusion of water molecules through the stomata is carried out in the period of mass flowering, formation and filling of fruits in the leaves of the upper tiers in the afternoon – from 13 to 16 hours. Dry conditions adversely affect the state of the process, and increased insolation, on the contrary, is positive. The first is due to the need to protect plants from dehydration in dry and hot weather, and the second – the creation of the most favorable conditions for the realization of the potential of photosynthesis in conditions of increased insolation. As a result, it was concluded that stomatal conductivity of leaves plays an important role in water exchange of buckwheat plants, having a positive effect not only on the intensity of transpiration, but also photosynthesis.

**Keywords:** kind, buckwheat, ontogeny, tiered variability, day course, stomatal conductance, transpiration intensity.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТРОДУКЦИИ НОВЫХ ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

**В.И. ЗОТИКОВ\***, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук

**Н.А. СЕРЕКПАЕВ**, доктор сельскохозяйственных наук

**Г.Ж. СТЫБАЕВ., А.А. БАЙТЕЛЕНОВА**, кандидаты сельскохозяйственных наук

**А.А. НОГАЕВ**, PhD

**Н.К. МУХАНОВ**, докторант

\*ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР», г. Орел, Россия  
КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. С. СЕЙФУЛЛИНА, г. Астана,  
Казахстан, muhanov1984@mail.ru

*В результате интродукций нетрадиционных однолетних кормовых культур пайзы и африканского проса было изучено влияние биоклиматических условий и агротехнических мероприятий (норма высева семян, сроки посева, орошение) на формирование урожайности зеленой и сухой массы и семян в степной зоне Северного Казахстана. Сумма активных температур для формирования урожая зеленой и сухой массы и семян пайзы первого и второго сроков посева была достаточной, а при третьем сроке посева наблюдался недостаток температур. Для африканского проса она по всем срокам посева была достаточной. Условия увлажнения оказали сильное влияние на продуктивность пайзы и африканского проса, так высокие показатели урожайности зеленой и сухой массы и семян данных культур были получены при орошении. Урожайность пайзы и африканского проса зависела от нормы высева семян: чем больше густота стояния растений, тем выше была урожайность зеленой и сухой массы и семян, и составила соответственно у пайзы 12,3, 3,0 и 2,2 т/га, у африканского проса -19,9, 5,0 и 3,4 т/га. В связи с наиболее высокой влагообеспеченностью максимальные показатели урожайности зеленой и сухой массы пайзы были отмечены при втором сроке посева и соответственно составили 15,8 и 4,3 т/га, урожайность семян была больше при первом сроке посева – 2,6 т/га. Посевы африканского проса сформировали наиболее высокий урожай зеленой и сухой массы, а также семян при первом сроке посева – 23,9, 5,8 и 4,2 т/га. Орошение обеспечивало прибавку урожая зеленой массы пайзы и африканского проса в сравнении с вариантами без орошения 22,0 и 16,4 т/га, сухой массы – 5,2 и 3,3 и семян – 2,2 и 1,2 т/га соответственно.*

**Ключевые слова:** однолетние кормовые культуры, пайза, африканское просо, сроки посева, нормы высева, орошение

Интродукция и расширение ассортимента кормовых культур являются актуальными проблемами кормопроизводства [1]. При этом, большую роль играет подбор культур, которые должны характеризоваться высокой и стабильной урожайностью, хорошими кормовыми достоинствами, меньшими энергозатратами на возделывание, высокой биологической пластичностью и адаптивностью, меньшей требовательностью к почвенно-климатическим условиям и рационально использующие агроклиматические условия зоны возделывания [2]. К таким культурам относятся однолетние просовидные зерно-кормовые культуры – пайза (*Echinochloa frumentacea*) и африканское просо (*Penisetum tiphoideum* rich).

Пайза и африканское просо большой интерес представляют в качестве кормовых растений. Культуры заслуживают серьезного внимания в связи с тем, что при достаточном увлажнении могут давать 2-3 укоса за лето, а осенью – отаву, обеспечивая при этом высокую урожайность зеленой массы и сена, охотно поедаемых всеми видами сельскохозяйственных животных. Также африканское просо хорошо отрастает даже в засушливых условиях и

является перспективной кормовой культурой для богарного земледелия в полузасушливых и засушливых зонах Республики Казахстан [3, 4, 5, 6]. Солома и зеленая масса пайзы и африканского проса хорошо силосуются и дают высококачественный сочный корм для животных. Зерно - ценный концентрированный корм для птиц, а также в дробленном или размолотом виде оно может быть использовано для кормления сельскохозяйственных животных. Лучшие сорта африканского проса дают зерно пищевого значения (крупка) [7, 8].

Несмотря на ряд достоинств пайзы и африканского проса, которые были описаны выше, в степной зоне Северного Казахстана широкого распространения они не получили. Главной причиной этого является отсутствие рекомендаций по влиянию биоклиматических условий, влагообеспеченности (без- и при орошении) и элементов технологий (норма высева семян, сроки посева) на рост и развитие растений, и формирование урожайности зеленой массы и семян в степной зоне Северного Казахстана.

Цель исследования – изучить влияние биоклиматических условий и агротехнических мероприятий (норма высева семян, сроки посева и орошение) на урожайность однолетних кормовых культур пайзы и африканского проса.

Экспериментальные полевые исследования проводились по методикам Б.А. Доспехова (1985) и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (2011) в 2016-2017 гг. на стационаре кафедры земледелия и растениеводства Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина.

Объектами исследований являлись среднеспелые сорта пайзы и африканского проса - Красава и Согур селекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур» [9].

Опыты закладывались в 4-х кратной повторности с соблюдением принципа единого различия. Площадь одной опытной делянки 120 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 100 м<sup>2</sup>. Размещение вариантов в опытах систематическое с последовательным расположением повторностей. Обработка почвы и агротехника в опыте, кроме изучаемых приёмов (сроки посева, нормы высева семян, без орошения и при орошении), рекомендованная для степной зоны однолетним злаковым (просовидным) культурам. Посевы пайзы и африканского проса проводились в условиях без орошения (контроль) и при орошении в три срока посева: во второй (17 мая) (контроль) и третьей (28 мая) декадах мая и в первой декаде июня (7 июня). В посевах использованы 3 нормы высева семян: 1,0 (контроль), 1,5 и 2,0 млн.шт./га. Глубина заделки семян – 3 см. Способ посева – широкорядный, при ширине междурядий 30 см. Уборка урожая зеленой и сухой массы пайзы и африканского проса проводились в фазу выметывания, а на семена – при полной спелости, при влажности семян ниже 20%.

Полевой опытный участок расположен на темно-каштановых почвах, механический состав – тяжелосуглинистый. Мощность пахотного слоя составляет 20 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте от 0-20 см составляет 2,09%, нитратного азота – 7,15 мг/кг, подвижного фосфора – 12,51 мг/кг, обменного калия – 583,50 мг/кг, рН<sub>сол.</sub> – 6,91; в 20-40 см горизонте содержание гумуса – 2,53%, нитратного азота – 4,10 мг/кг, подвижного фосфора – 7,85 мг/кг, обменного калия – 468,50 мг/кг и рН<sub>сол.</sub> – 6,89.

Почвы экспериментального участка типичные для степной зоны Северного Казахстана, характеризуются низким содержанием гумуса, легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора и высоким содержанием обменного калия.

Пайза и африканское просо к почвам малотребовательны, поэтому могут успешно возделываться на темно-каштановых почвах степной зоны Северного Казахстана.

Возможность возделывания пайзы и африканского проса определяются соответственно суммой активных температур выше +10 и 15<sup>0</sup>С. Для формирования урожая зеленой массы (фаза начало выметывания) требуется сумма активных температур для пайзы 1400 - 1500<sup>0</sup>С, семян 2000 - 2400<sup>0</sup>С, а для африканского проса соответственно 1100 – 1200<sup>0</sup>С и 1800-2300<sup>0</sup>С [10]. В среднем за два года сумма активных температур свыше +10<sup>0</sup>С составила 2641,3<sup>0</sup>С и приходилась на период с 1 мая по 25 сентября, а выше +15<sup>0</sup>С – 2085,4<sup>0</sup>С и приходилась на

период с 23 мая по 8 сентября. Продолжительность периода с температурой выше  $+10^{\circ}\text{C}$  составила 143 дня, а выше  $+15^{\circ}\text{C}$  – 104 дня.

В годы проведения исследований сумма активных температур для роста, развития и формирования урожая пайзы первого и второго сроков посева была достаточной. При третьем сроке посева наблюдался недостаток суммы активных температур для формирования урожая зеленой массы и семян. Сумма активных температур от прорастания семян до укосной спелости (начало фазы выметывания) пайзы составила при первом сроке посева  $1484,7^{\circ}\text{C}$ , до полной спелости семян  $2277,6^{\circ}\text{C}$ , во втором сроке посева  $1503,3$  и  $2099,8^{\circ}\text{C}$ , в третьем сроке посева  $1364,0$  и  $1944,7^{\circ}\text{C}$ .

Сумма активных температур для роста, развития и формирования урожая африканского проса по всем срокам посева была достаточной и составила при первом сроке посева от прорастания семян до укосной спелости  $1220,5^{\circ}\text{C}$  и до полной спелости семян  $1842,7^{\circ}\text{C}$ , во втором сроке посева соответственно  $1280,9$  и  $1924,2^{\circ}\text{C}$  и в третьем сроке посева  $1098,6$  и  $1814,7^{\circ}\text{C}$ .

Оптимальная температура для роста, развития пайзы и африканского проса составляет от  $+18^{\circ}\text{C}$  до  $+25^{\circ}\text{C}$ . В период проведения исследований она составила в мае  $14,5^{\circ}\text{C}$ , в июне  $19,9$ , в июле  $20,1$ , в августе  $20,0$  и сентябре  $14,0^{\circ}\text{C}$  (рис. 1).

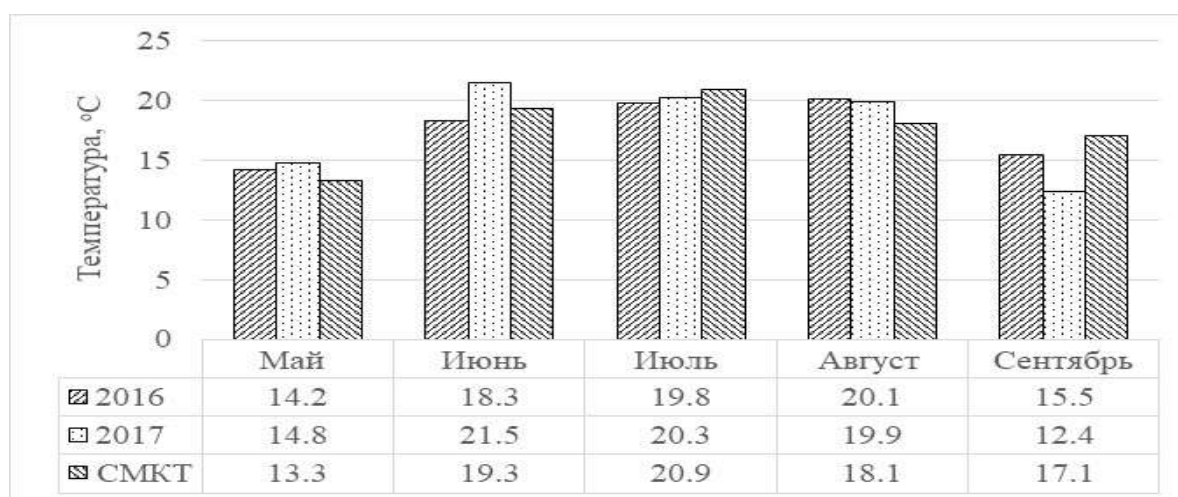


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период пайзы и африканского проса в 2016-2017 гг. в сравнении со среднегодовым количеством температур (далее – СМКТ),  $^{\circ}\text{C}$

В годы эксперимента время наступления последнего заморозка весной и первого заморозка осенью и продолжительность безморозного периода на рост, развитие и формирование урожайности пайзы и африканского проса по всем срокам посева не повлияло, так как последний заморозок весной 2016 года был зафиксирован 17 мая, а в 2017 году – 7 апреля. Первый заморозок осенью был соответственно зафиксирован 26 и 25 сентября. Продолжительность безморозного периода с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$  составила в среднем за два года 141 день.

В среднем за два года фаза полных всходов у пайзы в связи с недостаточным количеством почвенной влаги и африканского проса в связи с температурой почвы  $11-12^{\circ}\text{C}$ , (семена пайзы прорастают при температуре  $10-12^{\circ}\text{C}$ , африканского проса – при  $14-15^{\circ}\text{C}$ ) на глубине заделки семян наступила по всем срокам посева поздно: при первом сроке посева у пайзы на 23 день после посева, при втором – на 19 день и при третьем – на 15 день; у африканского проса соответственно – на 15, 15 и 9 день (табл. 1).

Вегетационный период пайзы от появления всходов до полного выметывания составил: при первом сроке посева 75 дней, до полной спелости – 107 дней; при втором – 72 и 102 и

при третьем сроке посева 63 и 95 дней, у африканского проса соответственно 66-98, 63-96 и 52-89 дней.

Таблица 1

**Фенологические наблюдения за ростом пайзы и африканского проса в зависимости от сроков посева (2016-2017 гг.)**

| Культура          | Сроки посева | Основные фазы развития и даты их наступления |         |                |             |                 |
|-------------------|--------------|----------------------------------------------|---------|----------------|-------------|-----------------|
|                   |              | всходы                                       | кущение | выход в трубку | выметывание | полная спелость |
| Пайза             | II /V        | 10.06                                        | 07.07   | 23.07          | 02.08       | 02.09           |
|                   | III/V        | 18.06                                        | 15.07   | 02.08          | 10.08       | 10.09           |
|                   | I/VI         | 22.06                                        | 18.07   | 04.08          | 12.08       | 12.09           |
| Африканское просо | II /V        | 03.06                                        | 01.07   | 15.07          | 24.07       | 25.08           |
|                   | III/V        | 15.06                                        | 11.07   | 24.07          | 02.08       | 04.09           |
|                   | I/VI         | 18.06                                        | 12.07   | 23.07          | 31.07       | 06.09           |

В годы проведения исследований условия увлажнения на экспериментальном участке складывались следующим образом. За счет осенне-зимних и весенних осадков (рис. 2, 3) продуктивная влага в метровом слое почвы на участках без- и при орошении перед посевом пайзы и африканского проса была на среднем уровне увлажненности – 111,6-112,0 мм. В 2016 году обильные осадки с конца июня и до конца июля способствовали повышению продуктивной влаги в метровом слое почвы на участке без орошения с средней степени увлажненности (110,9 мм) до хорошей степени увлажненности (124,4 мм). Отсутствие и недостаточное количество атмосферных осадков с начала августа и до середины сентября привело к понижению продуктивной влаги в метровом слое почвы со средней степени увлажненности – 110,9 мм до очень низкой – 57,9 мм. В 2017 году запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на участке без орошения с третьей декады мая до середины сентября из-за недостаточного количества атмосферных осадков понижались со средней степени увлажненности – 112,0 мм до очень низкой степени увлажненности – 38,4 мм.

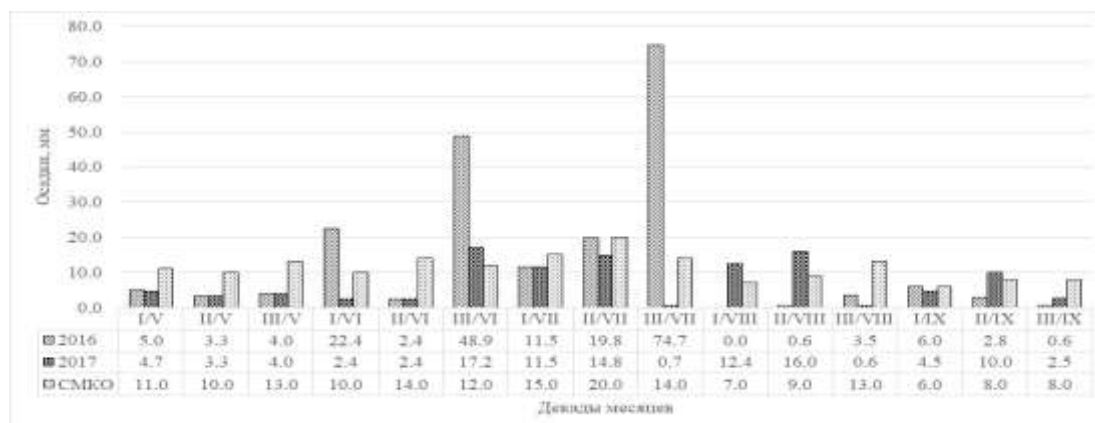


Рис. 2. Количество выпавших осадков за вегетационный период пайзы и африканского проса в 2016-2017 гг. в сравнении со среднемноголетним количеством осадков (далее – СМКО), мм

Последнее свидетельствует о необходимости в засушливые годы использовать регулярное орошение для этих культур.

На поливном участке в течение вегетационного периода почвенная влага поддерживалась на уровне наименьшей влагоемкости (далее – НВ) почвы, которая в среднем за два года составила 21,5% или 187,8 мм. В 2016 году в середине июня и в начале июля был проведен двухкратный полив пайзы с оросительной нормой 723,3 и 705,3 м<sup>3</sup>/га. Полив в середине и обильные осадки в конце июня привели к увеличению продуктивной влаги в метровом слое почвы на 11,2 мм. Благодаря поливу и выпадению обильных осадков в конце

июля продуктивная влага в метровом слое почвы с начала и до конца июля увеличивалась со 117,3 мм до 125,8 мм. В 2017 году был проведен ежедекадный пятикратный полив пайзы, начиная с середины июня и до конца июля, с оросительной нормой от 130,3 до 866,3 м<sup>3</sup>/га. Продуктивная влага в метровом слое почвы колебалась от 138,8 мм до 174,8 мм.

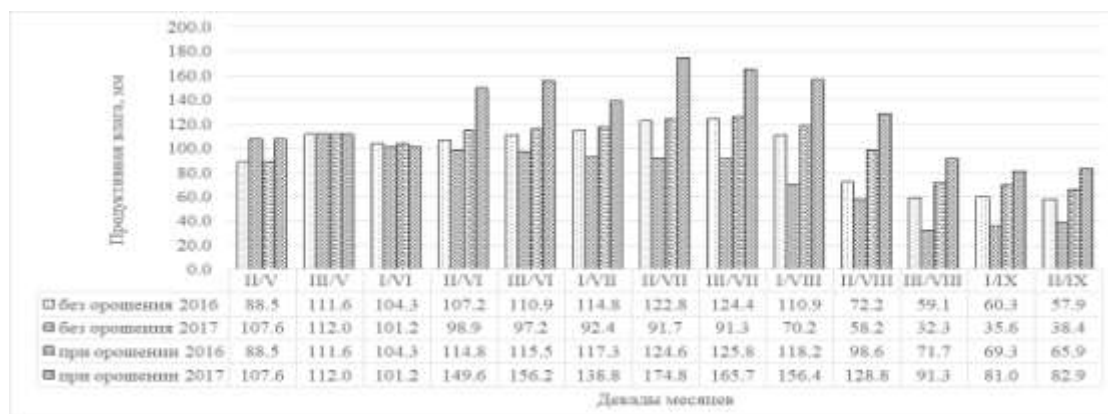


Рис. 3. Продуктивная влага в метровом слое почвы на экспериментальном участке в 2016-2017 гг., мм

Остаточная влага в метровом слое почвы колебалась на участке без орошения от 0 до 20 мм, на участке при орошении от 20 до 80 мм.

Критический период для пайзы и африканского проса по требованию к влаге является кушение и выход в трубку. Календарно этот период для пайзы складывался (в среднем за два года) с конца июня до конца июля, при посеве в третьей декаде мая и совпал с обильными осадками в конце июня (в среднем за два года 33,1 мм) и до конца июля (в среднем за два года за июль 66,5 мм). У африканского проса фаза кушения наблюдалась с середины и до конца июня, при посеве во второй декаде мая и полностью совпала с обильными осадками конца июня. Это привело к уменьшению коэффициента водопотребления пайзы для формирования урожая сухой массы (220,3 м<sup>3</sup>/ц) и африканского проса для формирования урожая сухой массы (149,1 м<sup>3</sup>/ц) и семян (274,3 м<sup>3</sup>/ц) при данных сроках посева (табл. 2).

Таблица 2

**Суммарное водопотребление (далее - С<sub>в</sub>) и коэффициент водопотребления (далее - К<sub>в</sub>) пайзы и африканского проса для формирования урожая сухой массы и семян в зависимости от сроков посева, м<sup>3</sup>/ц ( 2016-2017 гг.)**

| Культура          | Сроки посева    | Для сухой массы                    |                                    | Для семян                          |                                    |
|-------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                   |                 | С <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /ц | К <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /ц | С <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /ц | К <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> /ц |
| Пайза             | II/V (контроль) | 9765,0                             | 390,6                              | 11856,5                            | 456,0                              |
|                   | III/V           | 9475,5                             | 220,3                              | 11219,5                            | 510,0                              |
|                   | +, - к контролю | -289,5                             | -170,3                             | -637,0                             | +54,0                              |
|                   | I/VI            | 8387,5                             | 364,7                              | 10093,5                            | 593,7                              |
|                   | +, - к контролю | -1377,5                            | -25,9                              | -1763,0                            | +137,7                             |
| Африканское просо | II/V (контроль) | 8649,5                             | 149,1                              | 11523,1                            | 274,3                              |
|                   | III/V           | 8752,7                             | 194,5                              | 10950,8                            | 365,0                              |
|                   | +, - к контролю | +103,2                             | +45,4                              | -572,3                             | +90,7                              |
|                   | I/VI            | 7341,5                             | 156,2                              | 9839,4                             | 393,6                              |
|                   | +, - к контролю | -1308,0                            | +7,1                               | -1683,7                            | +119,3                             |

В связи с высокой влагообеспеченностью наиболее низкий коэффициент водопотребления пайзы и африканского проса для формирования урожая сухой массы и семян был отмечен при орошении и соответственно составил 165,9, 324,6 и 118,7, 299,1 м<sup>3</sup>/ц (табл. 3).



Таблица 3

**Суммарное водопотребление (далее -  $C_v$ ) и коэффициент водопотребления (далее -  $K_v$ ) пайзы и африканского проса для формирования урожая сухой массы и семян в зависимости от условий выращивания,  $m^3/ц$  (2016-2017 гг.)**

| Культура          | Сроки посева            | Для сухой массы |              | Для семян    |              |
|-------------------|-------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
|                   |                         | $C_v, m^3/ц$    | $K_v, m^3/ц$ | $C_v, m^3/ц$ | $K_v, m^3/ц$ |
| Пайза             | Без орошения (контроль) | 9209,3          | 307,0        | 11056,5      | 502,6        |
|                   | При орошении            | 11283,9         | 165,9        | 14284,4      | 324,6        |
|                   | +, - к контролю         | +2074,6         | -141,1       | +3227,9      | -178,0       |
| Африканское просо | Без орошения (контроль) | 8247,9          | 165,0        | 10771,1      | 316,8        |
|                   | При орошении            | 9856,8          | 118,7        | 13756,7      | 299,1        |
|                   | +, - к контролю         | +1608,9         | -46,3        | +2985,6      | -17,7        |

Наиболее высокие показатели урожайности зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от нормы высева семян были отмечены при норме высева 2,0 млн.шт./га и, составили, соответственно 12,3, 3,0 и 2,2 т/га и 19,9, 5,0 и 3,4 т/га (табл. 4). Наблюдалась прямая корреляционная зависимость между густотой стояния растений и урожаем зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от нормы высева семян.

Таблица 4

**Урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от нормы высева семян (2016-2017 гг.)**

| Культура          | Норма высева семян, млн.шт./га | Урожайность, т/га |             |        |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------------|--------|
|                   |                                | Зеленая масса     | Сухая масса | Семена |
| Пайза             | 1,0 (контроль)                 | 7,4               | 1,7         | 1,6    |
|                   | 1,5                            | 11,2              | 2,5         | 2,0    |
|                   | +, - к контролю                | +3,8              | +0,8        | +0,4   |
|                   | 2,0                            | 12,3              | 3,0         | 2,2    |
|                   | +, - к контролю                | +4,9              | +1,3        | +0,6   |
| НСР <sub>05</sub> |                                | 2,8               | 0,6         | 0,4    |
| Африканское просо | 1,0 (контроль)                 | 15,8              | 4,2         | 2,7    |
|                   | 1,5                            | 17,3              | 4,4         | 2,9    |
|                   | +, - к контролю                | +1,5              | +0,2        | +0,2   |
|                   | 2,0                            | 19,9              | 5,0         | 3,4    |
|                   | +, - к контролю                | +4,1              | +0,8        | +0,7   |
| НСР <sub>05</sub> |                                | 1,1               | 0,7         | 0,6    |

*Примечание: урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от нормы высева семян было взято в среднем по срокам посева*

Так, коэффициент корреляции между густотой стояния растений и урожайностью зеленой массы пайзы составила – 0,95, сухой массы – 0,99 и семян – 0,98, у африканского проса соответственно – 1,0, 0,96 и 0,97. Из вышеизложенного следует, чем больше густота стояния растений на единице площади, тем выше урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса.

В связи с наиболее высокой влагообеспеченностью максимальные показатели урожайности зеленой и сухой массы пайзы были отмечены при посеве в третьей декаде мая и соответственно составили 15,8 и 4,3 т/га, а урожайность семян была больше при посеве во второй декаде мая – 2,6 т/га. Посевы африканского проса сформировали наиболее высокий урожай зеленой и сухой массы, а также семян при посеве во второй декаде мая – 23,9, 5,8 и 4,2 т/га соответственно (табл. 5).

Таблица 5

**Урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от сроков посева (2016-2017 гг.)**

| Культура          | Сроки посева    | Урожайность, т/га |             |        |
|-------------------|-----------------|-------------------|-------------|--------|
|                   |                 | Зеленая масса     | Сухая масса | Семена |
| Пайза             | II/V (контроль) | 10,8              | 2,5         | 2,6    |
|                   | III/V           | 15,8              | 4,3         | 2,2    |
|                   | +, - к контролю | +5,0              | +1,8        | -0,4   |
|                   | I/VI            | 10,4              | 2,3         | 1,7    |
|                   | +, - к контролю | -0,4              | -0,2        | -0,9   |
| НСР <sub>05</sub> |                 | 0,6               | 0,9         | 0,8    |
| Африканское просо | II/V (контроль) | 23,9              | 5,8         | 4,2    |
|                   | III/V           | 17,6              | 4,5         | 3,0    |
|                   | +, - к контролю | -6,3              | -1,3        | -1,2   |
|                   | I/VI            | 18,2              | 4,7         | 2,5    |
|                   | +, - к контролю | -5,7              | -1,1        | -1,7   |
| НСР <sub>05</sub> |                 | 0,6               | 0,9         | 0,6    |

*Примечание: урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от сроков посева было взято при норме высева семян 2,0 млн.шт./га*

Наибольшую урожайность в среднем за два года пайза и африканское просо сформировали в условиях орошения 34,3 и 36,3 т/га зеленой массы, 6,8 и 8,3 т/га сухой массы и 4,4 и 4,6 т/га семян соответственно (табл. 6). Орошение обеспечило дополнительно прибавку урожая зеленой массы пайзы и африканского проса соответственно 22,0 и 16,4 т/га, сухой массы – 5,2 и 3,3 и семян – 2,2 и 1,2 т/га.

Таблица 6

**Урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от условий выращивания (2016-2017 гг.)**

| Культура          | Условия выращивания     | Урожайность, т/га |             |        |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------|--------|
|                   |                         | Зеленая масса     | Сухая масса | Семена |
| Пайза             | Без орошения (контроль) | 12,3              | 3,0         | 2,2    |
|                   | При орошении            | 34,3              | 6,8         | 4,4    |
|                   | +, - к контролю         | +22,0             | +5,2        | +2,2   |
| НСР <sub>05</sub> |                         | 4,3               | 1,4         | 0,7    |
| Африканское просо | Без орошения (контроль) | 19,9              | 5,0         | 3,4    |
|                   | При орошении            | 36,3              | 8,3         | 4,6    |
|                   | +, - к контролю         | +16,4             | +3,3        | +1,2   |
| НСР <sub>05</sub> |                         | 6,8               | 1,3         | 0,6    |

*Примечание: урожайность зеленой и сухой массы и семян пайзы и африканского проса в зависимости от условий выращивания было взято в среднем по срокам посева и при норме высева семян 2,0 млн.шт./га*

В среднем за два года сложившиеся температурные условия для формирования урожая пайзы первого и второго сроков посева были достаточными, а при третьем сроке посева наблюдался недостаток суммы активных температур для формирования урожая зеленой массы и семян. Сумма активных температур для африканского проса по всем срокам посева была достаточной. Сложившиеся условия увлажнения оказали заметное влияние на продуктивность пайзы и африканского проса, так как высокие показатели урожайности зеленой и сухой массы и семян данных культур были получены при орошении.

### Заключение

Для получения наиболее высокого урожая зеленой и сухой массы африканского проса и пайзы для условий степной зоны Северного Казахстана оптимальными сроками посева являются вторая и третья декады мая, а для получения урожая семян – вторая декада мая. Оптимальной нормой высева пайзы и африканского проса для получения высокого урожая зеленой и сухой массы и семян является 2,0 млн.шт. всхожих семян на гектар.

### Литература

1. Глуховцев В.В., Казарин В.Ф. Интродукция нетрадиционных растений в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука. – 2005. – № 4. – С. 13-14.
2. Кашеваров Н.И., Полищук А.А., Кашеварова Н.Н., Лебедев А.Н. Сроки посева и нормы высева пайзы в условиях северной лесостепи Западной Сибири // Кормопроизводство, – 2013. – С. 7-8.
3. Корзун О. С., Гесть Г. А. Агроэнергетическая оценка зеленой массы и зерна просовидных кормовых культур. // Земляробства і аховараслін. – 2010. – № 4. – С. 20-23.
4. Башинская О.С. Продуктивность пайзы в зависимости от основных элементов технологии возделывания на черноземах Саратовского побережья // Дисс... на соискание ученой степени кандидата с.х. наук. – Саратов, – 2007. – 16 с.
5. Белицкий С.М. Африканское просо – ценная кормовая культура. – Ворошиловград, Облтипография, – 1957. – 22 с.
6. Кириллов Ю.И. Африканское просо. – Алматы, – Кайнар, – 1968. – 52 с.
7. Елсуков М.П. Однолетние кормовые культуры – Москва, Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, – 1954. – С. 316-328.
8. Майсунян Н.А., Степанов В.Н., Кузнецов В.С., Лукьянюк В.И. Черномаз П.А. Растениеводство - Москва, Колос, – 1965. – С. 336-338.
9. Зотиков В.И. Наумкина Т.С., Сидоренко В.С. и др. Каталог сортов сельскохозяйственных культур селекции Всероссийского научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур. – Орел, ГНУ ВНИИЗБК, – 2012. – 79 с.
10. Исаев С.В., Корзун О.С. Оценка агроклиматических ресурсов западного региона Республики Беларусь для возделывания пайзы // Материалы международной научно-практической конференций «Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества». – Минск, – 2008. – Том 1. – С. 217-219.

## RESULTS OF INTRODUCTION OF NEW ANNUAL FORAGE CROPS IN THE STEPPE ZONE OF NORTHERN KAZAKHSTAN

V.I. Zotikov\*, N.A. Serekpaev, G.Zh. Stybaev, A.A. Bajtelenova, A.A. Nogaev,  
N.K. Muhanov

\*FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»  
SAKEN SEIFULLIN KAZAKH AGRO TECHNICAL UNIVERSITY, KAZAKHSTAN

**Abstract:** As a result of introductions of unconventional annual feed crops of Paiza and African millet, the influence of bioclimatic conditions and agrotechnical measures (seeding rate, sowing time, and irrigation) on the formation of green and dry weight and seeds in the steppe zone of Northern Kazakhstan was studied. The sum of active temperatures for the formation of yield of green and dry mass and seeds of the first and second time of sowing was sufficient, and at the third planting period there was a deficit of temperatures. For African millet, it was sufficient for all sowing dates. Humidification conditions had a strong impact on the productivity of both paiza and African millet, as high yields of green and dry weight and seeds of these crops were obtained during irrigation. The yield of paiza and African millet depended on the seeding rate: the greater the density of standing plants, the higher was the yield of green and dry mass and seeds, and it was for paiza 12,3, 3,0 and 2,2 t/ha, for African millet -19,9, 5,0 and 3,4 t/ha. Due to the highest moisture availability, the maximum yields of green and dry weight of the paiza were noted during the second planting period and were respectively 15,8 and 4,3 t/ha, seed yield was greater during the first term of sowing – 2,6 t/ha. Crops of African millet formed the highest yield of green and dry mass, as well as seeds with the first term of sowing – 23,9, 5,8 and 4,2 t/ha. Irrigation provided a yield increase of the green mass of paiza and African millet in comparison to the variants without irrigation of 22,0 and 16,4 t/ha, the dry mass – 5,2 and 3,3, and the seeds – 2,2 and 1,2 t/ha respectively.

**Keywords:** annual feed crops, Paiza (Japanese millet), African millet, sowing dates, seeding rates, irrigation.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ПЕРЕКРЁСТНОГО ОПЫЛЕНИЯ ПРОСА ПОСЕВНОГО В СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЕ

А.И. КОТЛЯР, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*Проведено изучение большого количества литературных данных по проблеме перекрёстного опыления проса посевного. Установлена возможность использования перекрёстного опыления проса для получения естественных гибридов в селекционных целях, без затрат труда на кастрацию и опыление цветков. Выявлен уровень естественного переопыления проса, характерный для Орловской области. Установлена зависимость степени перекрёстного опыления от метеорологических условий. Получены естественные гибриды по 8 комбинациям для дальнейшей селекционной работы.*

**Ключевые слова:** просо посевное, перекрёстное опыление, методы гибридизации, естественные гибриды, коллекции, окраска зерна, форма метёлки, антоциановая окраска, метеорологические условия, фенофазы, период цветения.

В самом начале изучения проса посевного существовали различные точки зрения по поводу способа опыления его цветков. Но, начиная с К. Фрувирта [1], стала преобладать та, что просо является факультативным самоопылителем. Впоследствии данная точка зрения подтверждена целым рядом исследователей [2, 3]. Было установлено, что процент перекрёстного опыления зависит от условий произрастания и в отдельных регионах может достигать 10...12% [2]. В.Д. Красавин [4] в условиях Оренбургской области установил, что процент переопыления между просом посевным и просом сорным составлял 7,0...11,6%.

Различия в оценке степени перекрёстного опыления обусловлены тем, что, в соответствии с биологическими особенностями культуры, возможны три типа опыления цветков. Биология цветения проса изучена досконально большим количеством исследователей. Согласно общепризнанному, процесс цветения и оплодотворения у проса посевного выглядит следующим образом.

Всё начинается с фазы «вымётывание», когда у растения из листового влагалища появляется верхушка метёлки. У сорта фаза отмечается, когда таких растений станет не менее 50%. Цветение начинается сразу после выхода метёлки из влагалища верхнего листа или на 1-2 дня позже. По данным Л.М. Асеевой [5], у ранне- и среднеспелых сортов это происходило на 2-4 день, а у позднеспелых – на 4-6 день после вымётывания. Цветение одной метёлки продолжается в зависимости от скороспелости образца и погодных условий в среднем от 6 до 20 дней [3]. У среднеспелых сортов в лесостепной зоне Украины, России и Беларуси – в среднем 10-15 дней [6, 7, 8, 9].

Начинается цветение метёлки с верхушки и идёт в направлении основания, а также от кончиков веточек к главной её оси. Исследователи, изучавшие динамику цветения проса в различных погодных условиях, указывают продолжительность цветения одного цветка в довольно широком диапазоне – от 1,5 до 56 минут [4]. В большинстве случаев цветение начинается в 9 часов и заканчивается к 15 часам. Максимум приходится на 11-13 часов. При прохладной погоде оно происходит позже, при жаркой – раньше. От погодных условий (температуры и влажности), главным образом и зависит тип опыления цветков. Целый ряд исследователей изучали этот вопрос [1, 2, 3, 6, 8, 10, 11] и пришли к следующему заключению.

Первый тип опыления весьма редок. При нём пыльники лопаются внутри цветка и вся пыльца попадает на рыльце своего пестика. Так бывает при прохладной (менее +20°C) и

влажной погоде – это типичное самоопыление. При втором типе пыльники растрескиваются во время выхода из цветка. Большая часть пыльцы попадает на рыльце своего пестика, но часть высыпается наружу. Преимущественно, это также самоопыление. Встречается наиболее часто. При третьем типе цветки открываются широко, пыльники и рыльца свободно выходят за пределы цветочных плёнок. В воздухе уже имеется достаточно пыльцы с других растений. Пыльники лопаются и их пыльца попадает на рыльце как своего, так и других цветков. После закрытия цветка и рыльца, и тычиночные нити остаются зажатými цветочными плёнками, при этом пестик сохраняет способность к оплодотворению ещё 30-60 минут. Это по большей части перекрёстное опыление, может происходить при сухой жаркой погоде с температурой не менее +25°C.

Некоторые авторы изучали склонность проса посевного к перекрёстному опылению [12, 11, 9], а также культурного проса с просом сорно-полевым [4]. П.М. Жуковский (1964) отмечал общие для злаков приспособления к ветроопылению: мелкие цветки, большое количество цветков и лёгкой пыльцы, продолжительная жизнеспособность рылец и др. Н.Т. Ониськов [11] дополнительно изучил морфологические и биологические особенности проса посевного, способствующие перекрёстному опылению. По его мнению, это порционный характер цветения, когда одновременно раскрываются большие группы цветков. Важным является также то, что массовое цветение у всех экотипов происходит в одно время суток, при одной температуре. Способствует перекрёстному опылению и морфология цветка: пестик и тычинки длиннее цветочных плёнок, поэтому при раскрытии цветка они выходят за его пределы. Ворсистое рыльце способно хорошо улавливать пыльцу.

Как было сказано выше, перекрёстному опылению проса способствует и тёплая сухая погода. Открытый тип цветения начинает появляться уже при +22...24°C [4]. Согласно прогнозам ООН, повышение температуры воздуха на планете в XXI столетии может составить 1,5...4,0°C. Предполагается, что в результате этого в северных широтах страны годовая сумма эффективных температур может увеличиться на 600-650°C, что приведёт к перемещению границы земледелия к северу на 250-400 км [13]. Современная тенденция на потепление климата будет усиливать склонность проса к перекрёстному опылению.

Однако ещё в начале XX века отмечалось появление естественных гибридов при совместном произрастании проса [1]. По сообщению Б.В. Ежова [14], естественный гибрид проса разновидности субальбобадидум при расщеплении дал 10 окрасок зерна и 3 типа метёлки, при этом различающихся по наличию/отсутствию антоциановой окраски. В дальнейшем, многие исследователи находили естественные гибриды в посевах проса и даже использовали их в селекционной работе. Более того, до конца 50-х годов XX века естественная гибридизация была одним из путей получения исходного материала. Ещё в 1959 г З.С. Чернявская писала, что среди районированных сортов проса нет выведенных методом искусственной гибридизации. Другим методом являлся отбор из местных популяций. В 1968 г В.Н. Лысов [3] писал, что метод индивидуального отбора из местных популяций является основным в селекции проса.

Несмотря на то, что методика искусственной гибридизации проса начала разрабатываться в конце 30-х годов [5], в 40-х, 50-х и даже 60-х годах происходило постепенное её совершенствование. При обычном способе на метёлке оставлялось 10-15 физиологически зрелых цветков, которые кастрировались. Надевался пергаментный изолятор. На следующий день цветки вновь принудительно раскрывались и проводилось их опыление. Процент завязывания составлял 13,2 [15]. Позднее в НИИСХ Юго-Востока способ был усовершенствован, стали защемлять рыльце при кастрации цветка, что избавило селекционеров от повторного открытия цветков. Процент завязывания поднялся до 24 [15]. Позднее стали применять опыление в день кастрации цветков, что позволило увеличить процент завязывания до 42,5 [15]. Уже в 80-е годы там же гибридизацию проводили под плёнкой, натянутой на каркас. Это помогло повысить процент завязывания до 57,6 [15]. Данный способ очень трудоёмок и требует весьма квалифицированных, подготовленных кадров. По каждой комбинации обычно кастрировалось 5 метёлок. В 70-80-х годах в НИИСХ

Юго-Востока ежегодно кастрировалось 10-11 тыс. цветков, что требовало работы нескольких сотрудников в течение 30-35 дней [15]. Чтобы облегчить процесс гибридизации, исследователи разрабатывали различные методы кастрации. Были разработаны: термический метод – горячим воздухом [7] или горячей водой [11], химический – гаметоцидом этрел [16] или гербицидом натриевой солью 2,4-Д [12], водный [8], получивший более широкое распространение. При водном способе производительность возрастала до 200-300 и даже до 500 цветков в час, а процент завязывания составлял 43%. Недостатком этих методов является то, что часть завязавшихся семян относится к материнской форме (минимум, около 10%), что существенно снижает эффективность работы.

Тем не менее, методы искусственной гибридизации в 60-е годы полностью вытеснили естественную. В 50-60-х годах естественное переопыление растений проса проводилось на отдельных делянках с чередующимися рядами отцовских и материнских форм, как с кастрацией цветков материнских растений, так и без [3]. В первом случае трудоёмкость работы возрастала, как при искусственной гибридизации, а во втором, при отсутствии чётких маркерных признаков, был затруднён поиск гибридов.

В качестве метода получения исходного материала может также быть использован искусственный мутагенез, но поиск мутантов с хозяйственно ценными признаками не прост и не всегда успешен.

Как указывалось выше, метод естественной гибридизации растений проса имеет ряд недостатков. Это и недостаточный контроль селекционера за самим процессом, и зависимость уровня перекрёстного опыления от погодных условий, и невозможность выявления гибридных семян на материнском растении, и трудности выявления естественных гибридов при отсутствии чётких маркерных признаков. Тем не менее, все эти недостатки могут быть легко преодолены.

По нашему мнению, главной проблемой при свободном переопылении является чёткая фиксация гибридов  $F_1$ . Для этого родительские формы должны различаться по признакам, легко отличимым визуально, а также имеющим эффект доминирования в  $F_1$ . Как раз такими являются признаки, положенные в основу классификации проса посевного: форма метёлки, окраска зерна и наличие/отсутствие антоциановой окраски.

Выделяют 5 типов формы метёлки: раскидистый, развесистый, сжатый, овальный, комовый [17]. По мнению В.А. Ильина [15], тип метёлки контролируется тремя не полностью доминантными генами. В  $F_1$  наблюдается неполное доминирование раскидистых и развесистых типов над сжатыми и комовыми. А.П. Свиденко (1981) отмечает, что в  $F_1$  доминирует развесистый тип метёлки над сжатым и комовым, раскидистый над овальным. Учитывая, что в селекционной работе, в основном, используются развесистый и сжатый типы метёлки и их можно чётко различать по наличию/отсутствию подушечек в нижней части метёлки, данный признак вполне может быть использован для выявления гибридов  $F_1$ .

Выделяют 12 типов окраски зерна [17]. Однако в качестве основных типов В.А. Ильин [15] выделил 6: белая с морщинистым зерном, белая, коричневая, серая, кремовая (жёлтая) и красная. Н.П. Тихонов (2006) отдельным типом назвал бронзовую окраску зерна. Большое разнообразие оттенков, окрасок объясняется неполным доминированием соответствующих генов и константной гетерогенностью проса.

Несмотря на сложный характер наследования, к настоящему времени сложились чёткие представления о доминировании при скрещиваниях образцов с различной окраской зерна. Так, установлено, что белозёрные легкообрушиваемые (лептодермальные – ЛД) формы доминируют над белозёрными обычными (тонкоплёчатыми – ТП). Те, в свою очередь, доминируют над коричневозёрными. Коричневозёрные – над серозёрными. Серозёрные – над формами с жёлтым (кремовым) зерном, те – над красноезёрными формами, которые являются рецессивными по всем соответствующим аллелям. В связи с вышеизложенным, данный признак хорошо подходит для выделения гибридов  $F_1$ .

Наследование антоциановой окраски обусловлено, по меньшей мере, двумя комплементарными генами. В  $F_1$  антоциановая окраска различной интенсивности всегда

доминирует [18]. К сожалению, данный признак подвержен существенному влиянию условий произрастания. В отдельные годы антоциановая окраска может быть почти незаметна, поэтому В.Д. Красавин [4] не включил её в число признаков предложенной им классификации сорного проса. Но, по нашему мнению, в отдельных случаях данный признак может использоваться при выявлении гибридов  $F_1$ .

Таким образом, благодаря чётко проявляющимся в  $F_1$  признакам, преодолевается основной недостаток способа естественной гибридизации. Невозможность выявить гибридные зёрна на материнском растении также не является проблемой. Для этого должны быть высеяны все семена с метёлки, подвергавшейся свободному переопылению. Благодаря маркерным признакам все гибридные растения в  $F_1$  могут быть выявлены. Также при данном способе гибридизации отпадает необходимость контроля за процессом скрещивания и проведения технически сложных и трудоёмких работ. Не столь серьёзна и проблема зависимости уровня перекрёстного опыления от погодных условий. При неблагоприятных условиях для опыления, с учётом отсутствия затрат труда, любая комбинация может быть повторена в другой, более благоприятный год.

Важным моментом в работе по естественной гибридизации, по нашему мнению, является наличие признаковых и генетических коллекций, благодаря которым существенно облегчается подбор пар для скрещиваний. Коллекция проса посевного ВНИИЗБК насчитывает более 300 образцов, обладающих теми или иными селекционно ценными признаками. Так, например, коллекция сортов насчитывает 77 образцов 13-ти разновидностей, в том числе 42 – с красным зерном, 29 – с жёлтым (кремовым), 3 – с коричневым, 2 – с белым, 1 – с бронзовым. Ранее описанная группа доноров различных генов содержит 3 белозёрных образца, 3 – коричневозёрных, 3 – кремовозёрных. Группа крупнозёрных форм насчитывает более 70 линий 18-ти разновидностей, в том числе 22 – с красным зерном, 22 – с кремовым (жёлтым), 16 – с коричневым, 14 – с белым [19]. Всего в коллекции имеется более 90 белозёрных лептодермальных и тонкоплёчатых образцов, более 50 коричневозёрных, более 70 кремовозёрных, а также несколько образцов с бронзовой окраской зерна. Наличие большого разнообразия исходных форм позволяет оптимально подобрать отцовскую форму, чтобы в  $F_1$  чётко выделить гибридные растения.

Целью работы стало установление возможности использования перекрёстного опыления проса для получения естественных гибридов нужных комбинаций. В процессе исследований нам необходимо было решить следующие задачи. Во-первых, ликвидировать затраты труда на кастрацию и опыление цветков. Во-вторых, за счёт организации размещения селекционных посевов исключить или существенно уменьшить вероятность опыления материнских растений формами, способными затруднить установление отцовства гибридов. В-третьих, выявить уровень естественного переопыления проса, характерный для Орловской области в последние годы. В-четвёртых, установить зависимость степени перекрёстного опыления от условий года. В-пятых, получить гибриды проса от естественного переопыления для дальнейшей селекционной работы. В-шестых, разработать методические аспекты создания новых генотипов проса посевного с использованием естественной гибридизации.

#### **Материал и методика исследований**

Опыт по естественному переопылению проса проводился в 2014-2016 годах, выявление гибридов  $F_1$  и установление уровня перекрёстного опыления – в 2015-2017 годах. В качестве материнских форм были взяты сорта: Быстрое (красное зерно, развесистая метёлка, антоциановая окраска, раннеспелый), Крупноскорое (светло-красное зерно, развесистая метёлка, антоциановая окраска, среднеранний), Спутник (красное зерно, развесистая метёлка, без антоциана, среднеранний), Привольное (тёмно- красное зерно, развесистая метёлка, антоциановая окраска, среднепоздний). В качестве отцовских – Славянское (кремовое зерно, развесистая метёлка, антоциановая окраска, среднеранний) и Казачье (кремовое зерно, сжатая метёлка, без антоциана, среднепоздний).



Семена высевали широкоявно (междурядья – 45 см) кассетной сеялкой СКС – 6-10. Делянки отцовской формы четырёхрядковые, площадью 21,6 и 7,2 м<sup>2</sup>, норма высева – 100 семян на 1 пог. м. Семена материнской формы высевались одновременно, на 2 пог. м. одного из средних рядков, по 25 штук на 1 пог. м., чтобы уменьшить вероятность переопыления материнских растений между собой. Непосредственно рядом располагались делянки конкурсного сортоиспытания и контрольного питомника краснозёрных линий. Контрольный питомник кремозёрных, белозёрных и коричневозёрных линий размещался отдельным блоком на расстоянии 8 м с защиткой краснозёрного сорта. Дата посева: в 2014 году – 23 мая, в 2015 – 22 мая, в 2016 – 4 июня.

В течение вегетационного периода не проводилось никаких работ, связанных с гибридизацией растений, были сделаны только необходимые учёты и фенологические наблюдения. Уборка и обмолот материнских метёлок осуществлялись индивидуально.

На следующий год потомства материнских растений высевались в гибридном питомнике отдельными делянками площадью 3,6 и 1,8 м<sup>2</sup> (1/2 делянки). При уборке выявлялись гибриды F<sub>1</sub> и производился подсчёт растений на делянке. Ежегодно высевалось 5-11 потомств по каждой родительской паре. Результаты переопыления сопоставлялись с погодными условиями (по данным метеостанции г. Орёл) за период цветения родительских форм (Агрометеобюллетень. Орловский ЦГМС, 2014, №4; 2015, №4; 2016, №4).

### Результаты и обсуждение

Годы проведения эксперимента значительно различались по метеорологическим условиям, что оказывало влияние на темпы развития растений и сроки наступления фенофаз у изучаемых сортов (табл. 1).

Таблица 1

**Наступление фенофаз у сортов проса**

| Сорт         | Год  | Всходы | Вымётывание | Цветение |               |
|--------------|------|--------|-------------|----------|---------------|
|              |      |        |             | Начало   | Окончание     |
| Быстрое      | 2014 | 2.VI   | 6.VII       | 8.VII    | 17.VII-22.VII |
|              | 2015 | 1.VI   | 27.VI       | 29.VI    | 8.VII-13.VII  |
|              | 2016 | 17.VI  | 10.VII      | 12.VII   | 21.VII-26.VII |
| Крупноскорое | 2014 | 2.VI   | 8.VII       | 10.VII   | 19.VII-24.VII |
|              | 2015 | 1.VI   | 3.VII       | 5.VII    | 14.VII-19.VII |
|              | 2016 | 17.VI  | 14.VII      | 16.VII   | 25.VII-30.VII |
| Спутник      | 2014 | 2.VI   | 12.VII      | 14.VII   | 23.VII-28.VII |
|              | 2015 | 1.VI   | 2.VII       | 4.VII    | 13.VII-18.VII |
|              | 2016 | 17.VI  | 13.VII      | 15.VII   | 24.VII-29.VII |
| Привольное   | 2014 | 2.VI   | 15.VII      | 17.VII   | 26.VII-31.VII |
|              | 2015 | 1.VI   | 9.VII       | 11.VII   | 20.VII-25.VII |
|              | 2016 | 17.VI  | 18.VII      | 20.VII   | 29.VII-3.VIII |
| Славянское   | 2014 | 2.VI   | 10.VII      | 12.VII   | 21.VII-26.VII |
|              | 2015 | 1.VI   | 4.VII       | 6.VII    | 15.VII-20.VII |
|              | 2016 | 17.VI  | 15.VII      | 17.VII   | 26.VII-31.VII |
| Казачье      | 2014 | 2.VI   | 15.VII      | 17.VII   | 26.VII-31.VII |
|              | 2015 | 1.VI   | 9.VII       | 11.VII   | 20.VII-25.VII |
|              | 2016 | 17.VI  | 19.VII      | 21.VII   | 30.VII-4.VIII |

Можно отметить, что в 2014 году массовое цветение у сортов Быстрое, Крупноскорое, Спутник и Славянское проходило во 2-й декаде июля, а у сортов Привольное и Казачье – в 3-й. В 2015 году сорт Быстрое массово цвёл в 1-й декаде июля, сорта Крупноскорое, Спутник, Славянское – в конце 1-й – начале 2-й декады, а Привольное и Казачье – во 2-й декаде. В 2016 году массовое цветение сорта Быстрое приходилось на 2-ю декаду, а остальных сортов – на 3-ю.

Погодные условия в период цветения сортов в 2014-2016 гг. не всегда были благоприятными (табл. 2).

Таблица 2

**Метеорологические условия цветения проса**

| Год  | Фактор                      | Июль     |          |          |
|------|-----------------------------|----------|----------|----------|
|      |                             | 1 декада | 2 декада | 3 декада |
| 2014 | t°C, ± к ср. многолетней    | +1,4     | +4,0     | +3,3     |
|      | Осадки,% от ср. многолетней | 21       | 3        | 0        |
| 2015 | t°C, ± к ср. многолетней    | +3,1     | -1,8     | -1,3     |
|      | Осадки,% от ср. многолетней | 22       | 116      | 145      |
| 2016 | t°C, ± к ср. многолетней    | +1,0     | +4,8     | +2,9     |
|      | Осадки,% от ср. многолетней | 144      | 203      | 120      |

Июль 2014 года благоприятствовал перекрёстному опылению проса как по температуре, так и по осадкам. Во 2-3 декадах, когда собственно и происходило цветение сортов, максимальная суточная температура превышала +25°C, за исключением 11 июля, когда наблюдалась пасмурная погода и небольшой дождь. Жаркая и сухая погода ускоряла развитие растений. Вероятно, эти условия также сокращали продолжительность периода цветения у сортов. В 2015 году погодные условия 1-й декады июля в целом способствовали открытому цветению проса, хотя 3 дня из 10 наблюдалась пасмурная погода с осадками. Вторая декада, однако, была неблагоприятной, поскольку 5 дней из 10 проходили дожди, ещё 3 дня – незначительные осадки при пасмурной погоде, а максимальная температура, кроме 2-х последних дней, не превышала +19...+24°C. Развитие растений замедлялось, а период цветения, вероятно, удлинялся. Большая часть цветения проса в 2016 году проходила при максимальных суточных температурах +25...+33°C, за исключением небольшого похолодания 19-22 июля. Это способствовало открытому цветению, однако частые обильные дожди (8 дней за 2 декады) и большая влажность воздуха отрицательно сказывались в отдельные дни на перекрёстном опылении.

Столь подробное описание погодных условий необходимо, по нашему мнению, для более чёткого представления об особенностях цветения и переопыления каждого сорта в разные годы.

Подсчёт общего числа растений и гибридов среди высевавшихся потомств материнских растений, проведенный в 2015-2017 гг., дал следующие результаты (табл. 3-5).

Таблица 3

**Результаты естественного перекрёстного опыления сортов проса в 2014 году**

| Сорт           | Славянское |                | Казачье   |                |
|----------------|------------|----------------|-----------|----------------|
|                | РВ*, дней  | % (лимиты)     | РВ*, дней | % (лимиты)     |
| Быстрое        | 4          | 1,0(0,2...1,6) | 9         | 0,4(0...2,3)   |
| Крупноскорое   | 2          | 2,6(1,2...7,6) | 7         | 0,9(0...3,3)   |
| Спутник        | 2          | 3,3(0,9...8,4) | 3         | 1,2(0...3,3)   |
| Привольное     | 5          | 1,0(0...1,9)   | 0         | 1,1(0,3...1,8) |
| <b>Среднее</b> | <b>3</b>   | <b>2,0</b>     | <b>5</b>  | <b>0,9</b>     |

РВ\* - разница между датами вымётывания

Лучший процент естественных гибридов в 2014 году был в комбинациях Крупноскорое × Славянское (2,6%) и Спутник × Славянское (3,3%). Причём у отдельных материнских растений он достигал соответственно 7,6 и 8,4%. В целом, при благоприятных условиях для перекрёстного опыления, можно отметить, что чем меньше разница в вымётывании сортов, а, соответственно, больше продолжительность периода совместного цветения, тем выше процент естественных гибридов. Исключение составила комбинация Привольное × Казачье, в которой данный процент был на уровне комбинаций с 3-5-дневной разницей в вымётывании. Вероятно, это связано с некими сортовыми особенностями. Следует отметить получение гибридов в комбинации Быстрое × Казачье. Несмотря на существенную разницу 9 дней по дате вымётывания между раннеспелым и среднепоздним сортами, на многих материнских растениях завязались гибридные семена. При проведении искусственной

гибридизации с кастрацией цветков и принудительным опылением было бы очень сложно или практически невозможно найти подходящие для скрещивания растения.

В 2015 году процент гибридных зёрен на материнских метёлках оказался в разы ниже, чем в благоприятном 2014-м. Тем не менее, гибриды вновь были получены по всем изучавшимся комбинациям (табл. 4).

Таблица 4

**Результаты естественного перекрёстного опыления сортов проса в 2015 году**

| Сорт           | Славянское |                        | Казачье   |                      |
|----------------|------------|------------------------|-----------|----------------------|
|                | РВ*, дней  | % (лимиты)             | РВ*, дней | % (лимиты)           |
| Быстрое        | 7          | <b>0,1</b> (0...0,4)   | 12        | <b>0,1</b> (0...0,3) |
| Крупноскорое   | 1          | <b>0,6</b> (0,3...1,2) | 6         | <b>0,2</b> (0...0,6) |
| Спутник        | 2          | <b>0,9</b> (0,6...1,5) | 7         | <b>0,2</b> (0...0,6) |
| Привольное     | 5          | <b>0,4</b> (0...0,9)   | 0         | <b>0,4</b> (0...0,9) |
| <b>Среднее</b> | <b>4</b>   | <b>0,5</b>             | <b>6</b>  | <b>0,2</b>           |

РВ\* - разница между датами вымётывания

Лучшими по проценту естественных гибридов вновь стали комбинации Крупноскорое × Славянское (0,6%) и Спутник × Славянское (0,9%). Максимальные значения на отдельных материнских растениях – 1,2-1,5%, что в 5,5-6 раз ниже 2014 года. В условиях 2015 года подтвердились тенденции, отмеченные нами годом ранее. Более низкая средняя температура воздуха во второй половине цветения (на 4,6...5,8 °С) замедляла развитие растений, что сказывалось и на разнице в дате начала цветения сортов, и на продолжительности самой фазы. Так, даже у раннеспелого сорта Быстрое продолжительность цветения составляла не менее 12-ти дней. Несмотря на относительно низкий процент естественной гибридизации, учитывая довольно большое число семян на материнских растениях (до 600-800), можно было получить достаточное количество исходного материала (гибридов) для дальнейшей селекционной работы.

В 2016 году полученный результат был несколько хуже, чем в 2014-м, но лучше, чем в 2015-м (табл. 5).

Таблица 5

**Результаты естественного перекрёстного опыления сортов проса в 2016 году**

| Сорт           | Славянское |                        | Казачье   |                      |
|----------------|------------|------------------------|-----------|----------------------|
|                | РВ*, дней  | % (лимиты)             | РВ*, дней | % (лимиты)           |
| Быстрое        | 5          | <b>0,8</b> (0,5...1,1) | 9         | <b>0,2</b> (0...1,1) |
| Крупноскорое   | 1          | <b>3,9</b> (1,3...6,1) | 5         | <b>0,5</b> (0...1,2) |
| Спутник        | 2          | <b>1,6</b> (0...3,7)   | 6         | <b>0,6</b> (0...2,2) |
| Привольное     | 3          | <b>0,3</b> (0...1,1)   | 1         | <b>0,6</b> (0...1,1) |
| <b>Среднее</b> | <b>3</b>   | <b>1,6</b>             | <b>5</b>  | <b>0,5</b>           |

РВ\* - разница между датами вымётывания

Наибольший процент естественных гибридов, как и в предыдущие годы, был в комбинациях Крупноскорое × Славянское (3,9%) и Спутник × Славянское (1,6%). Лучшие материнские растения дали соответственно 6,1 и 3,7% гибридных семян, что в 1,2-2,3 раза ниже, чем в 2014 году, но в 2,5-5 раз выше, чем в 2015-м. Все тенденции предыдущих лет сохранились, гибриды получены по всем комбинациям. К особенностям года можно отнести тот факт, что уровень естественной гибридизации между более раннеспелыми сортами приближался к уровню 2014 года, а в комбинациях с участием среднепоздних сортов Привольное и Казачье был примерно в 2 раза ниже. Вероятно, это связано с частыми осадками в данный период, поскольку температурный фон был достаточно высок.

Таким образом, сопоставив полученные за 3 года данные, можно сделать определённые обобщения относительно возможности и уровня естественного переопыления сортов проса различного типа хозяйственной спелости (табл. 6).

Таблица 6

**Естественное перекрёстное опыление сортов проса, среднее за 2014-2016 гг.**

| Сорт           | Славянское |            | Казачье   |            |
|----------------|------------|------------|-----------|------------|
|                | РВ*, дней  | %          | РВ*, дней | %          |
| Быстрое        | 5          | <b>0,6</b> | 10        | <b>0,2</b> |
| Крупноскорое   | 1          | <b>2,4</b> | 6         | <b>0,5</b> |
| Спутник        | 2          | <b>1,9</b> | 5         | <b>0,7</b> |
| Привольное     | 4          | <b>0,6</b> | 0         | <b>0,7</b> |
| <b>Среднее</b> | <b>3</b>   | <b>1,4</b> | <b>5</b>  | <b>0,5</b> |

РВ\* - разница между датами вымётывания

Как показывают результаты, естественная гибридизация возможна даже между раннеспелыми и среднепоздними формами. Так, в комбинации Быстрое × Казачье процент гибридных зёрен на материнских растениях в среднем за 3 года составил 0,2% (при разнице в вымётывании 9-12 суток). Просматривается определённая закономерность: разница в вымётывании 1-2 дня позволяет в наших условиях получать в среднем 1,9-2,4% гибридных семян, 4-6 дней – 0,5-0,7%, 10 дней – 0,2%. Исключением стала комбинация Привольное × Казачье, в которой процент гибридных семян составил 0,7, при почти полном совпадении периода цветения. Вероятно, это связано с какими-то особенностями родительских сортов.

Таким образом, в результате наших исследований установлена возможность получения в условиях Орловской области естественных гибридов проса нужных комбинаций без затрат ручного труда на кастрацию и опыление цветков.

Проведена оценка уровня естественного переопыления. В зависимости от комбинации скрещивания процент естественных гибридов в среднем за 3 года составил 0,2-2,4. В наиболее благоприятном для перекрёстного опыления проса 2014 году он был выше – 0,4-3,3, а в потомствах отдельных растений достигал 7,6-8,4. Наши данные вполне согласуются с данными других авторов. Так, опытами Ю.С. Колягина и Т.А. Горбатенко [20], проведёнными в Чернозёмной зоне РФ, установлен уровень перекрёстного опыления проса в пределах от 1,75 до 2,95%. С.И. Константинов [7] для условий лесостепи Украины приводит уровень 0,41...1,91%. При этом Ю.С. Колягин и Т.А. Горбатенко [20] считают такой уровень перекрёстного опыления невысоким. Однако В.Д. Красавин [4], рассматривая этот вопрос с точки зрения засорения посевов проса посевного гибридами сорно-полевого проса, оценивает данный уровень как высокий. Мы, оценивая полученные нами результаты с точки зрения селекции, также считаем его достаточным. Учитывая, что большинство материнских метёлок имели по 400-800 семян, можно рассчитывать на получение (в наиболее близких по вымётыванию родительских форм комбинациях) в среднем по 6-20 гибридных растений с каждого потомства.

Установлено, что наибольшее количество естественных гибридов образуется при наименьшей разнице по датам вымётывания родительских форм. С увеличением этой разницы процент гибридов снижается. Также отмечено, что в условиях Орловской области разница в вымётывании между родителями 9-12 дней (в среднем 10) не препятствует получению гибридов, хотя и в очень ограниченном количестве.

Выявлено влияние погодных условий на уровень естественной гибридизации. По литературным данным, цветение проса происходит в диапазоне температур от +16°C до +40°C. Оптимальными же являются +22...+35°C. Поэтому условия 2 и 3 декад июля 2014 года, когда максимальная суточная температура воздуха достигала +25...+33°C, при отсутствии осадков, можно считать оптимальными для перекрёстного опыления. Среднесуточная температура в эти дни составляла +20...+24°C. Во 2 декаде июля 2015 года условия сложились значительно хуже, максимальная температура от +19°C до +24°C при среднесуточной +13...+17°C. Кроме того, 5 дней из 10 наблюдались существенные осадки. В итоге, по всем изучавшимся комбинациям уровень естественной гибридизации был примерно в 4 раза ниже, чем в 2014 году. В 2016 году 2 и 3 декады июля (за исключением 3-х дней) по температуре были близки ко 2 и 3 декадам июля 2014 года (максимальная

+25...+33°C, среднесуточная +19...+26°C), а по осадкам – ко 2 декаде июля 2015 года (8 дней из 20 – дождливые). Соответственно, получены промежуточные результаты по проценту естественных гибридов. Исходя из вышеизложенного, понижение температуры воздуха ниже оптимальной и выпадение осадков в период цветения снижает процент естественных гибридов у проса. И.В. Яшовский [18] отмечает, что ни высокая влажность воздуха, ни дожди, не препятствуют цветению проса. Однако эти факторы явно препятствуют переносу пыльцы с растения на растение. Поэтому мы считаем, что в дождливые дни у проса происходит самоопыление, что, конечно, снижает уровень естественной гибридизации.

Следует обязательно отметить тот факт, что в потомствах материнских растений нам не встречались гибриды с белой или коричневой окраской зерна. Это свидетельствует о том, что переопыления со стороны бело-, коричнево- и кремовозёрных форм, расположенных в отдельном питомнике на расстоянии 8 м с защиткой красноезёрного сорта, не было. Объяснение данному факту может быть следующее. По данным ряда авторов [10,21] пыльца проса слабо переносится ветром. И.В. Яшовский [18] указывает, что на расстоянии 1 м от крайних рядков посева проса число пыльниковых зёрен в воздухе снижалось более чем в 10 раз. Однако Б.В. Ежов [14] показал, что около 7-10% пыльцы может переноситься ветром на 500-700 м. По нашему мнению, на значительные расстояния переносится пыльца с крайних растений посева, а пыльца с бело-, коричнево- и кремовозёрных образцов контрольного питомника в нашем случае была задержана красноезёрными растениями защитки. Даже если пыльца растений защитки попадала на материнские формы из опыта, это не могло повлиять на результат наших исследований, поскольку все гибриды F<sub>1</sub> в опыте имели кремовую окраску зерна. Данное объяснение факту отсутствия гибридов с белой или коричневой окраской зерна представляется нам наиболее правильным. Вышеизложенные соображения могут быть использованы при разработке методики получения естественных гибридов.

Помимо исследовательских целей, нами были получены гибриды по 8 комбинациям, перспективные для дальнейшей селекционной проработки.

### Выводы

1. В условиях Орловской области возможно получение естественных гибридов проса нужных комбинаций скрещивания. Установлена возможность скрещивания раннеспелых и среднепоздних форм с разницей по дате выметывания до 10 дней.

2. Уровень естественной гибридизации зависит от комбинации скрещивания, а именно от разницы между датами начала цветения родительских форм. При минимальной разнице он составляет в среднем 1,5-2%, при разнице 10 дней – около 0,2%.

3. Уровень естественного перекрёстного опыления проса зависит от температуры воздуха и выпадения осадков в период цветения родительских форм. При оптимальных условиях (максимальная суточная температура +25...+35°C, отсутствие осадков) в отдельных комбинациях он приближается к 4%, при понижении температуры и увеличении числа дождливых дней – снижается весьма существенно.

4. Использование естественного перекрёстного опыления проса позволяет избавиться от затрат ручного труда на кастрацию и опыление цветков.

5. Простота выявления гибридов F<sub>1</sub> в потомствах материнских растений основана на использовании маркерных признаков – окраски зерна, формы метёлки, иногда антоциановой окраски.

6. При получении естественных гибридов следует добиваться изоляции форм, участвующих в скрещивании, от форм, сходных с отцовскими по маркерным признакам, за счёт размещения посевов и использования защитных полос проса определённых разновидностей.

### Литература

1. Фрувирт К. Селекция колониальных растений. – Департамент земледелия, – СПб, – 1915. – 198 с.
2. Максимчук Л.П., Максимчук И.Х. Биология цветения и методика гибридизации проса // Тридцать лет селекционно-семеноводческой работы. – М.: Сельхозгиз, – 1956. – С. 190-216.
3. Лысов В.Н. Просо. – Л.: Колос, – 1968. – 224 с.
4. Красавин В.Д. Просо сорное и его взаимодействие с просом посевным. – Оренбург, – 2002. – 201 с.

5. Асеева Л.М. О методике и технике скрещивания проса // Селекция и семеноводство, – 1940, – № 3. – 33 с.
6. Журавель Б. Н. О биологии цветения проса в условиях БССР // Сб. науч. тр. Института соц. сел. хоз-ва АН БССР. – 1956, вып. 4. – С. 249-254.
7. Константинов С.И. и др. Естественная гибридизация проса // Селекция и семеноводство. – Киев, – 1976, вып. 34. – С. 41-44.
8. Яшовский И.В. Особенности биологии цветения проса и использование их в селекции // Селекция и семеноводство проса. – М.: Колос, – 1973. – С. 89-95.
9. Яковлев А.Г. К вопросу биологии цветения проса // Науч. тр. ВНИИЗБК. – Орёл, – 1966, т. 1. – С. 52-59.
10. Арнольд Б.М., Шибяев П.Н. Ботанико-агрономическая характеристика проса обыкновенного – *Panicum miliaceum* L. // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, – 1929, т. 22, вып. 2. – С. 231-296.
11. Онисков Н.Т. Морфологические и биологические приспособления проса к переопылению ветром// Селекция, семеноводство, садоводство и защита растений. – Целиноград, – 1971. – С. 39-53.
12. Соболев Н.А., Примаков Н.Н. О методике поисковых работ в области селекции проса на гетерозис / Гречиха и просо. – Орёл, – 1967. – С. 405-440.
13. Методические подходы к созданию устойчивого и эффективного растениеводства в условиях глобального изменения климата (на примере Орловской области) // Практические рекомендации. – Орёл: ОрёлГАУ, – 2015. – 68 с.
14. Ежов Б.В. Биология цветения проса // Науч. отчёт Карагандинской СХОС за 1941-1942 гг. – М.: Сельхозгиз, – 1947.
15. Ильин В.А. Избранные труды. – Саратов, – 1994, т. 1. – 278 с.
16. Попов Б.В. Использование гаметоцида этрел при гибридизации проса// Науч. тр. Куйбышевского НИИСХ, – 1979, вып. 2. – С. 73-81.
17. Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. Методические указания. Изучение мировой коллекции проса.// Под ред. Г.Е. Шмараева. – Л.: ВИР, – 1988. – 30 с.
18. Яшовский И.В. Селекция и семеноводство проса. – М.: Агропромиздат, – 1987. – 256 с.
19. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Крупнозёрные формы проса посевного в коллекции ВНИИЗБК // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2017. – № 4. – С. 70-72.
20. Колягин Ю.С., Горбатенко Т.А. Особенности опыления проса в Чернозёмной зоне России/ Биология, селекция и семеноводство зерновых культур. – Каменная степь, – 1981. – С. 69-72.
21. Крапива Л.А. Селекция и семеноводство проса // Работы по селекции и семеноводству зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав. – Киев, – Харьков, – 1950, вып. 1. – С. 72-76.

## POSSIBILITY TO USE NATURAL CROSS-POLLINATION OF MILLET IN PLANT BREEDING

A.I. Kotlyar

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** A study of a large amount of data in the literature on the issue of cross-pollination of millet was performed. The possibility of using cross-pollination of millet for obtaining natural hybrids for breeding purposes, without labor costs for castration and pollination of flowers, has been established. The level of natural transpollination of millet characteristic of the Oryol region is revealed. The dependence of the degree of cross-pollination on meteorological conditions has been established. Natural hybrids were obtained in 8 combinations for further selection work.

**Keywords:** millet, cross-pollination, hybridization methods, natural hybrids, collections, grain coloring.

## АДАПТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ПРОСА СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «НИИСХ ЮГО-ВОСТОКА»

**Н.П. ТИХОНОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**Т.В. ТИХОНОВА, А.А. МИЛКИН**

ФГБНУ НИИСХ ЮГО-ВОСТОКА  
E-mail: alex\_druzhin@mail.ru

*Наиболее объективными оценками эффективности селекции проса (и других культур) на адаптивность к различным почвенно-климатическим условиям являются результаты изучения сортов ФГБУ «Госсорткомиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» в различных прососеющих регионах. Результаты конкурсного испытания в НИУ даже на фоне резко варьирующих климатических факторов позволяют отбирать только потенциально адаптированные генотипы, относительно объективное ранжирование которых по селективируемым признакам становится возможным только в результате многолетних исследований.*

**Ключевые слова:** просо посевное, селекция, сорта, адаптивность, урожайность.

В селекционной работе с любой культурой одна «общая» цель – создание новых генотипов, адаптированных к широкому спектру почвенно-климатических условий в сочетании в комплексе с другими хозяйственно ценными признаками. Большинство сортов проса посевного саратовской селекции обладают комплексом ценных признаков, включая «высокую» адаптивность к условиям различных прососеющих регионов. Достаточно вспомнить, что «первенец» – Саратовское 853 (был районирован с 1933 г.) – занимал в наиболее благоприятные годы до 75% посевных площадей под культурой в бывшем СССР. Саратовское 6 и Саратовское 10, помимо европейских регионов (5, 7, 8, 9), рекомендованы к возделыванию в Западной Сибири, Саратовское 12 – в Восточной Сибири. Саратовское жёлтое «дошло» до Дальнего Востока (табл. 1). В этой связи важное значение (с практической и теоретической точек зрения) имеет анализ проблемы – относительно «однотипны» или генетически неидентичны созданные сорта по адаптационному потенциалу? При этом мы учитывали, что уровень «теоретической изученности» феномена «адаптивность растений» достаточно поверхностен, несмотря на многочисленные публикации и «косвенные» показатели, применяемые для её характеристики [1, 2, 3].

Цель данной работы – оценка адаптивности и потенциала урожайности зерна сортов проса саратовской селекции на фоне резко варьирующих климатических факторов [4].

### Материал и методика

Для изучения результатов селекции проса на адаптивность использованы: 1 – многолетние данные испытания сортов проса на сортоучастках Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений (в виде информации из ежегодно публикуемых Госреестров селекционных достижений); 2 – многолетние результаты конкурсного испытания сортов собственной селекции. Методы оценки результатов селекции на комплекс признаков в конкретных почвенно-климатических условиях – типичные для самоопыляющихся культур.

### Результаты и их обсуждение

При оценке результативности селекции проса (равно как и других культур) на адаптивность фактически наиболее объективными и достоверными являются многолетние результаты работы Госсорткомиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений. В этой связи данные из Госреестра 2018 г. отчётливо показывают, что наибольшее



распространение (в географическо-климатическом плане) на протяжении многих лет имеют сорта селекции НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов) и ВНИИЗБК (г. Орёл). Большинство же сортов из числа рекомендованных к использованию находят применение в одном, реже – в двух и/или более регионах РФ (табл. 1).

При анализе результатов конкурсного испытания проса в условиях Саратова (табл. 2), прежде всего, обращают на себя внимание резкие различия урожайности зерна в чередё лет, что подчёркивает «суровые» характеристики климата региона [4]. Однако и на этом «пёстром» фоне достаточно отчётливо видно, что рекомендованные к возделыванию сорта проса (и созданные в одном и том же НИУ) по адаптивности генетически не идентичны.

Таблица 1

**Распространение некоторых сортов проса по регионам РФ  
(Госреестр селекционных достижений, 2018 г.)**

| Сорт                                 | Год<br>внесения<br>в Госреестр | Регионы допуска              | Количество<br>регионов<br>допуска |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Сорта селекции НИИСХ Юго-Востока: |                                |                              |                                   |
| Саратовское 6                        | 1984                           | 5, 7, 8, 10                  | 4                                 |
| Ильиновское                          | 1996                           | 6, 7, 8                      | 3                                 |
| Саратовское 10                       | 1999                           | 5, 7, 8, 9, 10               | 5                                 |
| Золотистое                           | 2001                           | 5, 6, 8                      | 3                                 |
| Саратовское 12                       | 2005                           | 5, 6, 8, 9, 11               | 5                                 |
| Саратовское желтое                   | 2009                           | 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 | 9                                 |
| 2. Сорта селекции других НИУ России: |                                |                              |                                   |
| Быстрое*                             | 1989                           | 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11         | 7                                 |
| Благодатное*                         | 1992                           | 5, 7, 10                     | 3                                 |
| Квартет*                             | 2001                           | 3, 5                         | 2                                 |
| Спутник*                             | 2009                           | 3, 4, 5, 7, 9, 11            | 6                                 |
| Привольное*                          | 2018                           | 5, 10                        | 2                                 |
| Камышинское 95                       | 1998                           | 5, 8                         | 2                                 |
| Камышинское 98                       | 2001                           | 8, 9                         | 2                                 |
| Россиянка                            | 2011                           | 5, 7                         | 2                                 |
| Оренбургское 20                      | 2001                           | 9                            | 1                                 |
| Данила                               | 2012                           | 9                            | 1                                 |
| Степное 9                            | 2018                           | 5                            | 1                                 |

Примечание: \* – сорта селекции ВНИИЗБК (г. Орёл)

Очевидно, что адаптивность к агроклиматическим условиям, варьирующим в течение вегетации, имеет сортоспецифический характер, особенно отчётливо проявляющийся в отдельные годы. Такое заключение подтверждается следующими данными:

**2005 г.:** максимальная урожайность зерна у Саратовского 12 (20,5 ц/га) и Саратовского жёлтого (20,3 ц/га) при очевидно «неудачной» вегетации для Золотистого (15,3 ц/га) и «провальной» – для среднескороспелого сорта Саратовское 6 - 10,9 ц/га (при 14,0 ц/га у Саратовского 853);

**2007 г. и 2013 г.:** новый сорт Саратовское жёлтое – однозначный лидер по урожайности зерна; **2008 г.:** максимальные и равные показатели у двух сортов : Саратовского 12 (29,5 ц/га) и Саратовского жёлтого (29,6 ц/га); Саратовское 10 сравнялось с Саратовским 853;

**2009 г.:** лучшие данные по урожайности – у Саратовского 12 (31,7 ц/га) и Золотистого (31,6 ц/га) при достоверном отставании Саратовского жёлтого (27,8 ц/га);

**2010 г.:** максимальную адаптированность к условиям жесточайшей и продолжительной засухи проявило Саратовское 12;

**2006 г. и 2017 г.:** наиболее урожайными в эти годы оказались жёлтозёрные сорта (в т.ч. новые поступления в КСИ).

В то же время в течение ряда лет, несмотря на очевидные погодные различия, дифференциация по урожайности зерна (и другим признакам) между новыми сортами (т.е. лучшими среди районированных и сравниваемыми с ними перспективными генотипами) либо отсутствует, либо она совершенно неубедительна. Например, в 2011, 2012, 2015 и 2016 гг. все 4 новых сорта по урожайности зерна достоверно превосходили старые и одновременно были относительно равны между собой (включая новые поступления в КСИ или исключая отдельные из них). После таких вегетаций возрастает вероятность потери ценных генотипов, поскольку перед селекционером постоянно стоит одна и та же сложная проблема – какие новые сортообразцы забраковать, чтобы продвинуть в следующие питомники лучшие в сложившихся условиях?

При изучении комплекса признаков у сортов проса в условиях часто проявляющихся стрессовых климатических факторов приходится учитывать, что адаптивность зачастую является «маскирующим» фактором («конкурентом» высокого урожая зерна) для выявления генотипов с потенциально высокой продуктивностью растений. Из таблицы 2 видно, что Саратовскому жёлтому только однажды (в 2013 г.) за анализируемый период лет удалось проявить свой относительно высокий потенциал по урожайности зерна. Примерно схожая ситуация имела место в 1993 г.: урожайность зерна у среднепозднего нового сорта Саратовское 8 (включён в Госреестр селекционных достижений в 1991 г.) составил 39,0 ц/га (при 37,3 ц/га у – Саратовского 10). Однако в 2001 г. агроклиматические факторы резко изменили картину: урожайность зерна у Саратовского 8 составила всего 8,7 ц/га при 15,9 ц/га у будущего Саратовского 12.

В КСИ и в других питомниках регулярно появляются сортообразцы с высокой урожайностью зерна («сортообразцы на один - два года»), которые при последующем изучении уходят в брак из-за низкой адаптированности к новым комбинациям агроклиматических условий [4].

В связи с климатическими особенностями европейского Юго-Востока РФ (резкие колебания метеофакторов как по годам, так и в течение одного сезона, часто повторяющиеся засухи разной степени интенсивности и др.) [4] селекция на максимально возможную адаптивность к «местному» климату осуществляется, в определённом смысле, в «автоматическом режиме»: сортообразцы без «необходимого» уровня жаро- и/или засухоустойчивости не смогут сформировать ни конкурентоспособный урожай зерна, ни его качество и неизбежно выбраковываются. Особенности климата обусловлены и методические аспекты нашей работы: базовым генофондом для создания новых сортов проса на протяжении многих лет являются гибриды, созданные на основе местного материала. Подавляющее большинство сортов инорайонной селекции не используются в гибридизации, поскольку не обладают необходимым уровнем адаптивности (включая жаро- и засухоустойчивость) и по этой причине чаще всего служат разрушителями коадаптированных блоков генов, контролирующих комплекс важнейших и сложнейших признаков. Однако и при изучении саратовского генофонда проса существуют проблемы. Главная из них – выявление наиболее важных характеристик новых селекционных вариантов (включая их адаптационные возможности), поскольку большинство предположительно перспективных сортообразцов изучаются в КСИ, как правило, не более 1-3 лет., а этого срока явно недостаточно для их всесторонней и объективной оценки. Например, в условиях уникальной засухи, случившейся в 2010 г., несколько сортообразцов проса, впервые включённых в конкурсное испытание, были забракованы «на корню», поскольку не смогли завершить фазу «вымётывание». В то же время рекомендованные к возделыванию сорта (от Саратовского 6 до Саратовского жёлтого) показали высочайшую «живучесть» в условиях длительного дефицита воды и беспощадной жары и сформировали минимально возможный урожай зерна (5,0...7,4 ц/га). При этом выяснилось, что растения самого распространённого (по посевным площадям) краснозёрного сорта Саратовское 10, вполне «живучие» в другие

экстремальные годы (например, в 1998 г.), в условиях 2010 г. оказались «замыкающими» среди признанных сортов.

Таблица 2

**Урожайность зерна у некоторых сортов проса саратовской селекции  
в разные годы изучения (конкурсное сортоиспытание. \*)**

| Годы                                 | Урожайность зерна у сортов проса, ц/га |             |             |             |             |             |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                      | С-853                                  | С-6         | С-10        | С-12        | Зол         | С. ж.       |
| 2005                                 | 14,0                                   | 10,9        | 17,0        | <b>20,5</b> | 15,3        | <b>20,3</b> |
| 2006                                 | 22,1                                   | 20,4        | 27,6        | 26,9        | <b>28,8</b> | <b>29,9</b> |
| 2007                                 | 24,7                                   | 22,4        | 25,4        | 25,8        | 24,3        | <b>29,1</b> |
| 2008                                 | 24,2                                   | 21,8        | 24,9        | <b>29,5</b> | <b>27,2</b> | <b>29,6</b> |
| 2009                                 | 24,0                                   | 22,1        | 24,7        | <b>31,7</b> | <b>31,6</b> | 27,8        |
| <b>2010**</b>                        | 5,9                                    | 6,1         | 5,0         | <b>7,1</b>  | 6,3         | 6,2         |
| 2011                                 | 22,8                                   | 21,2        | <b>25,7</b> | <b>25,6</b> | <b>27,1</b> | <b>26,7</b> |
| 2012                                 | 17,0                                   | 17,8        | <b>21,8</b> | <b>22,2</b> | <b>22,0</b> | <b>23,0</b> |
| <b>2013**</b>                        | 28,4                                   | 27,2        | 32,0        | 34,4        | 32,6        | <b>36,7</b> |
| 2014                                 | 22,9                                   | 21,2        | 24,0        | <b>26,2</b> | 23,8        | <b>27,3</b> |
| 2015                                 | 22,0                                   | 20,9        | <b>24,7</b> | <b>26,2</b> | <b>26,8</b> | <b>25,9</b> |
| 2016                                 | 13,2                                   | 11,9        | <b>17,4</b> | <b>16,7</b> | <b>17,8</b> | <b>16,7</b> |
| 2017                                 | 12,4                                   | 11,7        | 15,1        | 16,2        | <b>17,3</b> | <b>18,4</b> |
| <b>Средняя за 13 лет</b>             | <b>19,5</b>                            | <b>18,1</b> | <b>21,9</b> | <b>23,8</b> | <b>23,1</b> | <b>24,4</b> |
| <b>НСР<sub>0,05</sub> = 2,1 ц/га</b> |                                        |             |             |             |             |             |

Примечания: \* – годы изучения в КСИ **Саратовского жёлтого**; обозначения сортов: С – Саратовское ..., Зол – Золотистое; С.ж. – Саратовское жёлтое; \*\* – 2010 г. и 2013 г – соответственно, годы с минимальной и максимальной урожайностью. *Жирным шрифтом выделена урожайность зерна у сортов-лидеров.*

Таким образом, в НИИСХ Юго-Востока создан уникальный генетико-селекционный материал с комплексом хозяйственно ценных признаков, по каждому из которых достигнуты очевидные результаты. Важнейшие из них - адаптированность к почвенно – климатическим факторам в сочетании с высокими урожайностью и качеством зерна и устойчивостью к лимитирующим болезням [5, 6, 7]. Индивидуальные признаки, характерные для конкретных сортов проса, являются основой для «рекомбинационных поисков» с целью создания новых сортов, превосходящих ранее созданные по всему комплексу признаков (либо по наиболее важным из них). В частности, расширение географии распространения саратовских сортов указывает на трансгрессивно-усиливающиеся приспособительные реакции в результате целенаправленной селекционной работы.

### Выводы

1. Сорты проса селекции НИИСХ Юго-Востока обладают сравнительно высокой и неидентичной адаптивностью (экологической устойчивостью) по отношению к резко варьирующим климатическим факторам европейских и зауральских регионов Российской Федерации.

2. Каждый сорт проса имеет индивидуальную генетическую конструкцию адаптационных реакций на складывающиеся погодные условия. Именно эти различия и обуславливают «провалы» и «максимумы» урожайности зерна у конкретных сортов в конкретном году.

3. Трансгрессивно-усиливающийся адаптивный потенциал у новых сортов (или, по крайней мере, сохраняющийся на уровне ранее созданных генотипов) является подтверждением результативности и методической обоснованности осуществляемой селекционной работы.

### Литература

1. Глуховцев В.В. Особенности адаптивной селекции зерновых культур в условиях Среднего Поволжья // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009, – № 1. – С. 12-13.
2. Гончаренко А.А. Проблема экологической устойчивости сортов зерновых культур и задачи селекции // Аграрный вестник Юго-Востока, – № 1-2, – 2015. – С. 32-35.
3. Ерошенко Л.М. Селекция ярового ячменя в условиях Центрального Нечернозёмья России // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009, – № 3. – С. 41-44.
4. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Иванова Г.Ф. Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010, – № 3-4 (6, 7). – С. 71-74.
5. Тихонов Н.П. Генетико-иммунологические основы селекции проса посевного на устойчивость к головне // Регуляция продукционного процесса с.-х. растений. Часть 2.. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора А.П. Лаханова, октябрь 2005 г, г Орёл, ВНИИЗБК. – Орёл, - 2006. – С 59-65.
6. Тихонов Н.П. Особенности и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2014, – № 2 (10). – С. 60-63.
7. Тихонов Н.П., Михайлов М.А. Селекционно-генетические аспекты содержания каротиноидов в зерне проса посевного // Зернобобовые и крупяные культуры», – 2016, – № 1 (17). – С. 68-74.

### ADAPTIVITY AND PRODUCTIVITY OF MILLET VARIETIES BRED BY THE FGBNU «AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE OF SOUTH-EAST»

N.P. Tihonov, T.V. Tihonova, A.A. Milkin

FGBNU «AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE OF SOUTH-EAST»

**Abstract:** The most objective assessments of the efficiency of selection of millet (and other crops) on adaptability to different soil and climatic conditions are the results of studying the varieties of FGBU by "Gossortskomissiya" of the Russian Federation for testing and protecting of selection achievements in various millet planting regions. The results of the competitive test, even against the background of sharply varying climatic factors, allow selecting only potentially adapted genotypes, which are relatively objectively ranked according to the selectable characteristics only as a result of many years of research.

**Keywords:** common millet, selection, varieties, variation in growing conditions, adaptation, yield.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11054

УДК 633.16: 631.527

### СЕЛЕКЦИЯ ГОЛОЗЁРНОГО ОВСА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук

В.И. ЗОТИКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

Ж.В. СТАРИКОВА, В.А. КОСТРОМИЧЕВА,

Д.В. НАУМКИН, кандидат сельскохозяйственных наук

А.А. ГОРЬКОВ, Ф.В. ТУГАРЕВА, С.Д. ВИЛЮНОВ

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье приводятся данные по созданию и изучению голозерных линий и сортов овса различного происхождения в северной части Центрально-Черноземного региона. Показаны биологические особенности голозерных форм. Новые селекционные линии голозерного овса более устойчивы к абиотическим факторам, имеют хорошо озёрнённые метелки, способны формировать урожайность зерна более 4-5 т/га, что составляет около 90% от плёнчатого стандарта сорта Борец и около 80% от высокоурожайного плёнчатого сорта Яков. Вместе с тем, сбор белка у голозерных форм был существенно выше, чем у плёнчатого стандарта. Максимальное превышение над плёнчатым стандартом по сбору белка у нового

сорта Самсон 57, в среднем составило 19%. Новый сорт голозёрного овса Самсон 57 явно отличается от любого общеизвестного сорта овса, соответствует требованиям однородности и стабильности, включен в Государственный реестр РФ с 2018 г. по Центрально-Чернозёмному региону. На основе кластерного анализа определены направления селекции плёнчатого и голозёрного овса с использованием специфичных маркерных генов, определяющих голозёрность и окраску наружной цветковой чешуи. Выделен исходный материал плёнчатого овса для селекции новых голозёрных форм.

**Ключевые слова:** селекция, овёс, голозёрность, линия, сорт, урожайность.

Современные тенденции выращивания овса направлены на использование голозёрных сортов в силу ряда их преимуществ [1, 2]. Зерновка плёнчатого овса плотно покрыта цветковыми чешуями, в тоже время как зерновка голозерного овса свободно расположена между цветковыми чешуями и во время обмолота легко отделяется от них. Именно из-за большого содержания цветковых пленок в зерне плёнчатого овса в процессе переработки получается низкий выход готовой продукции (45-50%). Кроме того, у ядра плёнчатого овса вся поверхность густо покрыта волосками. И хотя общая доля этих волосков составляет всего 1,5-3% от массы ядра, они снижают усвояемость и вкусовые качества крупы, поэтому в процессе переработки овса в крупу их удаляют. Продукты из овса отличаются наибольшей калорийностью по сравнению с другими крупяными продуктами, довольно высоким содержанием белка и жира. А благодаря наличию значительного количества слизистых веществ овсяные продукты обладают диетическими свойствами. В этих продуктах также содержится много витаминов – тиамин, рибофлавин, ниацин и ряд микроэлементов. Голозёрный овес используют для производства крупы (дробленой, плющеной), хлопьев, толокна, используют в детском и диетическом питании [3, 4].

В настоящее время селекция голозёрных сортов ведется во многих европейских странах (Германия, Украина, Финляндия, Великобритания, Франция, Польша, Швеция), а также в США, Канаде и Австралии [3]. За короткий период (2000-2018 гг.) в Российской Федерации в Государственный реестр благодаря успехам селекции внесено 10 голозёрных сортов овса, в Республике Беларусь – 4. Вместе с тем, для Центрально-Чернозёмного региона России допущено к использованию всего 2 сорта: Вятский с 2007 г. и Самсон 57 с 2018 г. [5, 6].

Следует отметить, что теоретически голозёрный сорт овса должен был бы иметь урожай зерна ниже плёнчатого на 15-20%, так как зерновая пленка, которая не имеет никакой биологической ценности, плёнчатого сорта составляет 22-27%.

Целью исследований является создание и выявление конкурентоспособных по урожайности голозёрных генотипов ярового овса при выращивании в северной части Центрально-Черноземного региона России и выделение исходного материала с комплексом положительных признаков.

#### **Материалы и методика исследований**

Объектом исследований служили плёнчатые и голозёрные сорта и селекционные линии овса ярового *Avena sativa* L. различного происхождения (Россия, Беларусь, Украина, Австрия, Германия), в том числе лучшие линии селекции ФГБНУ «ФНЦ ЗБК». Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра. Предшественник – пар. Почвы тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны. В конкурсном сортоиспытании общая площадь делянки составляла 16,5 м<sup>2</sup>. Учетная площадь делянки – 15 м<sup>2</sup>. Размещение делянок в опыте рендомизированное, повторность трехкратная. Перед посевом была внесена азофоска (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>) в количестве 150 кг/га. Посев осуществлялся селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Обработка посевов от сорняков проводилась в фазу кушения гербицидом Секатор Турбо 0,1 л/га, для защиты растений от вредителей применялся Кинфос 0,25 л/га. Фенологические наблюдения, учет поражения болезнями, оценку фенотипической

изменчивости количественных признаков проводили по общепринятым и широко апробированным в научных учреждениях методикам. Уборка – в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130. Экспериментальные данные обработаны методами дисперсионного и кластерного анализов. Кластерный анализ проведен путем определения Евклидова расстояния между кластерами с объединением по правилу невзвешенного центроидного метода (UPGMC) с нормированием исходных данных.

### Результаты исследований

Голозёрность овса наследуется комплексно с многоцветковостью метёлки, её удлинённостью (в форме сережки), отсутствием остей и дорсального опушения. Она контролируется одним главным и несколькими модифицирующими генами. В доминантном гомозиготном состоянии *N1* обуславливает голозёрность, многоцветковость и т. д., а в рецессивном (*nn*) - всегда пленчатый тип. Вторичные по значению гены – *N2* и *N3* – с неполным доминированием. В зависимости от числа доминантных аллелей они модифицируют эффект главного гена, вызывая образование "химерных" по голозёрности метелок [7]. Поэтому сорта голозёрного овса могут иметь некоторое количество пленчатых зерен (0,2-3,7%), влияющих на процесс его переработки в крупяном производстве.

Изучение пленчатого и голозерного ярового овса в конкурсном сортоиспытании проведено на фоне постоянного улучшения технологии проведения опытов. Среднее значение урожайности изменялось от 2,93 т/га в 2015 г. до 4,7 т/га в 2017-2018 гг. Уровень урожайности современных голозерных сортов достиг 5 т/га, что соответствует 90-95% урожайности плёнчатого стандартного сорта Борец. По результатам многолетних исследований новый сорт голозерного овса Самсон 57, полученный в результате индивидуального отбора из гибридной популяции Самуэль х Соломон, существенно не уступает плёнчатому стандарту по урожайности, имеет более высокий и стабильный показатель (4,14 т/га) в среднем за 4 года, чем лучшие голозёрные сорта отечественной и зарубежной селекции (табл. 1).

Голозерные сорта отличаются устойчивостью к осыпанию, что является одним из значительных преимуществ по сравнению с пленчатыми сортами. По результатам государственного испытания средняя урожайность нового сорта Самсон 57 в Центрально-Чернозёмном регионе составила 3,16 т/га. В Липецкой области прибавка к голозёрному стандартному сорту Вятский составила 0,47 т/га при средней урожайности 3,93 т/га. Максимальная урожайность – 8,25 т/га, получена в 2017 г. в Курской области на Щигровском ГСУ [8].

Таблица 1

### Урожайность лучших сортов и линий голозерного овса в конкурсном сортоиспытании (т/га)

| Сорт, линия         | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Среднее |
|---------------------|------|------|------|------|---------|
| Борец, ст.          | 3,18 | 4,00 | 5,01 | 5,40 | 4,40    |
| Вятский             | 2,84 | 3,68 | 4,70 | 5,02 | 4,06    |
| Самсон 57           | 2,90 | 3,93 | 4,87 | 4,88 | 4,14    |
| Самуэль             | 2,64 | 3,45 | 5,03 | 4,68 | 3,95    |
| Соломон             | 2,82 | 3,74 | 4,75 | 4,44 | 3,94    |
| Владыка             | 3,06 | 3,49 | 4,52 | 4,40 | 3,87    |
| Вуас-154            | 2,93 | 3,95 | 4,69 | 4,39 | 3,99    |
| Вуас-153            | 3,05 | 3,81 | 4,60 | 4,35 | 3,95    |
| Среднее по опыту    | 2,93 | 3,76 | 4,77 | 4,70 | 4,04    |
| НСР <sub>05</sub>   | 0,29 | 0,49 | 0,60 | 0,52 |         |
| Самсон 57/ Борец, % | 91,0 | 98,3 | 97,2 | 90,4 | 94,2    |

Дальнейшее развитие селекции голозёрного овса должно ориентироваться на повышении урожайности при сохранении преимуществ голозёрных форм и устранении их недостатков, в частности, повышения устойчивости к полеганию. Одним из критериев

оценки является испытание новых форм на повышенном агрофоне для получения максимальной урожайности. В 2017-2018 гг. в контрольном питомнике у отдельных плёнчатых сортообразцов (сорта Яков, Эффектив, линии Бруннея 1, Бруннея 2) она достигала более 6 т/га и была выше, чем у стандартного сорта Борец на 11-28%. Максимальная урожайность лучших голозёрных генотипов составила 75-81% к лучшему по урожайности плёнчатому стандарту, широко распространенному в производстве сорту Яков (рис. 1).

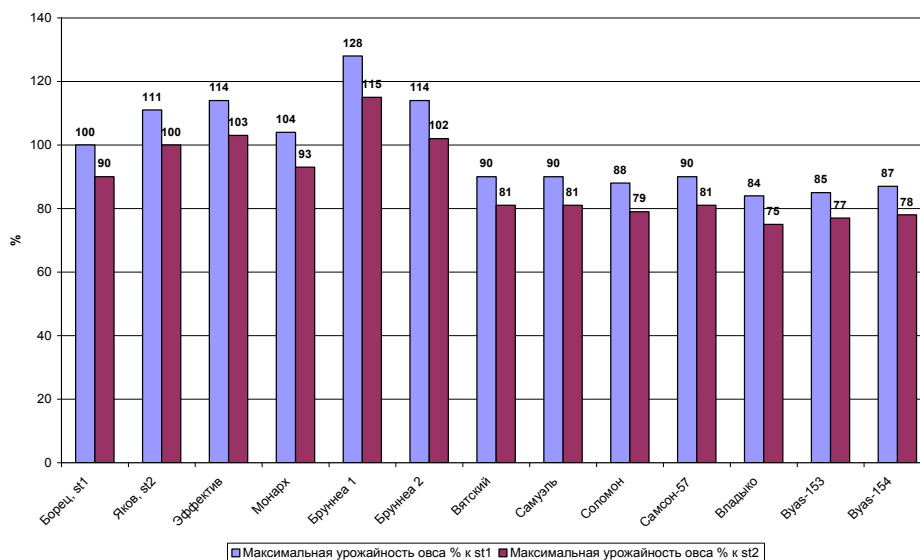


Рис. 1 Максимальная урожайность сортов и линий голозёрного овса в сравнении с плёнчатыми стандартами

Рассматривая преимущества голозёрных сортов, наиболее характерным является показатель сбор белка с единицы площади. Содержание сырого белка в зерновке голозерного овса (14,3-17,9%) значительно превосходит этот показатель у плёнчатых сортов (11,4-13,0%). У голозёрного овса многослойная ткань непосредственно расположена под алейроновым слоем, что объясняет более высокое содержание белка по сравнению с зерновкой плёнчатых форм. В зависимости от условий испытания ежегодно практически у всех голозёрных сортообразцов сбор белка был существенно выше, чем у плёнчатого стандарта. Наиболее ярко выражено превышение над плёнчатым стандартом по сбору белка у нового сорта Самсон 57, которое в среднем составило 19% и изменялось от 12 до 26% по годам (табл. 2).

Таблица 2

**Сбор белка лучших сортов и линий голозёрного овса в конкурсном сортоиспытании, (кг/га)**

| Сорт, линия                   | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Среднее |
|-------------------------------|------|------|------|------|---------|
| Борец, ст.                    | 379  | 600  | 606  | 702  | 572     |
| Вятский                       | 408  | 622  | 677  | 765  | 618     |
| Самсон 57                     | 455  | 700  | 765  | 787  | 676     |
| Самуэль                       | 417  | 604  | 770  | 758  | 637     |
| Соломон                       | 423  | 628  | 732  | 699  | 620     |
| Владыка                       | 432  | 618  | 673  | 685  | 602     |
| Вуас-154                      | 451  | 612  | 713  | 675  | 613     |
| Вуас-153                      | 451  | 663  | 667  | 677  | 614     |
| Среднее по опыту              | 427  | 631  | 700  | 718  | 619     |
| НСР <sub>05</sub>             | 26   | 34   | 55   | 45   |         |
| Среднее голозёрных форм/ст.,% | 113  | 105  | 116  | 102  | 109     |
| Самсон57/ст.,%                | 120  | 117  | 126  | 112  | 119     |



Не смотря на то, что представленные голозёрные образцы относятся к одной разновидности – инермис, результаты структурного анализа свидетельствуют о различиях между сортообразцами по отдельным признакам и показателям. Колоски голозерного овса – многоцветковые. В одном колоске может быть 3-5 и более цветков. Чем выше уровень агротехники, тем большее количество цветков и зёрен образуется в колоске, изменяются показатели продуктивности. Фенотипические особенности голозёрных форм стали основой для проведения кластерного анализа. Для изучения степени генетического родства были использованы показатели структурного анализа и урожайность. Результаты кластерного анализа при группировке сортов по средним показателям позволили выявить, сформировать кластеры как между плёнчатыми и голозёрными генотипами, так и внутри них. В отдельные кластеры выделены сорта-стандарты Борец и Яков плёнчатого овса разновидности мутика, отличающиеся высокой пластичностью и приспособленностью к различным условиям центральной России. В тоже время наиболее высокоурожайные плёнчатого овса генотипы (сорта Монарх и Эффектив, линии Бруннеа 1 и Бруннеа 2) образовали отдельный кластер (рис. 2, табл. 3).

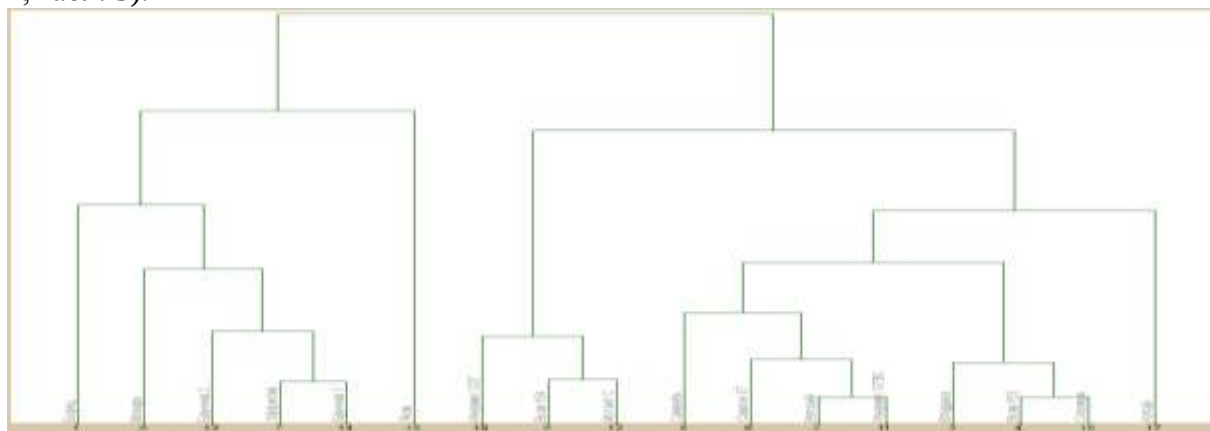


Рис. 2. Дендрограмма кластерного анализа генотипов овса

Таблица 3

**Сформированные кластеры сортообразцов овса**

| № | Варианты вошедшие в кластер                                                                                           | N    | Min  | Среднее | Max  | SS   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|---------|------|------|
| 1 | 1) Борец                                                                                                              |      |      |         |      |      |
| 2 | 5) Вуас-154<br>10) Инермис СОГ<br>12) Мутант С                                                                        | 3.00 | 0.40 | 0.42    | 0.44 | 0.00 |
| 3 | 7) Эффектив<br>8) Монарх<br>13) Бруннеа 2<br>14) Бруннеа 1                                                            | 4.00 | 0.38 | 0.55    | 0.72 | 0.02 |
| 4 | 15) Яков                                                                                                              |      |      |         |      |      |
| 5 | 2) Вятский<br>3) Владыка<br>4) Вуас-153<br>6) Самсон 57<br>9) Самуэль<br>11) Инермис ОГВС<br>16) Соломон<br>17) Алтай | 8.00 | 0.24 | 0.53    | 1.01 | 0.04 |

Примечание: **полужирным** выделены голозёрные формы.

Перспективно их использование в качестве исходного материала для создания более урожайных и приспособленных для интенсивных технологий новых сортов голозёрного овса. Сорта Монарх и Эффектив (разновидности ауреа) австрийской селекции и линии Бруннеа 1 и Бруннеа 2 имеют окрашенные цветковые чешуи, что является маркерным признаком для селекции новых генотипов сортов голозёрного овса. Белый цвет окраски наружной чешуи, характерный для всех допущенных к использованию сортов голозёрного овса, возможен при наличии рецессивных аллелей всех известных генов *Lc1- Lc13* [9]. Желтая окраска наружной цветковой чешуи (разновидность ауреа) вызвана действием двух доминантных генов – *Lc4* и *Lc5*, коричнево-черный цвет (разновидность бруннеа) обусловлен двумя факторами: *Lc1* – не полностью доминантным и *Lc3* – доминантным генами. Совместно они оказывают усиливающий эффект на интенсивность окраски. Признак подвержен сильной модификационной изменчивости в зависимости от погодных и агротехнических условий [10].

Кластерный анализ сортов и линий голозёрного овса по средним показателям за 2016-2018 гг. позволил сформировать 3 кластера изучаемых голозёрных генотипов. Заслуживает внимания кластер № 1, в котором сгруппированы наиболее адаптированные к условиям выращивания сорта Вятский, Самсон 57, Самуэль и новая линия Инермис ОГВС. Кластеры № 2 и № 3 объединяют менее урожайные генотипы и сорта, склонные к полеганию (рис. 3, табл. 4).

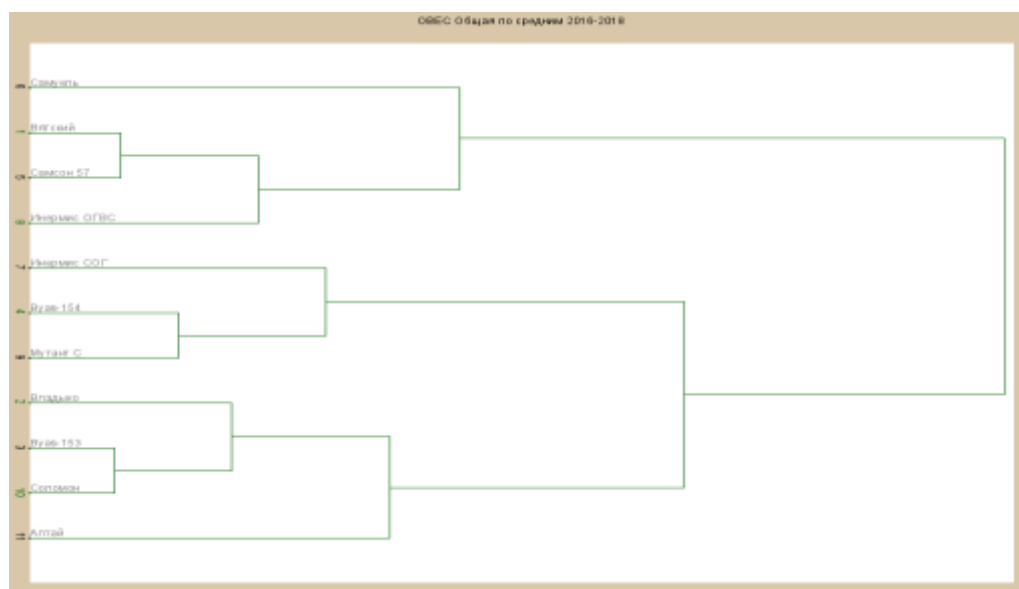


Рис. 3. Дендрограмма кластерного анализа голозёрных форм

Таблица 4

**Сформированные кластеры голозёрных генотипов**

| № п.п. | Варианты вошедшие в кластер                                 | N    | Min  | Среднее | Max  | SS   |
|--------|-------------------------------------------------------------|------|------|---------|------|------|
| 1      | 1) Вятский<br>5) Самсон 57<br>6) Самуэль<br>8) Инермис ОГВС | 4.00 | 0.25 | 0.41    | 0.62 | 0.02 |
| 2      | 4) Вуас-154<br>7) Инермис СОГ<br>9) Мутант С                | 3.00 | 0.39 | 0.42    | 0.47 | 0.00 |
| 3      | 2) Владыка<br>3) Вуас-153<br>10) Соломон<br>11) Алтай       | 4.00 | 0.25 | 0.40    | 0.64 | 0.01 |

### Заключение

В результате исследований установлено, что новый сорт голозёрного овса Самсон 57 явно отличается от любого общеизвестного сорта овса, соответствует требованиям однородности и стабильности, лучшим отечественным и зарубежным сортам, включен в Государственный реестр РФ с 2018 г. по Центрально-Чернозёмному региону (Патент №9483 от 02.02.2018 г.). В зависимости от условий испытания ежегодно практически у всех голозёрных сортообразцов сбор белка был существенно выше, чем у плёнчатого стандарта. Наиболее ярко выражено превышение над плёнчатым стандартом по сбору белка у нового сорта Самсон 57, которое в среднем составило 19%.

Перспективно использование в качестве исходного материала плёнчатых сортов Монарх, Эффектив для создания более урожайных и приспособленных для интенсивных технологий новых сортов голозёрного овса. На основе кластерного анализа определены направления селекции плёнчатого и голозёрного овса с использованием специфичных маркерных генов, определяющих голозёрность и окраску наружной цветковой чешуи, сформирован кластер (№1), включающий конкурентоспособные по урожайности голозёрные сорта и новую селекционную линию при выращивании их в Центрально-Чернозёмном регионе.

### Литература

1. Баталова Г.А. Перспективы и результаты селекции голозёрного овса // Зернобобовые и крупяные культуры, – № 2, – 2014, – С. 64-69.
2. Сидоренко В.С., Наумкин Д.В., Костромичева В.А., Старикова Ж.В., Ухова Ф.В. Перспективы селекции голозёрного ячменя и овса в Центральной России // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 78-83.
3. Бунык А., Матрос А. Голозёрный овёс // Зерно № 11 / 2012, <https://www.zerno-ua.com/journals/2012/noyabr-2012-god/golozernyyu-oves> (дата обращения 02.10.2018 г.)
4. Исачкова О.А., Ганичев, Б.Л., Биохимические показатели качества зерна голозёрного овса // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета, – 2012, т.4, – № 25. – С.12-17.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию РФ, <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/14> (дата обращения 02.11.2018 г.)
6. Государственный реестр сортов РБ, [http://sorttest.by/gosudarstvennyy\\_reyestr\\_2018.pdf](http://sorttest.by/gosudarstvennyy_reyestr_2018.pdf) (дата обращения 02.11.2018 г.).
7. Jenkins G., Hanson P.R. The genetics of naked oats *Avena nuda* L. // Euphytica. – 1976. V.5, N1. – P 167 – 174.
8. Характеристики сортов растений, впервые включённых в 2018 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2018. – 25 с.
9. Родионова Н.А., Солдатов Н.В., Мережко В.Е. и др Овес. Культурная флора. Т. II, ч.3. .; под ред. В.Д.Кобылянского и В.Н.Солдатова. – М.: Колос, – 1994. – С. 223-243.
10. Филипченко Ю.А. Частная генетика. – Л., – 1927. – С. 207-226.

**Статья подготовлена в рамках выполнения задания № 0636-2018-0004 Программы  
ФНИ ГАН на 2018 г.**

### SELECTION OF NAKED OATS IN THE CONDITIONS OF CENTRAL RUSSIA

**V.S. Sidorenko, V.I. Zotikov, Zh.V. Starikova, V.A. Kostromicheva, D.V. Naumkin,  
A.A. Gor'kov, F.V. Tugareva, S.D. Vilyunov**

**FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»**

**Abstract:** *The article presents data on the creation and study of bare oat lines and varieties of different origin in the northern part of the Central Black Earth region. The biological features of the naked forms are shown. New breeding lines of naked oats are more resistant to abiotic factors, have panicles with high percentage of kernel, are capable of forming grain yield of more than 4-5 t / ha, which is about 90% of the Borets standard filmy variety and about 80% of the high-yield filmy the Yakov variety. At the same time, the collection of the protein of the naked forms was significantly higher than that of the filmy standard. The maximum excess over the filmy standard for protein collection had a new variety the Samson 57, which averaged 19%. The new Samson 57 naked oat variety is clearly different from any well-known oats variety, meets the requirements of*

uniformity and stability, and has been included in the State Register of the Russian Federation since 2018 in the Central Black Soil Region. On the basis of cluster analysis, directions for the selection of filmy and naked oats were determined using specific marker genes that determine the bare-grain and color of the external flowering glume. The initial material of the film oats for the selection of new bare-grain forms was selected.

**Keywords:** selection, oats, bare-grain, line, variety, yield.

**DOI:** 10.24411/2309-348X-2018-11055

**УДК:** 664.6/7:633.13

## **СОРТОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ ФОРМИРОВАНИЯ КРУПЯНОГО ЗЕРНА ОВСА В РАЗНЫХ ЗОНАХ ВЫРАЩИВАНИЯ**

**И.В. ПАХОТИНА, Е.Ю. ИГНАТЬЕВА** кандидаты сельскохозяйственных наук

**Ю.В. КОЛМАКОВ,** доктор сельскохозяйственных наук

**О.Ф. БОЙЦОВА, С.В. ВАСЮКЕВИЧ,** кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ОМСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

*Сорта овса, пленчатые и голозерные, по-разному реагируют на условия выращивания в различных зонах возделывания. Сортосовые особенности пленчатых и голозерных форм овса изучались по набору сортов урожаяев 2012-2017 гг., высеваемых по двум предшественникам (пар, зерновые) в южной лесостепи Омской области. Определена частота формирования зерна, пригодного для переработки в крупу, для сортов Орион и Сибирский голозерный, выращенных в разных агроклиматических зонах. Показаны данные оценки крупяного качества зерна коллекционного набора плёчатых сортов, высевавшихся в двух зонах: южной лесостепи (Омск) и северной (Тара). Установлено, что производство крупяного зерна оправдано основывать на сортах Орион и Памяти Богачкова. По зерновому предшественнику не меньший выход крупы и белка с гектара можно получить при посеве сортов Аргумент и Орфей. Зона подтайги более предпочтительна для производства крупяного зерна. В среднем за три года получено зерно с превышением по массе 1000 зерен на 3,6 г, натуре на 32 г/л, выходу крупы на 2,1%, но с пониженным содержанием белка на 1,15%, по сравнению с южной лесостепной зоной. При пониженной урожайности голозерные сорта по выходу белка и крупы с гектара площади оказались на уровне пленчатых или имели незначительное преимущество. Ценность голозерных сортов состоит в меньшей энергозатратности процесса переработки зерна в крупу.*

**Ключевые слова:** овес, сорт, голозерный овес, пленчатый овес, крупяные свойства, натура зерна, содержание белка, пленчатость, выход крупы, агроклиматическая зона.

Овес – ценная кормовая и продовольственная культура. Незаменимым компонентом продовольственного набора является крупа, из которых значимое место занимают овсяная недробленая, плющенная, в виде хлопьев. Овсяная крупа – источник полноценного растительного белка, жиров, пищевых волокон, витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, Е [1]. Зерно овса превосходит зерно гречихи, ячменя и пшеницы по общему содержанию минеральных веществ (натрия, калия, кальция, магния, фосфора и железа). В пленчатых формах их содержится в 3,5 раза больше, чем в голозерных овсах [2]. Много в нем и таких важных микроэлементов как медь, марганец, цинк, молибден, фтор, хром, йод и др. [3]. Крупяное производство нуждается в высококачественном сырье, в котором испытывает недостаток вследствие несоблюдения агротехники выращивания, использования нестабильных сортов по формированию урожайности и качеству зерна [4]. Урожайность и потенциал качества овса зависит от многих факторов, таких как подбор предшественников, рациональное

использование минеральных удобрений, оптимальных сроков уборки, агроклиматической зоны выращивания и др. [5-8]. Относительно новая культура – голозерный овес, характеризуясь высокими технологическими параметрами, мало востребована производством, вследствие пониженной урожайности, выщепления пленчатого зерна и других негативных признаков (в сравнении с пленчатыми формами). Оценку голозерных сортов затрудняет отсутствие единых требований к качеству зерна [9]. Для ценных сортов предусмотрен уровень натуры не ниже 490 г/л, пленчатость не выше 27%, выравненность не менее 85%, выход крупы не менее 59%. Товарные партии овса дифференцируются ГОСТ 28673-90. Заготавливаемый овес 1-3 классов предназначен для использования на продовольственные цели, а 4-го класса на кормовые и производства комбикормов. Регламент ГОСТа относится к пленчатому овсу. Отдельные показатели не увязаны с голозерными сортами, поэтому необходима корректировка нормативов или их дифференциация. Так, в составе зерновой примеси количественно ограничена доля «обрушенных частично или полностью». В массе голозерного овса это около 100%. При мелкозерности голозерных форм доля мелкого зерна может достигать 25 и более процентов, хотя выход крупы из такого зерна достаточно высокий. Показатель доли ядра при отсутствии пленок у голозерных сортов (партий) должен быть выше, как и натура. Таким образом, исследования направленные на изучение особенностей формирования крупяных свойств голозерных и пленчатых форм овса, в том числе в зависимости от разных почвенно-климатических зон выращивания является задачей актуальной.

Цель исследования – определить сортовой потенциал формирования ценного крупяного сырья у пленчатых и голозерных форм овса, выращенных в разных почвенно-климатических зонах Омской области.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проводились по набору сортов пленчатого и голозерного овса урожаев 2012-2017 гг., высеваемых по двум предшественникам (пар, зерновые) в южной лесостепи Омской области. По двум районированным сортам – пленчатому Орион и голозерному Сибирский голозерный определена частота формирования лучших показателей качества зерна в зонах подтайги и южной лесостепи Омской области (2010-2015 гг.). Зональный приоритет в формировании высококачественного зерна пригодного для производства крупы определен по набору пленчатых и голозерных сортов из коллекционных питомников лаборатории селекции овса (зона южной лесостепи) и отдела северного земледелия (зона подтайги) урожая 2013-2015 гг. Изучение качества зерна выполнялось по методикам Госкомиссии [10] и уточненным методам оценки (выход крупы на голендере Сатаке) [5]. Содержание белка в зерне определяли по методике Кьельдаля в модификации И.М. Базавлука [11]. В зоне южной лесостепи сумма активных температур составляет 1900...2200 °С. Сумма осадков за период активной вегетации составляет 210...230 мм. По наличию влаги зона относится к поясу удовлетворительной обеспеченности периода активной вегетации растений с резкими колебаниями по годам. Метеорологические условия в годы исследований были разнообразны. Дефицит влаги при повышенных температурах отмечен в 2010, 2012 и 2014 и 2017 гг. В 2011 и 2013 гг. сумма выпавших осадков была на уровне среднеголетних (209 мм) – 207 и 218 мм соответственно. Превышение средней температуры от многолетней (15,4 °С) в эти годы составило 0,7 °С (2011) и 0,4 °С (2013). 2015 г. относительно теплый и влажный с значительными колебаниями температуры и количества осадков за вегетационный период. Наименьшая урожайность худшего по качеству зерна овса получена при среднемесячной температуре воздуха на 3 °С выше многолетнего и 68% выпавших осадков от многолетнего за период май-август. В подтаежной зоне сумма температур выше 10 °С – 1600...1800 С. Среднегодовой коэффициент увлажнения – 1,2-1,4.

#### **Результаты исследования**

Таблица 1 иллюстрирует сортовую возможность формирования крупяного зерна. При посеве по пару наиболее белковое зерно формировали сорта Урал и Орфей при практически

одинаковой урожайности, но различному выходу крупы. По выходу крупы с гектара посева преимущество сорта Памяти Богачкова по отношению к остальным сортам составило 234,2 кг/га и более, выходу белка – 43,0 кг и более с гектара за счет высокой урожайности.

Таблица 1

**Качество зерна сортов овса при посеве по пару и зерновым  
(среднее за 2012-2017 гг.)**

| Сорт                    | Масса<br>1000<br>зерен, г | Натура,<br>г/л | Белок,<br>% | Вырав-<br>ненность,<br>% | Пленча-<br>тость,<br>% | Выход<br>крупы,<br>% | Урожай-<br>ность,<br>т/га |
|-------------------------|---------------------------|----------------|-------------|--------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Пар</b>              |                           |                |             |                          |                        |                      |                           |
| Орион                   | 30,3                      | 439            | 12,35       | 92,5                     | 29                     | 57,5                 | 4,66                      |
| Памяти<br>Богачкова     | 29,0                      | 431            | 12,78       | 92,2                     | 28,2                   | 60,2                 | 4,84                      |
| Иртыш 22                | 32,8                      | 344            | 12,48       | 90,8                     | 28,9                   | 57,8                 | 4,00                      |
| Урал                    | 32,9                      | 417            | 13,87       | 90,6                     | 29,9                   | 56,7                 | 3,85                      |
| Аргумент                | 34,1                      | 397            | 13,18       | 93,7                     | 29,5                   | 56,5                 | 3,95                      |
| Орфей                   | 30,2                      | 432            | 13,63       | 91,2                     | 27,3                   | 59,2                 | 3,89                      |
| Прогресс                | 29,7                      | 571            | 16,89       | 92,4                     | 4,6                    | 68,4                 | 2,40                      |
| Сибирский<br>голозерный | 28,7                      | 541            | 15,95       | 94,1                     | 8,1                    | 68,2                 | 3,65                      |
| <b>Зерновые</b>         |                           |                |             |                          |                        |                      |                           |
| Орион                   | 32,8                      | 489            | 11,71       | 92,3                     | 28,1                   | 60,6                 | 4,29                      |
| Памяти<br>Богачкова     | 31,4                      | 459            | 11,58       | 92,2                     | 28,2                   | 60,3                 | 4,10                      |
| Иртыш 22                | 33,3                      | 432            | 11,05       | 90,9                     | 29,1                   | 58,4                 | 3,99                      |
| Урал                    | 34,6                      | 459            | 12,14       | 93,3                     | 29,8                   | 59,0                 | 3,60                      |
| Аргумент                | 35,3                      | 439            | 11,69       | 93,0                     | 29,3                   | 57,8                 | 4,04                      |
| Орфей                   | 32,7                      | 470            | 11,47       | 92,8                     | 28,2                   | 61,4                 | 4,04                      |
| Прогресс                | 28,2                      | 449            | 15,64       | 91,1                     | 6,1                    | 68,9                 | 1,89                      |
| Сибирский<br>голозерный | 27,8                      | 551            | 14,94       | 93,4                     | 8,8                    | 69,9                 | 3,09                      |

Представители голозерной группы – сорта Прогресс и Сибирский голозерный выделялись высокими показателями белковости зерна и натуры. Преимущество сорта Прогресс по выходу крупы (68,4%) нивелировалось низким уровнем урожайности (2,40 т/га), что сказалось на сниженных комплексных показателях выхода крупы (на 541,4 кг и более) и белка (на 93,8 кг и более) с гектара посевной площади. От сорта Сибирский голозерный получено на 177,3 кг больше крупы с гектара посева с повышенным содержанием белка по сравнению с пленчатыми сортами, за исключением сортов Орион и Памяти Богачкова.

При посеве по зерновому предшественнику по урожайности и белковости зерна выделился сорт Орион с преимуществом по комплексным показателям: выходу белка (на 27,6...65,3 кг/га) и максимальным выходом крупы с гектара. Сорта Аргумент и Орфей независимо от предшественника в среднем за три года формировали высокие урожайность зерна, выход белка и крупы, значительно уступая при посеве по пару только стандарту Орион. Производство крупяного зерна овса оправдано ориентировать на сорта Орион и Памяти Богачкова, обеспечивающие высокий уровень урожайности зерна, как по паровому, так и зерновому предшественнику. По зерновому предшественнику сорта Аргумент и Орфей по комплексным показателям выход крупы и белка с гектара не уступают сорту Памяти Богачкова.

Сорт Сибирский голозерный, формируя более низкую урожайность, по выходу крупы с гектара не превысил сорт Урал, по выходу белка оказался на уровне пленчатых сортов. Этот сорт, включенный в Госреестр и рекомендованный для производства менее конкурентоспособен с пленчатыми сортами, но, учитывая меньшую затратность (примерно на 30-35%) при переработке зерна голозерных сортов и активную целенаправленную

селекционную работу по совершенствованию имеющихся сортов, не следует исключать производственную перспективу этой культуры.

Оценка двух сортов овса, выращенных в двух почвенно-климатических зонах: южной лесостепи (г. Омск) и северной зоне (г. Тара) показала, что пленчатый сорт Орион в среднем за 6 лет изучения (2010-2015 гг.) формировал более крупное (на 0,8 г) и натурное зерно (на 48 г/л) в зоне подтайги. Превышение показателей выровненности и урожайности в этой зоне составили 2,5% и 0,42 т/га соответственно. Зерно, выращенное в северной зоне, отличалось меньшей пленчатостью и более высоким уровнем выхода крупы. По голозерному сорту Сибирский голозерный отмечены аналогичные зональные особенности формирования качества зерна. Варьирование по натуре зерна и выходу крупы достигало 110 г/л и 18,8% в южной лесостепи и 45 г/л и 18,2% в зоне северной зоны соответственно. Исключением стала крупность зерна. В северной зоне получено менее крупное зерно на 1,2 г, чем из южной лесостепи. Таблица 2 иллюстрирует частоту формирования лучшего крупяного зерна пленчатого и голозерного сортов в двух зонах выращивания.

Таблица 2

**Частота формирования лучших показателей качества зерна в двух зонах  
выращивания сортов овса (%)**

| Показатель качества*                 | Зона производства зерна |                     |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                                      | южная лесостепь         | северная (подтайги) |
| Натура зерна $\geq 460$ г/л          | 33,3                    | 66,7                |
| Натура зерна $\geq 600$ г/л          | 33,3                    | 83,3                |
| Пленчатость $\leq 27\%$              | 33,3                    | 66,7                |
| Выход крупы $\geq 60\%$              | 16,7                    | 50,0                |
| Выход крупы $\geq 70\%$              | 50,0                    | 83,3                |
| Содержание белка в зерне $\geq 11\%$ | 50,0                    | 33,3                |
| Содержание белка в зерне $\geq 14\%$ | 83,3                    | 66,7                |

\* – одноименные показатели в таблице с большим уровнем даются для голозерного сорта, а с меньшим – для пленчатого

В два раза менее пленчатое зерно формируется в зоне подтайги, из которого можно получить при переработке с большей частотой более высокие выхода крупы. В северной зоне частота формирования зерна с большей урожайностью составила 66,7% для голозерного сорта и 50% для пленчатого. Независимо от сорта (пленчатый или голозерный) в этой зоне получено зерно с более низким содержанием белка. В таблице 3 показаны данные оценки коллекционного набора пленчатых сортов, аналогично высевавшихся в двух зонах: южной лесостепи (Омск) и северной (Тара).

Таблица 3

**Качество коллекционных образцов овса из двух почвенно-климатических зон  
выращивания (среднее: 2013 – 26 образцов, 2014 – 22, 2015 – 20 образцов)**

| Показатель          | Южная лесостепь |       |       |         | Зона подтайги |       |       |         |
|---------------------|-----------------|-------|-------|---------|---------------|-------|-------|---------|
|                     | 2013            | 2014  | 2015  | среднее | 2013          | 2014  | 2015  | среднее |
| Масса 1000 зерне, г | 32,7            | 27,3  | 33,3  | 31,1    | 36,0          | 33,8  | 34,4  | 34,7    |
| Натура, г/л         | 379             | 458   | 473   | 437     | 461           | 492   | 455   | 469     |
| Белок, %            | 13,02           | 12,91 | 13,34 | 13,09   | 12,16         | 10,16 | 12,71 | 11,94   |
| Пленчатость, %      | 27,0            | 22,8  | 21,3  | 23,7    | 24,8          | 18,7  | 22,1  | 21,9    |
| Выравненность, %    | 92,0            | 94,1  | 93,9  | 93,3    | 91,3          | 93,0  | 90,5  | 91,6    |
| Выход крупы, %      | 59,1            | 61,8  | 62,1  | 61,0    | 62,8          | 64,4  | 62,1  | 63,1    |
| Длина зерновки, мм  | 13,00           | 11,59 | 11,53 | 12,04   | 11,79         | 10,65 | 12,15 | 11,53   |
| Ширина зерновки, мм | 2,71            | 2,69  | 2,73  | 2,71    | 2,81          | 2,74  | 2,81  | 2,79    |
| Толщина, мм         | 2,20            | 2,17  | 2,16  | 2,18    | 2,23          | 2,18  | 2,32  | 2,24    |
| Урожайность, т/га   | 2,97            | 3,75  | 4,98  | 3,90    | 4,58          | 2,60  | 4,97  | 4,05    |

Данные за три года показали, что в зоне подтайги было получено более крупное и выполненное зерно с массой 1000 зерен на 1,1...6,5 г выше, чем в южной лесостепи. Зерно, выращенное в Таре, отличалось меньшим содержанием белка в зерне на 0,63...2,75% и меньшей пленчатостью в среднем на 1,8%. В этой зоне превышение по выходу крупы составило 2,6...3,7%, за исключением 2015 г. Изучение линейных размеров зерновки показало, что в южной лесостепи формируется более длинная зерновка с незначительно меньшей ее шириной и толщиной, что обуславливает преимущество северной зоны.

Теснота корреляционной связи одноименных показателей качества зерна из разных зон была дифференцированной. Наименьшая сопряженность отмечена для натуры зерна  $r = 0,038...0,561$ , а наибольшая для пленчатости:  $r = 0,714...0,872$ . Для других показателей коэффициенты корреляции были следующие: масса 1000 зерен –  $r = 0,669...0,837$ ; содержания белка в зерне  $r = 0,511...0,847$ ; выход крупы –  $r = 0,595...0,844$  и урожайность  $r = 0,314...0,654$ .

Совокупность лучших показателей качества зерна и большей урожайности характеризует северную зону как более предпочтительную для производства крупяного зерна. Исследования, проведенные в условиях Северного Зауралья в трех агроклиматических зонах, показали, что продукция, полученная в подтаежной зоне, отличалась лучшими качественными показателями с учетом сортовых особенностей [7].

### Выводы

1. Производство крупяного зерна оправдано основывать на сортах Орион и Памяти Богачкова, по зерновому предшественнику не меньший выход крупы и белка с гектара можно получить при посеве сортов Аргумент и Орфей.

2. Анализ полученных данных иллюстрирует зону подтайги как более предпочтительную для производства крупяного зерна по крупности, выполненности зерна и выходу крупы, но с пониженным содержанием белка.

### Литература

1. Ушаков Т.И., Чиркова Л.В. Овес и продукты его переработки // Хлебопродукты. – 2015. – № 11. – С. 49-51.
2. Марьин В.А., Верещагин А.Л., Ермаков Р.Б. Влияние температуры обработки зерна овса на его минеральный состав // Хлебопродукты. – 2015. – № 1. – С. 59-61.
3. Ширшова Н.Н. Новое применение зерна овса и продуктов его переработки // Труды IV межд. науч. конф. молодых ученых. – Новосибирск. – 2010, ч. II. – С. 519-522.
4. Бойцова О.Ф., Колмаков Ю.В., Поползухин П.В. Формирование зерна овса в условиях южной лесостепи. – Известия Оренбургского ГАУ. – 2016. – № 3 (59). – С. 36-38.
5. Колмаков Ю.В., Васюкевич С.В., Игнатьева Е.Ю. [и др.]. Объективность оценки селекционного материала по выходу овсяной и перловой крупы – Вестник ОмГАУ. – 2011. – № 4. – С. 12-16.
6. Васюкевич С.В., Колмаков Ю.В., Коршунова З.Г. [и др.] Селекция крупяного овса в СибНИИСХ // Селекция с.-х. культур в условиях изменяющегося климата: межд. науч.-практ. конф., - Новосибирск. – 2014. – С. 41-47.
7. Белкина Р.И., Марикова М.И. Выход крупы и ее качество у сортов овса в условиях северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №3. – С. 28-30.
8. Баталова Г.А. Формирование урожая и качества зерна овса // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 10-13.
9. Баталова Г.А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 64-69.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур // – М., 1988. – С. 82-103.
11. Базавлук И.М. Ускоренный метод полумикроКельдаля для определения азота в растительном материале при генетических и селекционных исследованиях. – Цитология и генетика. – 1968. – Т. II. – № 3. – С. 249-250.

## VARIETAL POTENTIAL FOR THE FORMATION OF GROAT GRAIN OF OATS IN DIFFERENT GROWING AREAS

I.V. Pakhotina, E.Yu. Ignateva, Yu.V. Kolmakov, O.F. Boytsova, S.V. Vasyukevich  
FGBNU "OMSK AGRICULTURAL SCIENTIFIC CENTER"

**Abstract:** Chaffy and hullless oat varieties react differently to the growing conditions in different cultivation zones. The varietal features of chaffy and hullless forms of oats were studied using a set of varieties harvested from 2012 through 2017 which were sown after fallows and cereal crops as forecrops in the southern forest-steppe of the Omsk Region. The frequency of formation of



grain suitable for groats production for the varieties Orion and Sibirskiy golozerniy grown in different agro-climatic zones was determined. The data of grain groat quality evaluation of the collection of chaffy varieties sown in two zones: southern forest-steppe (Omsk) and northern forest-steppe (Tara) are discussed. It has been found that groat grain production is economically feasible when based on the varieties Orion and Pamyaty Bogachkova. At least equal yield of groats and protein per hectare after a cereal forecrop may be obtained by sowing the varieties Argument and Orfey. The sub-taiga zone is more preferable for groat grain production. At three-year average, the obtained grain exceeded the grain obtained in the southern forest-steppe zone in the following indices: thousand-kernel weight – by 3,6 g, grain-unit – by 32 g L, and groats yield – by 2,1%; though with lower protein content – by 1,15%. The hullless oat varieties were less yielding, but in terms of protein and groats yield per hectare they were at the same level with the chaffy varieties or had a slight advantage. The value of the hullless varieties consists in the lower energy consumption of the processing the grain into groats.

**Keywords:** oats, variety, hullless oats, chaffy oats, groat properties, grain-unit, protein content, chaff content, groats yield, agro-climatic zone.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11056

УДК 633.16:631.527

## СТЕКЛОВИДНОСТЬ ЭНДОСПЕРМА И СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ СОРТОВ ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

**Н.И. ВАСЬКО**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**М.Р. КОЗАЧЕНКО**, доктор сельскохозяйственных наук  
**П.Н. СОЛОНЕЧНЫЙ, О.В. СОЛОНЕЧНАЯ, О.Е. ВАЖЕНИНА,**  
**А.Г. НАУМОВ**, кандидаты сельскохозяйственных наук  
**А.В. ЗИМОГЛЯД, Т.А. ШЕЛЯКИНА**

ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА имени В.Я. ЮРЬЕВА НААН, г. Харьков, Украина

Одними из требований, предъявляемых производителями к ячменю пищевого направления использования, являются высокие показатели стекловидности эндосперма и содержания белка в зерне. В Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН (г. Харьков, Украина) в 2014–2017 гг. проведены исследования с целью изучения взаимосвязи стекловидности и содержания белка в зерне сортов ярового ячменя. Исходным материалом были 48 сортов различного происхождения, разновидностей и направления использования. Установлена зависимость содержания белка и стекловидности зерна ячменя от генотипа и погодных условий во время прохождения критических фаз колошение–налив и налив–созревание. Осадки в фазе колошение–налив оказывали существенное положительное влияние у всех сортов на содержание белка, но отрицательное – на стекловидность, особенно сильно это проявлялось у голозерных сортов ( $r = -0,846$ ). Между суммой эффективных температур в фазе колошение–налив и содержанием белка установлена существенная отрицательная корреляция, со стекловидностью только у голозерных сортов – существенная положительная корреляция,  $r = 0,803$ . Повышение температуры в фазе налив–созревание существенно повышает стекловидность эндосперма, а в зависимости от количества осадков по уровню стекловидности отмечена только отрицательная тенденция. Существенные различия как по содержанию белка, так и по стекловидности отмечены в зависимости от генотипа. Голозерные пищевые сорта по обоим признакам существенно превысили зерновые и пивоваренные, между которыми различий не было. Зависимость стекловидности от содержания белка отдельно в группах зерновых,

пивоваренных и голозерных пищевых сортов в большинстве случаев не обнаружена, но при аналогичном анализе всех сортов в опыте вместе установлена существенная корреляция. Это объясняется вовлечением в анализ высокобелковых с высокой стекловидностью голозерных сортов.

**Ключевые слова:** ячмень голозерный, содержание белка, стекловидность, корреляция.

Современными требованиями к сортам ячменя пищевого направления использования предусматривается высокая стекловидность эндосперма. Стекловидность, являясь внешним признаком качества зерна, отражает структуру внутренних тканей зерна. В зрелом зерне ячменя клетки крахмалистого эндосперма заполнены крахмальными гранулами, погруженными в протеиновый матрикс [1-4]. Для мучнистого эндосперма характерна слабая связь крахмальных зерен с белком. В стекловидном эндосперме эта связь очень прочная. Таким образом, часть белка очень прочно связана с крахмалом и при дроблении клеток от него не отделяется, этот белок носит название прикрепленный. Остальной белок как бы заполняет промежутки между крахмальными гранулами, при дроблении клеток освобождается, его называют промежуточным белком. По данным Н.П. Козьминой [5], в стекловидном зерне прикрепленного белка содержится несколько больше, а промежуточного меньше, поэтому такое зерно при дроблении раскалывается на более крупные частицы – крупку и почти не дает муки.

Таким образом, стекловидность характеризует степень плотности эндосперма. Ее применяют для описания структуры зерна, а для описания силы сопротивления при деформации (размалыванию, раздавливанию и т.п.) – твердосёрность. Термины стекловидность и мучнистость определяют твердость зерна, между ними существует сильная зависимость. При этом стекловидность изучена гораздо меньше, чем твердость зерна.

Российскими учеными при изучении 28 образцов ячменя сибирской селекции установлена существенная положительная корреляция ( $r = 0,726$ ) между стекловидностью зерна и его плотностью. Был предложен метод определения плотности эндосперма по количеству впитываемой зерновками воды, отмечена устойчивая положительная связь между этими показателями [6, 7].

Другие ученые получили противоположные результаты. Так, в исследованиях J.E. Mayolle et al. [8] установлено, что наибольшее значение диффузии воды было у наиболее стекловидного зерна, наименьшее – у пористого, что противоречит общепринятому.

Установлено, что стекловидность обычно связана с характером обмена веществ, при наливе и созревании зерна на стекловидность влияют условия выращивания, как то обеспеченность влагой и питательными элементами, применение азотных удобрений и т.п. Повышению стекловидности способствует преобладание сухих дней, особенно в период налива и созревания зерна. Также сильное влияние на уровень проявления стекловидности оказывает скорость высыхания зерна при созревании [9]. Стекловидное зерно ячменя обычно содержит больше белка, чем мучнистое.

Л.В. Рукшан и др. [3] установили существенные отклонения стекловидности в зависимости от условий года, а также независимо от условий года в пределах одной зоны выращивания. Стекловидность у изученных сортов ячменя составляла от 20 до 45%, при этом установлена зависимость этого показателя от натуры зерна ( $r = 0,33$ ).

Также, по мнению З.Б. Борисоника (1974), стекловидность эндосперма зерна ячменя больше зависит от условий выращивания, чем от сортовых особенностей. Наиболее стекловидное зерно получают в восточных и южных районах, наиболее мучнистое – в западных и северных, поэтому для выращивания крупяных сортов ячменя оптимальными являются почвенно-климатические условия Казахстана, Поволжского района, Центрально-Черноземной зоны России, Лесостепи и Полесья Украины, стран Балтии.

Американские ученые исследовали 959 селекционных линий ячменя по Single Kernel Characterization System (SKCS). Стекловидность определяли в световом боксе, она изменялась от 5% до 99%. Из изученных линий по ассоциативным признакам – массе 1000 зерен, диаметру, стекловидности, содержанию белка,  $\beta$ -глюканов и амилозы – отобрали 10

линий голозерного ячменя. В результате было установлено, что масса 1000 зерен и диаметр не влияли на твердость зерна. Также содержание белка,  $\beta$ -глюканов и амилозы тоже не имели существенной связи с твердостью. При этом стекловидность существенно положительно коррелировала с твердостью ( $r = 0,83$ ). Это указывает на то, что плотность эндосперма может быть одним из основных факторов твердости зерна [10]. Замечено, что чем выше плотность зерна, тем выше его натура.

Данные по изучению зависимости между химическим составом, стекловидностью и твердостью зерна получены другими учеными. Так, финскими учеными установлено, что твердость зерна положительно коррелирует с содержанием белка, но корреляция сильнее у образцов со стекловидным эндоспермом. У большинства сортов ячменя отмечена положительная корреляция между твердостью и содержанием  $\beta$ -глюканов. Но текстура эндосперма очень важна при обработке, а сведения о ней не могут быть получены или непосредственно оценены на основе химического состава зерна [11]. В других исследованиях установлено, что содержание  $\beta$ -глюканов и арабиноксилана в зерне ячменя линейно коррелируют с твердостью зерна и они определяют 60% твердости зерна [12].

По мнению российских ученых, исследовавших качество и амилолитическую активность зерна ячменя Биом, выращенного в условиях Новосибирской области в 2012–2013 гг., стекловидность определяется прежде всего большим содержанием белков. Но иногда и при сравнительно небольшом содержании белков эндосперм бывает стекловидным вследствие цементации крахмальных зерен гумми веществами и белками. Эта стекловидность исчезает, если зерно замочить, а затем высушить при низкой температуре. Нормы допустимой стекловидности ячменя не установлены. Общая стекловидность ячменя сорта Биом за годы исследований составила 24% [13].

Но соотношение между содержанием белка и твердостью не всегда подтверждается. Причиной этому может быть толщина клеточных стенок, другое объяснение – в составе гордеинов. Например, стекловидные зерна содержат больше С-гордеина [14].

Так, российскими учеными при изучении 28 образцов ячменя сибирской селекции установлено, что содержание белка оказывало лишь несущественное влияние на уровень стекловидности ( $r=0,46$ ) [6, 7].

Стекловидность, содержание белка и клейковины можно отнести к основным показателям качества зерна. Повышенное содержание белка интересует производителей любой продукции, но если крупяные предприятия и производители макаронных изделий заинтересованы в стекловидном ячмене, то для хлебопекарной промышленности более важным показателем является содержание клейковины. Наибольший выход перловой крупы получается при переработке именно стекловидного ячменя, зерно которого дает продукты лучшего товарного вида. При переработке зерна ячменя в производстве круп важно учитывать, что твердость линейно коррелирует со временем перлования [15]. Также установлено, что во время перлования зерна ячменя с *ваху* крахмалом и твердым эндоспермом меньше склонны к разрушению по сравнению с зерном, содержащим крахмал обычного состава [16].

Таким образом, признак стекловидности зерна как один из основных факторов твердости зерна имеет важное значение при промышленной переработке. Результаты изучения взаимосвязи стекловидности зерна ячменя с другими качествами имеют некоторые различия в силу того, что на проявление всех упомянутых свойств влияют условия выращивания. Поэтому исследования стекловидности ячменя в разных эколого-географических зонах имеют свою специфику и являются актуальными.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проводили в 2014-2017 гг. в Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН (г. Харьков, Украина). Исходным материалом были 48 сортов ярового ячменя различного происхождения, разновидностей и направления использования с целью наиболее полно изучить взаимосвязь между изучаемыми признаками – стекловидностью и содержанием белка в зерне.

Зона, где проходили исследования, расположена на востоке Лесостепи и характеризуется умеренным климатом. Погодные условия в годы проведения исследования различались в разные фазы вегетационного периода ячменя (табл. 1).

Таблица 1

**Погодные условия прохождения межфазных периодов ячменя ярового**

| Год  | Всходы-кущение           |                      |             | Кущение-колошение        |                  |             | Колошение-налив          |                  |             | Налив-созревание         |                  |             |
|------|--------------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------|-------------|--------------------------|------------------|-------------|--------------------------|------------------|-------------|
|      | $\Sigma$ эф. $t^{\circ}$ | $\Sigma$ осадко<br>в | ГТК         | $\Sigma$ эф. $t^{\circ}$ | $\Sigma$ осадков | ГТК         | $\Sigma$ эф. $t^{\circ}$ | $\Sigma$ осадков | ГТК         | $\Sigma$ эф. $t^{\circ}$ | $\Sigma$ осадков | ГТК         |
| 2014 | 218                      | 37,0                 | <b>1,70</b> | 330                      | 32,0             | <b>0,97</b> | 167                      | 54,0             | <b>3,23</b> | 583                      | 99,0             | <b>1,70</b> |
| 2015 | 291                      | 46,4                 | <b>1,59</b> | 162                      | 7,0              | 0,43        | 350                      | 30,0             | 0,86        | 665                      | 117,1            | <b>1,76</b> |
| 2016 | 243                      | 69,0                 | <b>2,84</b> | 222                      | 119,0            | <b>5,36</b> | 263                      | 38,0             | <b>1,44</b> | 559                      | 102,0            | <b>1,82</b> |
| 2017 | 327                      | 39                   | <b>1,19</b> | 277                      | 33               | <b>1,19</b> | 277                      | 9                | 0,32        | 719                      | 37               | 0,51        |

Наиболее благоприятным для реализации потенциала урожайности ячменя был 2014 год – достаточное количество осадков распределялось равномерно на протяжении всей вегетации, максимальное количество – в фазу колошение–налив при невысоких температурах. В 2016 году количество осадков на протяжении вегетации также было достаточным, в фазу кущение–колошение даже избыточным, но осадки носили ливневый характер, выпадали неравномерно. В 2015 г. и 2017 г. в критическую фазу колошение–налив осадков было недостаточно, при этом были высокие температуры.

Сорта и линии выращивали в опытах сортоиспытания, площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. Существенность различий между вариантами определяли с помощью дисперсионного анализа, апостериорное сравнение – по Homogenous groups (Fisher LSD) по программе STATISTICA 10. Взаимосвязь между изучаемыми признаками определяли с помощью коэффициентов корреляции и регрессии. Содержание белка определяли на ИнфРАЛЮМ ФТ-10М 09495, стекловидность – на диафаноскопе.

Для определения общей стекловидности брали по 50 зерен в двух повторениях. К числу стекловидных зерен прибавляли половину полустекловидных и сумму выражали в процентах к общему количеству исследованных зерен.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В результате исследования установлена зависимость содержания белка и стекловидности зерна ячменя от условий выращивания ячменя (табл. 2). В зависимости от погодных условий во время прохождения критических фаз колошение-налив и налив-созревание содержание белка в зерне и стекловидность эндосперма изменялись по-разному в зависимости от группы сортов.

Так, между суммой эффективных температур в фазе колошение–налив и содержанием белка установлена существенная отрицательная корреляция для всех групп сортов. Коэффициент корреляции составил для группы зерновых и пивоваренных сортов -0,453 - 0,531 соответственно, что характеризует среднюю зависимость, для голозерных – 0,858 - это сильная зависимость.

Между суммой эффективных температур в фазу колошение–налив и стекловидностью у зерновых и пивоваренных сортов нет существенной зависимости, установлена только тенденция к повышению стекловидности. У голозерных сортов отмечена существенная положительная корреляция,  $r = 0,803$ .

Осадки в фазе колошение–налив оказывали существенное положительное влияние на содержание белка у всех сортов. Сильная связь характерна только для группы зерновых сортов ( $r = 0,967$ ), для пивоваренных и голозерных – средняя ( $r = 0,670$  и  $r = 0,498$  соответственно). Что касается стекловидности, то осадки в фазе колошение–налив снижали этот показатель, особенно сильно это проявлялось у голозерных сортов ( $r = -0,846$ ). Это

подтверждается и регрессией между количеством осадков и стекловидностью голозерных сортов,  $b = -0,96$ .

Таблица 2

**Содержание белка и стекловидность образцов ярового ячменя, %**

| Образец                                          | Содержание белка |              |              |              |              | Стекловидность |           |           |           |              |
|--------------------------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
|                                                  | 2014             | 2015         | 2016         | 2017         | сред-<br>нее | 2014           | 2015      | 2016      | 2017      | сред-<br>няя |
| <b>Зерновые</b>                                  |                  |              |              |              |              |                |           |           |           |              |
| Взірець                                          | 11,61            | 13,20        | 12,97        | 11,48        | 12,31        | 48             | 56        | 53        | 59        | 54*          |
| Командор                                         | 12,47            | 12,00        | 12,45        | 13,06        | 12,50        | 54             | 51        | 12        | 60        | 44**         |
| Бальзам                                          | 13,11            | 13,24        | 11,99        | 12,56        | 12,73        | 55             | 49        | 52        | 45        | 50           |
| Модерн                                           | 12,56            | 11,72        | 12,79        | 11,65        | 12,18        | 32             | 48        | 32        | 89        | 50           |
| Парнас                                           | 13,29            | 11,86        | 12,01        | 12,32        | 12,37        | 56             | 50        | 47        | 80        | 58*          |
| Доказ                                            | 13,51            | 13,07        | 11,69        | 12,32        | 12,65        | 55             | 52        | 31        | 63        | 50           |
| Алегро                                           | 14,65            | 12,98        | 12,46        | 12,32        | 13,10        | 57             | 52        | 20        | 59        | 47           |
| Аграрій                                          | 11,08            | 13,63        | 12,89        | 12,01        | 12,40        | 43             | 50        | 32        | 39        | 41**         |
| Мальовничий                                      | 13,73            | 13,71        | 12,76        | 12,47        | 13,17        | 49             | 52        | 5         | 70        | 44**         |
| Хорс                                             | 14,75            | 12,90        | 12,76        | 12,53        | 12,34        | 46             | 48        | 36        | 67        | 49           |
| Подив                                            | 13,67            | 13,14        | 12,79        | 12,37        | 13,00        | 49             | 49        | 44        | 55        | 49           |
| Гетьман                                          | 12,71            | 12,01        | 13,13        | 11,49        | 12,34        | 49             | 51        | 56        | 54        | 53           |
| Святогор                                         | 11,89            | 13,26        | 13,38        | 11,28        | 12,45        | 55             | 53        | 32        | 60        | 50           |
| Гермес                                           | 13,28            | 12,40        | 14,15        | 12,51        | 13,09        | 52             | 51        | 27        | 47        | 44**         |
| Ратник                                           | 14,66            | 13,31        | 13,49        | 11,63        | 13,27*       | 49             | 57        | 50        | 52        | 52           |
| Абалак                                           | 14,76            | 13,64        | 11,77        | 11,14        | 12,83        | 61             | 57        | 40        | 70        | 57*          |
| Шедевр                                           | 11,80            | 10,33        | 11,96        | 10,45        | 11,14**      | 48             | 50        | 26        | 54        | 45           |
| Аміл                                             | 13,98            | 14,31        | 12,70        | 11,09        | 13,02        | 44             | 48        | 30        | 41        | 41**         |
| Донецкий 15                                      | 14,02            | 12,66        | 11,90        | 13,27        | 12,96        | 52             | 53        | 49        | 61        | 54*          |
| Илек 9                                           | 13,29            | 12,35        | 14,00        | 11,30        | 12,74        | 55             | 51        | 44        | 72        | 56*          |
| <b>Среднее</b>                                   | <b>13,24</b>     | <b>12,79</b> | <b>12,70</b> | <b>11,96</b> | <b>12,63</b> | <b>50</b>      | <b>51</b> | <b>36</b> | <b>60</b> | <b>49</b>    |
| max                                              | 14,76            | 14,31        | 14,15        | 13,27        | 13,27        | 61             | 57        | 56        | 89        | 58           |
| min                                              | 11,08            | 10,33        | 11,77        | 10,45        | 11,14        | 32             | 48        | 5         | 39        | 41           |
| НСР <sub>05</sub> для группы зерновых сортов     |                  |              |              |              | 0,60         |                |           |           |           | 4,2          |
| <b>Пивоваренные</b>                              |                  |              |              |              |              |                |           |           |           |              |
| Xanadu                                           | 13,05            | 12,35        | 12,60        | 12,25        | 12,56        | 41             | 47        | 16        | 45        | 37           |
| Sofiara                                          | 13,06            | 11,76        | 13,24        | 11,91        | 12,49        | 47             | 46        | 10        | 44        | 37           |
| Shakira                                          | 13,22            | 12,94        | 12,85        | 12,11        | 12,78*       | 42             | 54        | 24        | 35        | 39           |
| Kangoo                                           | 11,65            | 10,81        | 12,90        | 12,31        | 11,92        | 43             | 45        | 31        | 40        | 40           |
| Sebastian                                        | 11,07            | 10,78        | 12,04        | 11,34        | 11,31**      | 51             | 45        | 32        | 40        | 42           |
| Pasadena                                         | 12,58            | 12,06        | 14,39        | 11,57        | 12,65*       | 39             | 45        | 10        | 37        | 33**         |
| Авгур                                            | 11,79            | 12,35        | 12,34        | 12,19        | 12,17        | 44             | 47        | 26        | 62        | 45*          |
| Margret                                          | 12,76            | 12,16        | 12,45        | 11,57        | 12,23        | 43             | 46        | 28        | 47        | 41           |
| J.B. Maltasia                                    | 12,81            | 12,40        | 12,55        | 11,19        | 12,24        | 43             | 45        | 17        | 41        | 37           |
| Arikada                                          | 12,25            | 11,66        | 11,06        | 12,54        | 11,88        | 38             | 48        | 14        | 44        | 36           |
| Philadelphia                                     | 12,34            | 10,65        | 13,23        | 11,30        | 11,88        | 49             | 45        | 27        | 35        | 39           |
| Beatrix                                          | 11,40            | 11,77        | 12,48        | 11,08        | 11,68        | 47             | 46        | 31        | 25        | 37           |
| <b>Среднее</b>                                   | <b>12,33</b>     | <b>11,81</b> | <b>12,68</b> | <b>11,78</b> | <b>12,15</b> | <b>44</b>      | <b>47</b> | <b>22</b> | <b>41</b> | <b>39</b>    |
| max                                              | 13,22            | 12,94        | 14,39        | 12,54        | 12,78        | 51             | 54        | 32        | 62        | 45           |
| min                                              | 11,07            | 10,65        | 11,06        | 11,08        | 11,31        | 38             | 45        | 10        | 25        | 33           |
| НСР <sub>05</sub> для группы пивоваренных сортов |                  |              |              |              | 0,48         |                |           |           |           | 3,3          |
| <b>Голозерные пищевые</b>                        |                  |              |              |              |              |                |           |           |           |              |
| 13-301                                           | 13,75            | 11,24        | 13,90        | 13,44        | 13,08**      | 84             | 94        | 87        | 95        | 90           |
| Беркут                                           | 14,96            | 12,76        | 14,16        | 13,69        | 13,89        | 72             | 96        | 95        | 98        | 90           |
| Millhouse                                        | 13,86            | 12,40        | 14,47        | 15,99        | 14,18        | 49             | 99        | 95        | 97        | 85           |
| Голозерный 1                                     | 15,55            | 14,94        | 14,06        | 14,68        | 14,81        | 61             | 99        | 99        | 97        | 89           |

Продолжение табл.2

|                                                |              |              |              |              |              |           |           |           |           |           |
|------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Richard                                        | 15,24        | 12,88        | 12,72        | 14,50        | 13,84        | 66        | 87        | 93        | 91        | 84**      |
| Buck                                           | 13,65        | 12,46        | 12,03        | 11,66        | 12,45**      | 65        | 84        | 92        | 95        | 84**      |
| Ахіллес                                        | 17,28        | 14,45        | 15,22        | 14,15        | 15,28*       | 74        | 87        | 99        | 98        | 90        |
| Майский                                        | 15,69        | 14,37        | 14,20        | 14,29        | 14,64        | 73        | 97        | 92        | 97        | 90        |
| Оскар                                          | 17,40        | 14,60        | 13,68        | 13,47        | 14,79        | 76        | 94        | 96        | 99        | 91        |
| Гатунок                                        | 16,42        | 15,85        | 15,38        | 15,14        | 15,70*       | 71        | 93        | 90        | 98        | 88        |
| Merlin                                         | 16,10        | 15,60        | 14,36        | 15,73        | 15,45*       | 70        | 99        | 97        | 97        | 91        |
| Козацький                                      | 13,99        | 15,23        | 15,19        | 15,06        | 14,87        | 66        | 98        | 94        | 98        | 89        |
| Омский<br>голозерный 1                         | 13,62        | 14,52        | 13,24        | 13,72        | 13,78        | 74        | 94        | 94        | 99        | 90        |
| Mebere                                         | 15,47        | 14,76        | 14,47        | 14,38        | 14,77        | 78        | 94        | 92        | 98        | 91        |
| Candle                                         | 15,03        | 13,74        | 12,59        | 13,96        | 13,83        | 63        | 65        | 99        | 100       | 82**      |
| Alamo                                          | 16,15        | 14,30        | 13,76        | 16,74        | 15,24*       | 62        | 94        | 67        | 93        | 79**      |
| <b>Среднее</b>                                 | <b>15,26</b> | <b>14,01</b> | <b>13,96</b> | <b>14,41</b> | <b>14,41</b> | <b>69</b> | <b>92</b> | <b>93</b> | <b>97</b> | <b>88</b> |
| max                                            | 16,42        | 15,85        | 15,38        | 16,74        | 15,70        | 84        | 99        | 99        | 100       | 91        |
| min                                            | 13,62        | 11,24        | 12,03        | 11,66        | 12,45        | 49        | 65        | 67        | 91        | 79        |
| НСР <sub>05</sub> для группы голозерных сортов |              |              |              |              | 0,72         |           |           |           |           | 3,8       |
| НСР <sub>05</sub> для всего опыта              |              |              |              |              | 1,04         |           |           |           |           | 7,3       |

Примечание. \* – значение существенно превышает среднее по группе, \*\* – значение существенно ниже среднего по группе.

Осадки в фазу налив–созревание не существенно снижают стекловидность у всех сортов, отмечена только тенденция при коэффициенте корреляции от -0,042 до -0,357 в зависимости от группы сортов. Повышение температуры в фазу налив–созревание существенно повышает стекловидность эндосперма, коэффициент корреляции составляет от 0,526 до 0,875.

В зависимости от генотипа отмечены существенные различия как по содержанию белка, так и по стекловидности. Голозерные сорта по обоим признакам существенно превысили зерновые и пивоваренные, между которыми различий не было (см. табл. 2). При апостериорном сравнении сорта разделились на 15 групп по содержанию белка и на девять – по стекловидности (табл. 3). Группы обозначены цифровыми индексами 1-15 и 1-9 соответственно, где меньшему значению признака соответствует меньший индекс.

По содержанию белка можно выделить группу низкобелковых сортов (< 12%) – Шедевр, Sebastian, Beatrix, Arikada, Philadelphia, Kangoo под индексами 1–4, существенно отличающихся от 23 сортов под индексами 5–15. Высокобелковые сорта (> 14%) Millhouse, Майский, Mebere, Оскар, Голозерный 1, Козацький, Alamo, Ахіллес, Merlin, Гатунок под индексами 10–15 существенно превышают по этому показателю 38 сортов (см. табл. 3). К высокобелковым относятся только голозерные пищевые сорта.

По стекловидности выделяется группа сортов с очень низким уровнем показателя (< 40%). Это пивоваренные сорта Pasadena, Arikada, J.B. Maltasia, Sofiara, Xanadu, Beatrix, Shakira, Philadelphia, Kangoo с индексами 1-6. Существенно отличаются по стекловидности от всех остальных сортов голозерные с индексом группы 9 (см. табл. 3).

Таблица 3

**Однородные группы сортов ячменя по содержанию белка и стекловидности,  
среднее за 2014-2017 гг.**

| Сорт                | Содержание белка |             | Стекловидность  |           |
|---------------------|------------------|-------------|-----------------|-----------|
|                     | группа*          | %           | группа*         | %         |
| Взірець             | 2,3,4,5,6        | 12,17–12,31 | 4,5,6,7,8       | 52,6–58,2 |
| Командор            | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | 32,8–58,2 |
| Бальзам             | 4,5,6            | 12,73–12,74 | 2,3,4,5,6,7,8   | 49,2–58,2 |
| Модерн              | 2,3,4,5          | 12,17–12,24 | 2,3,4,5,6,7,8   | 49,2–58,2 |
| Парнас              | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 8               | 57,0–58,2 |
| Доказ               | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 2,3,4,5,6,7,8   | 49,2–58,2 |
| Алегро              | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | 32,8–58,2 |
| Аграрій             | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 1,2,3,4,5,6,7   | 32,8–55,6 |
| Мальовничий         | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | 32,8–58,2 |
| Хорс                | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 2,3,4,5,6,7,8   | 49,2–58,2 |
| Подив               | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 2,3,4,5,6,7,8   | 49,2–58,2 |
| Гетьман             | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 4,5,6,7,8       | 52,6–58,2 |
| Святогор            | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 2,3,4,5,6,7,8   | 49,2–58,2 |
| Гермес              | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | 32,8–58,2 |
| Ратник              | 6,7,8,9,10       | 13,27       | 3,4,5,6,7,8     | 52,0–58,2 |
| Абалак              | 4,5,6,7,8        | 12,73–12,83 | 8               | 57,0–58,2 |
| Шедевр              | 1                | 11,14       | 1,2,3,4,5,6,7,8 | 32,8–58,2 |
| Аміл                | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 1,2,3,4,5,6,7   | 32,8–55,6 |
| Донецький 15        | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 5,6,7,8         | 53,8–58,2 |
| Илек 9              | 4,5,6            | 12,73–12,74 | 7,8             | 55,6–58,2 |
| Xanadu              | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 1,2,3           | 32,8–37,2 |
| Sofiara             | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 1,2             | 32,8–36,8 |
| Shakira             | 4,5,6,7          | 12,73–12,78 | 1,2,3,4         | 32,8–38,8 |
| Kangoo              | 1,2,3,4          | 11,14–11,92 | 1,2,3,4,5,6     | 32,8–39,8 |
| Sebastian           | 1,2              | 11,14–11,31 | 1,2,3,4,5,6,7   | 32,8–55,6 |
| Pasadena            | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 1               | 32,8      |
| Авгур               | 2,3,4,5          | 12,17–12,24 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | 32,8–58,2 |
| Margret             | 2,3,4,5          | 12,17–12,24 | 1,2,3,4,5,6,7   | 32,8–55,6 |
| J.B. Maltasia       | 2,3,4,5          | 12,17–12,24 | 1,2             | 32,8–36,8 |
| Arikada             | 1,2,3,4          | 11,14–11,92 | 1,2             | 32,8–36,8 |
| Philadelphia        | 1,2,3,4          | 11,14–11,92 | 1,2,3,4,5       | 32,8–39,0 |
| Beatrix             | 1,2,3            | 11,14–11,68 | 1,2,3           | 32,8–37,2 |
| 13-301              | 5,6,7,8,9        | 12,96–13,10 | 9               | 79,0–91,2 |
| Беркут              | 9,10,11,12,13    | 13,89–14,18 | 9               | 79,0–91,2 |
| Millhouse           | 10,11,12,13      | 14,18       | 9               | 79,0–91,2 |
| Голозерный 1        | 12,13,14,15      | 14,87–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |
| Richard             | 8,9,10,11,12     | 13,83–13,84 | 9               | 79,0–91,2 |
| Buck                | 3,4,5,6          | 12,34–12,74 | 9               | 79,0–91,2 |
| Ахіллес             | 14,15            | 15,24–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |
| Майский             | 11,12,13,14      | 14,64–15,24 | 9               | 79,0–91,2 |
| Оскар               | 11,12,13,14,15   | 14,64–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |
| Гатунок             | 15               | 15,70       | 9               | 79,0–91,2 |
| Merlin              | 14,15            | 15,24–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |
| Козацький           | 13,14,15         | 14,87–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |
| Омский голозерный 1 | 7,8,9,10,11      | 13,78       | 9               | 79,0–91,2 |
| Mebere              | 11,12,13,14,15   | 14,64–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |
| Candle              | 8,9,10,11,12     | 13,83–13,84 | 9               | 79,0–91,2 |
| Alamo               | 14,15            | 15,24–15,70 | 9               | 79,0–91,2 |

Примечание. \* – разные цифры обозначают существенные различия при уровне значимости  $p = 0,05$

При анализе зависимости стекловидности от содержания белка в каждой группе сортов отдельно существенных взаимосвязей в большинстве случаев не обнаружено (табл. 4). Только у пивоваренных сортов установлена существенная средняя зависимость между двумя показателями в условиях 2015 г.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции между содержанием белка в зерне и стекловидностью эндосперма сортов ярового ячменя**

| Год     | Коэффициент корреляции по группам сортов |              |            |           |
|---------|------------------------------------------|--------------|------------|-----------|
|         | зерновые                                 | пивоваренные | голозерные | весь опыт |
| 2014    | 0,310                                    | -0,468       | 0,204      | 0,698*    |
| 2015    | 0,249                                    | 0,600*       | 0,206      | 0,628*    |
| 2016    | 0,032                                    | -0,264       | 0,047      | 0,557*    |
| 2017    | 0,032                                    | 0,513        | -0,159     | 0,739*    |
| Среднее | 0,006                                    | -0,360       | 0,208      | 0,824*    |

Примечание. \* – значение существенно при уровне значимости  $p = 0,05$ .

При аналогичном анализе всех вместе сортов в опыте установлена существенная средняя корреляция, а в 2017 г. и в среднем по опыту – сильная. Это объясняется вовлечением в анализ голозерных сортов, имеющих высокий уровень, как содержания белка, так и стекловидности. При этом образуется линейная зависимость между двумя исследуемыми показателями.

### Заключение

Таким образом, установлено влияние условий прохождения критических фаз вегетации, на уровень содержания белка в зерне и стекловидность эндосперма сортов ярового ячменя. Осадки в фазу колошение-налив оказывали существенное положительное влияние на содержание белка у всех сортов. Осадки в фазу колошение-налив снижали стекловидность, особенно сильно это проявлялось у голозерных сортов ( $r = -0,846$ ). Между суммой эффективных температур в фазу колошение-налив и содержанием белка установлена существенная отрицательная корреляция, со стекловидностью у зерновых и пивоваренных – только положительная тенденция, у голозерных сортов – существенная положительная корреляция,  $r = 0,803$ .

Повышение температуры в фазу налив-созревание существенно повышает стекловидность эндосперма, коэффициент корреляции составляет от 0,526 до 0,875. Зависимость уровня стекловидности от осадков в фазу налив-созревание несущественная, отмечена только отрицательная тенденция. Это объясняется тем, что в зоне исследований осадки во время прохождения ячменем фазы налив-созревания, как правило, выпадают очень редко и носят ливневый характер, что не может существенно влиять на уровень изучаемых показателей.

В зависимости от генотипа отмечены существенные различия как по содержанию белка, так и по стекловидности. Голозерные пищевые сорта по обоим признакам существенно превысили зерновые и пивоваренные, между которыми различий не было.

Зависимость стекловидности от содержания белка в каждой группе сортов отдельно в большинстве случаев не обнаружена, но при аналогичном анализе всех сортов в опыте вместе установлена существенная корреляция. Это объясняется вовлечением в анализ высокобелковых с высокой стекловидностью голозерных крупяных сортов. При этом образуется линейная зависимость между двумя исследуемыми показателями. Поэтому для подобных исследований следует очень тщательно подбирать исходный материал с учетом поставленных целей, чтобы получить корректную картину зависимости признаков.

### Литература

1. Palmer G.H., Harvey A.E. The influence of endosperm structure on the behavior of barley in the sedimentation test // J. Int. Brew. – 1977. – 83. – P. 295-299.
2. Nair S., Knoblauch M., Ulrich S., Baik B.K. Microstructure of hard and soft kernels of barley // J. Cereal Sci. – 2011. – 54. – P. 354-362.



3. Рукшан Л.В., Данилова Л.Н., Малиновский А.А. Технологические свойства ячменя, выращиваемого в Республике Беларусь // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1999. – № 1. – С. 81-84.
4. Slafer G.A., Molina-Cano J.L., Savin R., Araus J.L., Romagosa J. Barley science: recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. – CRC Press, – 2002. – 665 p.
5. Козьмина Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М. Колос. – 1976. – 376 с.
6. Полонский В.И., Сумина А.В. Метод оценки стекловидности зерна ячменя // Вестник Красноярского ГАУ. – 2013. – №3. – С. 33-36.
7. Сумина А.В. Неповреждающие методы оценки качества зерна ячменя для различных целей селекции. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство. – Красноярский ГАУ. – 2013.
8. Mayolle J.E., Lullien-Pellerin V., Corbineau F., Boivin P., Guillard V. Water diffusion and enzyme activities during malting of barley grains: A relationship // J. of Food Engineering. – 2012. – 109. – No 3. – P. 358-365.
9. Turnbull K.M., Rahman S. Review – Endosperm texture in wheat // J. Cereal Sci. – 2002. – 36. – P. 327-337.
10. Nair S., Ulrich S.E., Blake T.K., Cooper B., Griffley C.A., Hayes P.M., Hole D.I., Horsey R.D., Obert D.E., Smith K.P., Muehlbauer G.J., Baik B.K. Variation in kernel hardness and associated traits in U.S. barley breeding lines // Cereal Chem. – 2010. – 87 (5). – P. 461-466.
11. Holopainen-Mantila U. Composition and structure of barley (*Hordeum vulgare* L.) grain in relation to end uses. Academic dissertation. – University of Helsinki, – 2015.
12. Gamlath J., Alred G.P., Panozzo J.F. Barley (1→3: 1→4)-β-glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake // J. of Cereal Science. – 2008. – 47. – P. 365-371.
13. Зинкевич Е.П., Гридина С.Б., Лёвкина Г.Б., Токарева Н.А. Качество и биохимия зерна ячменя // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 4. – С. 40-44.
14. Ferrari B., Baronchelli M., Stanca A., Gianetti A. Constitutive differences between steely and mealy barley associated with endosperm modification // J. of the Science of Food and Agriculture. – 2010. – 90. – P. 2105-2113.
15. Bhatti R.S., Rosnagel B.G. Comparison of pearled and unpearled Canadian and Japanese barley // Cereal Chemistry. – 1998. – 75. – P. 15-21.
16. Edney M.J., Rosnagel B.G., Endo Y., Ozawa S., Brophy M. Pearling quality of Canadian barley varieties and their potential use as rice extenders // J. of Cereal Science. – 2002. – 36. – P. 295-305.

## ENDOSPERM VITREOUSNESS AND PROTEIN CONTENT IN GRAIN OF CHAFFY AND NAKED BARLEY CULTIVARS

N.I. Vasko, M.R. Kozachenko, P.N. Solonechnyi, O.V. Solonechnaia, O.E. Vazhenina,  
A.G. Naumov, A.V. Zimogliad, T.A. Sheliakina

PLANT PRODUCTION INSTITUTE nd. a. V.YA. YURIEV OF NAAS OF UKRAINE

**Abstract:** High endosperm vitreousness and protein content in grain are producers' requirements for food barley. In 2014-2017, the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS (Kharkiv, Ukraine) investigated the relationship between vitreousness and protein content in grain of spring barley cultivars. Forty-eight cultivars of different origin, varieties and directions of use were taken as the test material. It was established that the protein content and grain vitreousness depended on the genotype and weather conditions during the critical "earring-filling" and "filling-ripening" phases. Precipitation in the "earring-filling" phase had a significantly positive effect on the protein content in all the cultivars, but a negative effect on the vitreousness, especially in naked cultivars ( $r = -0.846$ ). There was a significant negative correlation between the effective temperature sum during the "earring-filling" phase and the protein content. There was a significant positive correlation the effective temperature sum during the "earring-filling" phase and the vitreousness only in naked cultivars ( $r = 0.803$ ). A rise in temperature during the "filling-ripening" phase considerably increased the endosperm vitreousness. As to the precipitation amount, only a negative trend was noticed for the vitreousness. Both the protein content and vitreousness significantly differed depending on the genotype. The naked groat cultivars significantly exceeded ones by the both parameters. No differences were observed between the grain and brewing cultivars. No dependence of the vitreousness on the protein content was revealed within the grain, brewing and naked groat groups in most cases, however, analyzing all the cultivars together for such dependence, a significant correlation was established. This is attributed to including high-protein, high-vitreous naked cultivars in the analysis, therefore, it is necessary to carefully select the test material for such studies in order to obtain a correct picture of relationships between the traits.

**Keywords:** naked barley, protein content, vitreousness, correlation.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В СЕМЕНАХ ОВОЩНЫХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР, ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Р. ШАФИГУЛЛИН<sup>1,2</sup>, аспирант

А.А. БАЙКОВ<sup>1</sup>

М.С. ГИНС<sup>1,2</sup>, член-корреспондент РАН

Е.П. ПРОНИНА<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. СОЛДАТЕНКО<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

<sup>1</sup>ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА»

E-mail: shafigullin89@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

E-mail: anirr@bk.ru

*Проведён анализ суммы антиоксидантов как интегральной величины, характеризующей содержание важнейших компонентов для производства функциональных продуктов. Для этого изучена сумма водорастворимых антиоксидантов в фазе полной биологической спелости в семенах овощных бобовых культур, таких как соя, горох, бобы, фасоль. В работе использовались сорта селекции Федерального научного центра овощеводства различных групп спелости и периодов включения в Госреестр за исключением четырёх масличных сортов сои. Образцы выращивались в условиях Московской области на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах. Применение амперометрического метода позволило измерить и оценить суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в семенах овощных бобовых растений, являющихся ведущими белковыми культурами и используемых в здоровом питании.*

*При анализе влияния генотипа на накопление гидрофильных антиоксидантов обнаружено, что некоторые выдающиеся стародавние овощные сорта, созданные больше 60-70 лет назад, аккумулируют антиоксиданты на уровне современных промышленных сортов, а иногда и превышают их.*

*Сорта всех овощных бобовых культур в целом проявили хорошую способность накапливать водорастворимые антиоксиданты в семенах по показателю суммы антиоксидантов. Полученные данные дают возможность рекомендовать использовать растения *Glycine max* L., *Pisum sativum* L., *Vicia faba* L., *Phaseolus vulgaris* L., выращиваемые в условиях средней полосы России (55° с. ш.), в качестве сырья для производства продукции с повышенным содержанием соединений, характеризующимися антиоксидантными свойствами.*

*Планируется, что в дальнейшем «антиоксидантный» параметр будет включён в селекционные программы по созданию сортов богатых ценными компонентами для лечебного и оздоровительного питания. Работа по выделению селекционных линий овощных бобовых культур, обладающих комплексом полезных биохимических качеств, продолжается.*

**Ключевые слова:** соя овощная, бобы овощные, фасоль овощная, горох овощной, окислительный стресс, антиоксиданты.

Бобовые (сем. *Fabaceae*) представляют собой уникальные сельскохозяйственные культуры. Представители этого семейства являются одними из самых высокобелковых растений, культивируемых человеком, присутствуя на всех континентах. Они имеют огромное продовольственное значение, обеспечивая людей необходимыми для жизни биохимическими компонентами: в первую очередь белком, «медленными» углеводами с низким гликемическим

индексом, витаминами группы В, С, Е, липидами, солями фосфора, калия, кальция, магния. Также, бобовые фиксируют азот из атмосферы, снижая использование минеральных удобрений и повышая общее почвенное плодородие [1, 2, 3].

Наиболее распространенными овощными бобовыми культурами на продовольственном рынке в мире являются горох, фасоль, бобы, соя, вигна, чечевица, нут. В России традиционно популярны овощной горох, бобы, фасоль, чечевица, как в виде супов, так и в виде салатов и разнообразных закусок к горячим блюдам. Набирает популярность соя, с чем связано большое содержание в её семенах протеина, полезного жира ( $\omega$ -3 и  $\omega$ -6, их соотношение), фосфолипидов, токоферолов, изофлавонов [4, 5].

Важно проводить селекционную работу по созданию новых сортов овощных бобовых культур с высокой долей в составе белка семян фенольных соединений, витаминов, поскольку имеется устойчивый положительный тренд на спрос, определяемый с одной стороны повышением числа людей, заботящихся о своём здоровье и предпочитающих питание растительной пищей, с другой – производственным ростом переработки пищевой продукции [6].

В клетках растений кислород может иметь активные высокотоксичные формы, участвующие в аэробном метаболизме, которые должны находиться под контролем организма. Они реагируют без участия ферментов с органическими соединениями, окисляя их. Поддержание концентрации синтезированных активных форм  $O_2$  на невысоком уровне проводится с помощью функционирования антиоксидантной системы, от эффективности работы которой зависит устойчивость культуры к стрессовым факторам среды. Механизм её действия заключается в обрыве реакционных цепей: антиоксидант связывается с активными радикалами, формируя слабоактивные формы [7, 8].

Многие природные компоненты растительного происхождения обладают антиоксидантным действием, при этом число соединений, относимых к антиоксидантам, постоянно увеличивается. К водорастворимым антиоксидантам (АО) относятся: витамин С, витамины группы В, флавоноиды, полифенольные соединения, ароматические амины [9].

Изучая их характеристики и механизмы действия, можно сделать вывод о положительной роли в профилактике болезней, ассоциированных с ростом антиоксидантного стресса и преждевременного старения организма. Поэтому использование антиоксидантов в функциональном питании может быть важным элементом в лечении заболеваний и укреплении общего иммунитета, усиливая систему защиты от свободных радикалов [10].

#### **Материалы и методика исследований**

Объектом исследований являлись овощные бобовые культуры: соя, горох, бобы, фасоль. В работе было представлено шесть образцов сои (два из которых – овощные), восемнадцать сортов гороха, три сорта бобов, четырнадцать сортов фасоли. Всего в изучении находился сорок один культивар.

Масличные (зерновые) сорта сои были включены в исследования совместно с овощными формами для сравнения, поскольку последние отсутствуют в Государственном реестре селекционных достижений (далее – Госреестр). Они определены согласно сформированной модели сортотипов: морфологическим и хозяйственным признакам, биологическим особенностям, биохимическим параметрам [11].

Все изучаемые сорта, как стародавние, так и современные, российского происхождения, внесены в Госреестр, за исключением двух овощных образцов сои из коллекции Федерального научного центра овощеводства. Оригинатором всех сортов, за исключением четырёх образцов сои масличного направления, является Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), ныне – Федеральный научный центр овощеводства (ФНЦО). Данные по направлениям использования, группам спелости представлены в соответствии с кодированием признаков сортов, утверждённым Госсортовкомиссией, за исключением описания направления использования сои (табл. 1).

Таблица 1

**Сорта и образцы овощных бобовых культур**

| № п/п                        | Образец                                | Оригинатор                              | Направление* | Группа**<br>спелости | Внесены в<br>Госреестр |
|------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------|------------------------|
| <i>Glycine max</i> L.        |                                        |                                         |              |                      |                        |
| 1                            | Гармония                               | ВНИИ сои                                | Масличное    | 03                   | 2003                   |
| 2                            | Лидия                                  | ВНИИ сои                                | Масличное    | 03                   | 2005                   |
| 3                            | Соер 4                                 | Ершовская ОСОЗ<br>НИИСХ Юго-<br>Востока | Масличное    | 02                   | 1997                   |
| 4                            | Соната                                 | ВНИИ сои                                | Масличное    | 03                   | 1998                   |
| 5                            | Детерминант                            | ВНИИССОК***                             | Овощное      | 03****               | -                      |
| 6                            | Образец 1                              | -/-                                     | Овощное      | 03****               | -                      |
| <i>Pisum sativum</i> L.      |                                        |                                         |              |                      |                        |
| 1                            | Вера                                   | ВНИИССОК                                | кн           | 03                   | 1995                   |
| 2                            | Виола                                  | -/-                                     | кн           | 05                   | 1977                   |
| 3                            | Грибовский Юбилейный                   | -/-                                     | кн           | 05                   | 2011                   |
| 4                            | Дарунок                                | -/-                                     | кн           | 06                   | 2009                   |
| 5                            | Жегаловец                              | -/-                                     | кн           | 03                   | 2009                   |
| 6                            | Изумруд                                | -/-                                     | кн           | 05                   | 1979                   |
| 7                            | Каира                                  | -/-                                     | кн           | 04                   | 2011                   |
| 8                            | Крейсер                                | -/-                                     | кн           | 03                   | 2015                   |
| 9                            | Максдон                                | -/-                                     | кн           | 05                   | 2011                   |
| 10                           | Неистошимый 195                        | -/-                                     | сх           | 04                   | 1943                   |
| 11                           | Николас                                | -/-                                     | кн           | 05                   | 2011                   |
| 12                           | Ранний 301                             | -/-                                     | кн           | 03                   | 1956                   |
| 13                           | Ранний Грибовский 11                   | -/-                                     | кн           | 03                   | 1964                   |
| 14                           | Сахарный 2                             | -/-                                     | сх           | 06                   | 1993                   |
| 15                           | Совинтер 1                             | -/-                                     | кн           | 05                   | 2016                   |
| 16                           | Триумф                                 | -/-                                     | кн           | 06                   | 2016                   |
| 17                           | Фрагмент                               | -/-                                     | кн           | 05                   | 1997                   |
| 18                           | Чика                                   | -/-                                     | кн           | 03                   | 2006                   |
| <i>Vicia faba</i> L.         |                                        |                                         |              |                      |                        |
| 1                            | Белорусские                            | -/-                                     | со           | 07                   | 1950                   |
| 2                            | Велена                                 | -/-                                     | со           | 04                   | 1993                   |
| 3                            | Русские Чёрные                         | -/-                                     | со           | 03                   | 1943                   |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> L. |                                        |                                         |              |                      |                        |
| 1                            | Антошка                                | -/-                                     | со           | 04                   | 2012                   |
| 2                            | Аришка                                 | -/-                                     | со           | 03                   | 2006                   |
| 3                            | Золушка                                | -/-                                     | со           | 03                   | 2005                   |
| 4                            | Креолка                                | -/-                                     | со           | 05                   | 2005                   |
| 5                            | Лица                                   | -/-                                     | со           | 05                   | 2006                   |
| 6                            | Мариинка                               | -/-                                     | со           | 04                   | 2012                   |
| 7                            | Московская Белая<br>Зеленостручная 556 | -/-                                     | со           | 05                   | 1943                   |
| 8                            | Мрия                                   | -/-                                     | со           | 05                   | 2007                   |
| 9                            | Пагода                                 | -/-                                     | со           | 04                   | 2005                   |
| 10                           | Рант                                   | -/-                                     | со           | 02                   | 1997                   |
| 11                           | Рашель                                 | -/-                                     | со           | 04                   | 2006                   |
| 12                           | Сакфит                                 | -/-                                     | со           | 04                   | 2007                   |
| 13                           | Секунда                                | -/-                                     | со           | 03                   | 1997                   |
| 14                           | Фантазия                               | -/-                                     | со           | 05                   | 2006                   |

\* кн – консервный, сх – сахарный, со – садово-огородный

\*\* 02 – от очень раннего до раннего, 03 – ранний (раннеспелый), 04 – среднеранний, 05 – средний (среднеспелый), 06 – среднепоздний, 07 – поздний (позднеспелый)

\*\*\* из коллекции ВНИИССОК

\*\*\*\* оценка по результатам полевых испытаний во ВНИИССОК

Овощные сорта и образцы выращивали на опытных полях ФНЦО (Одинцовский район, Московская область). Анализ суммы антиоксидантов (АО) проводили на базе лаборатории физиологии и биохимии растений. В работе использовали семена в фазе полной биологической спелости при влажности 10%.

Экстракцию проводили бидистиллированной водой при комнатной температуре. Суммарное содержание АО определяли амперометрическим методом [12] на измерительном комплексе «ЦветЯуза 01-АА», разработанном в ОАО НПО «Химавтоматика» [13].

Навеску измельчённого в муку и просеянного семенного материала (размер сит 500 мкм) заливали 50 мл бидистиллированной воды и ставили на магнитную мешалку на 1 час. Полученную смесь центрифугировали 20 мин при 6000 g. Аликвоту супернатанта, при необходимости разбавляя, вводили в дозатор проточно-инжекционной системы с амперометрическим детектором (постоянно-токовый режим, потенциал рабочего электрода 1300 мВ) и регистрировали площади пиков в четырёхкратной повторности. Массовую концентрацию АО рассчитывали, используя калибровку по галловой кислоте, и выражали в мг-экв. галловой кислоты/г воздушно сухого вещества семян (мг-экв. ГК/г).

Целью работы являлось изучение суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов в семенах овощных бобовых культур, выращенных в условиях Московской области, для последующего выделения генотипов с повышенным содержанием биохимических компонентов, обладающих антиоксидантной активностью.

### Результаты исследований

#### *Содержание суммы антиоксидантов в семенах сортов сои.*

Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в овощных формах выше, чем в зерновых, в среднем на 0,115 мг-экв. ГК/г. Особенность овощных сортов сои заключается в том, что в них содержится больше фенольных соединений, в частности, изофлавонов, а также витамина С, которые вносят вклад в сумму водорастворимых АО. Это даёт возможность сделать вывод о более тесной зависимости синтеза антиоксидантов с уровнем накопления белка и углеводов в овощных формах, поскольку они отличаются большим их содержанием. При этом наблюдается обратная зависимость аккумуляции водорастворимых антиоксидантов от уровня содержания масла, активности ингибиторов трипсина и липоксигеназы [11].

Среди представленных культиваров, максимальное содержание АО наблюдалось в овощных формах Детерминанте и в Образце 1 из коллекции ФНЦО; при этом скорость созревания сорта не оказала значительного влияния на накопление антиоксидантов. Существенным сравнительным содержанием компонентов, обладающих антиоксидантными свойствами, отличался также зерновой сорт Соната, выращиваемый уже 20 лет и показавший максимальный результат среди масличных сортов. В остальных сортах, которые внесены в Госреестр позднее, уровень содержания АО был ниже (табл. 2).

Таблица 2

#### **Суммарное содержание антиоксидантов в водном экстракте из семян *Glycine max* L.**

| № п/п | Образец     | $X \pm \Delta X$ , мг-экв. ГК/г |
|-------|-------------|---------------------------------|
| 1     | Гармония    | 0,88 $\pm$ 0,03                 |
| 2     | Лидия       | 0,96 $\pm$ 0,03                 |
| 3     | Соер 4      | 0,95 $\pm$ 0,03                 |
| 4     | Соната      | 1,05 $\pm$ 0,03                 |
| 5     | Детерминант | 1,09 $\pm$ 0,03                 |
| 6     | Образец 1   | 1,06 $\pm$ 0,03                 |

#### *Содержание суммы антиоксидантов в семенах сортов гороха.*

В опыте была отмечена тенденция, связанная с селекционной направленностью сортов овощного гороха: у культиваров сахарного типа – Сахарный 2 и Неистошимый 195 сумма АО была близка к наивысшей среди представленных образцов консервного производства, уступая лишь сортам Дарунок и Жегаловец. Это даёт возможность

предположить, что суммарное содержание антиоксидантов связано с накоплением в семенах углеводов и витамина С, т.к. в сахарных сортах их больше. Группа спелости существенного влияния на содержание антиоксидантов не оказала.

Стоит отметить, что сорт Неистошимый 195, внесённый в Госреестр в 1943 году, а также Ранний 301, которым уже больше 60-70 лет, хорошо себя зарекомендовавшие в производстве, обладающие высокой экологической пластичностью и до сих пор не снятые с производства, показали неплохие результаты по содержанию суммы водорастворимых АО. Относительно новые сорта 2009 года регистрации – Дарунок и Жегаловец – накопили максимальную сумму АО среди представленных генотипов. Ранний Грибовский 11, стародавний сорт 1964 года регистрации, оказался в самом последнем квартиле по содержанию антиоксидантов, растворимых в воде. Данный факт подчеркивает важность селекционной работы по обновлению сортимента овощных сортов *Pisum sativum* L. консервного направления. По остальным сортам влияние «возраста» сорта на интегральную сумму АО не оказало (табл. 3).

Таблица 3

**Суммарное содержание антиоксидантов в водном экстракте из семян *Pisum sativum* L.**

| № п/п | Образец              | $X \pm \Delta X$ , мг-экв. ГК/г |
|-------|----------------------|---------------------------------|
| 1     | Вера                 | 0,74 $\pm$ 0,02                 |
| 2     | Виола                | 0,57 $\pm$ 0,02                 |
| 3     | Грибовский Юбилейный | 0,63 $\pm$ 0,02                 |
| 4     | Дарунок              | 0,89 $\pm$ 0,03                 |
| 5     | Жегаловец            | 0,92 $\pm$ 0,02                 |
| 6     | Изумруд              | 0,52 $\pm$ 0,02                 |
| 7     | Каира                | 0,50 $\pm$ 0,02                 |
| 8     | Крейсер              | 0,66 $\pm$ 0,02                 |
| 9     | Максдон              | 0,52 $\pm$ 0,02                 |
| 10    | Неистошимый 195      | 0,86 $\pm$ 0,03                 |
| 11    | Николас              | 0,69 $\pm$ 0,02                 |
| 12    | Ранний 301           | 0,65 $\pm$ 0,02                 |
| 13    | Ранний Грибовский 11 | 0,52 $\pm$ 0,02                 |
| 14    | Сахарный 2           | 0,78 $\pm$ 0,02                 |
| 15    | Совинтер 1           | 0,63 $\pm$ 0,02                 |
| 16    | Триумф               | 0,62 $\pm$ 0,02                 |
| 17    | Фрагмент             | 0,57 $\pm$ 0,02                 |
| 18    | Чика                 | 0,55 $\pm$ 0,02                 |

**Содержание суммы антиоксидантов в семенах сортов бобов и фасоли.**

Все сорта бобов и фасоли, изучаемые в опыте, относились к садово-огородному типу, овощной направленности.

Исследования показали, что срок созревания обратно пропорционален сумме водорастворимых антиоксидантов в семенах овощных бобов: чем более раннеспелый сорт, тем больше в нём накапливается АО. В данную парадигму укладывается всемирно известный сорт Русские Чёрные, созданный в 1943 году на Грибовской овощной селекционной опытной станции, показавший максимальное накопление антиоксидантных компонентов, входящих во фракцию водорастворимых. Этот сорт по-прежнему пользуется спросом со стороны сельхозтоваропроизводителей, в том числе благодаря синтезу ценных биохимических компонентов: витамина С, фенольных соединений и др. Сорт Белорусские, являющийся также старейшим сортом, до сих пор находящимся в Госреестре, показал почти аналогичное

содержание антиоксидантов на том же уровне. Самое низкое значение по накоплению АО среди овощных бобов имел сорт Велена, внесённый в Госреестр в 1993 году (табл. 4).

Изучение сроков созревания сортов фасоли овощной показало, что самый скороспелый сорт фасоли Рант (2 группа спелости) и раннеспелый Секунда (3 группа), созданные в 90-ые годы, в значительной степени аккумулировали антиоксиданты. Но, с другой стороны, среднеспелые сорта Креолка, Лика, Фантазия (5 группа) накопили АО в большем объеме. Механизм зависимости скорости созревания и накопления АО на фасоли до конца не изучен.

Сорт Креолка, созданный в 2005 году, показал самое высокое значение суммы водорастворимой фракции АО среди исследуемых генотипов. Он также пользуется популярностью в сельскохозяйственном производстве.

Таблица 4

**Суммарное содержание антиоксидантов в водном экстракте из семян *Vicia faba* L. и *Phaseolus vulgaris* L.**

| № п/п                        | Образец                             | X±ΔX, мг-экв. ГК/г |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| <i>Vicia faba</i> L.         |                                     |                    |
| 1                            | Белорусские                         | 1,60±0,05          |
| 2                            | Велена                              | 1,54±0,05          |
| 3                            | Русские Чёрные                      | 1,68±0,05          |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> L. |                                     |                    |
| 1                            | Антошка                             | 0,76±0,02          |
| 2                            | Аришка                              | 0,60±0,02          |
| 3                            | Золушка                             | 0,54±0,02          |
| 4                            | Креолка                             | 1,30±0,04          |
| 5                            | Лика                                | 0,90±0,03          |
| 6                            | Мариинка                            | 0,48±0,01          |
| 7                            | Московская Белая Зеленостручная 556 | 0,58±0,02          |
| 8                            | Мрия                                | 0,49±0,01          |
| 9                            | Пагода                              | 0,47±0,01          |
| 10                           | Рант                                | 0,91±0,03          |
| 11                           | Рашель                              | 0,61±0,02          |
| 12                           | Сакфит                              | 0,61±0,02          |
| 13                           | Секунда                             | 0,63±0,02          |
| 14                           | Фантазия                            | 0,68±0,02          |

**Выводы**

1. Общее содержание водорастворимых АО в овощных формах сои было выше, чем в зерновых, при этом максимальное содержание антиоксидантов наблюдалось в Детерминанте и в Образце 1 из коллекции ФНЦО.

2. Выявлено влияние селекционной направленности гороха овощного на сумму водорастворимой фракции АО в семенах: в сортах сахарного типа – Сахарный 2 и Неистощимый 195 их накопление было более существенным, уступая лишь сортам Дарунок и Жегаловец консервного направления.

3. Обнаружена обратная зависимость сроков созревания овощных бобов и суммы АО: сорт Русские Чёрные имел наибольшее содержание водорастворимой части антиокислителей. Самую сильную аккумуляцию АО среди сортов овощной фасоли показал сорт Креолка. Среди изученных овощных бобовых культур значительным накоплением гидрофильных антиоксидантов отличались овощные бобы и фасоль.

4. Целесообразно использовать данные генотипы как важный источник АО в селекционных программах по созданию новых сортов для производства функциональных

продуктов питания с повышенным содержанием компонентов, обладающих антиоксидантной активностью.

### Литература

1. Пивоваров В. Ф. Овощи России. – ГНУ ВНИИССОК, – 2006.
2. Vaz Patto M. C. et al. Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes // Critical reviews in plant sciences. – 2015. – Т. 34. – №. 1-3. – С. 105-143.
3. Путина О.В., Бобков С. В., Вишнякова М. А. Углеводный состав семян и его связь с другими селекционно значимыми признаками у овощного гороха (*Pisum sativum* L.) в условиях Краснодарского края // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – №. 1.
4. Rubiales D., Mikic A. Introduction: legumes in sustainable agriculture. – 2015.
5. Шафигуллин Д. Р., Пивоваров В. Ф., Гинс М. С. Особенности вариаций признаков скороспелости у овощных и зерновых форм сои // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017 – №. 5 – С. 18-23.
6. Вишнякова М. А. и др. Исходный материал для селекции овощных бобовых культур в коллекции ВИР // Овощи России. – 2015. – №. 1. – С. 16-25.
7. Шарова Е. Антиоксиданты растений. – Litres, – 2018.
8. Embuscado M. E. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants—a mini review // Journal of Functional Foods. – 2015. – Т. 18. – С. 811-819.
9. Xu D. P. et al. Natural antioxidants in foods and medicinal plants: extraction, assessment and resources // International journal of molecular sciences. – 2017. – Т. 18. – №. 1. – 96 с.
10. Bjørklund G., Chirumbolo S. Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health // Nutrition. – 2017. – Т. 33. – С. 311-321.
11. Шафигуллин Д.Р., Гинс М.С., Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В. Изучение овощных форм сои в условиях Центрального района Европейской части РФ и моделирование новых сортоформ // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – №. 4.
12. Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф. и др. Методика анализа суммарного содержания антиоксидантов в листовых и листостебельных овощных культурах. М. РУДН. – 2013. – 40 с.
13. Яшин А. Я., Яшин Я. И., Черноусова Н. И. Определение природных антиоксидантов амперометрическим методом // Пищевая промышленность. – 2006. – №. 2. – С. 10-12.

## THE STUDY OF THE ANTIOXIDANT TOTAL CONTENT IN VEGETABLE LEGUME CROPS GROWN IN THE MOSCOW REGION

D.R. Shafigullin<sup>1,2</sup>, A.A. Baykov<sup>1</sup>, M.S. Gins<sup>1,2</sup>, E.P. Pronina<sup>1</sup>, A.V. Soldatenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FGBNU “FEDERAL SCIENTIFIC VEGETABLE CENTER”, e-mail: shafigullin89@yandex.ru

<sup>2</sup> FGAOU VO “PEOPLES FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA”. e-mail: anirr@bk.ru

**Abstract:** The analysis of the amount of antioxidants as an integral value characterizing the content of the most important components for the production of functional products is carried out. For this purpose, the amount of water-soluble antioxidants was studied in the phase of complete biological ripeness in seeds of the most important vegetable leguminous crops, such as soybean, pea, broad beans, French bean. The varieties were used of different ripening groups and the registration periods of the breeding of the Federal Scientific Vegetable Center (formerly All-Russian Research Institute of Breeding and Seed-Production of Vegetable Crops), except for the four soybean oilseed varieties. Samples were grown in the Moscow region on sod-podzolic medium loam soils. Applying the amperometric method, it was possible to measure and estimate the total content of water-soluble antioxidants in seeds of vegetable leguminous plants, which are the most important protein crops and using in healthy nutrition.

When analyzing the effect of the genotype on the accumulation of hydrophilic antioxidants, it was found that some outstanding age-old vegetable varieties created more than 60-70 years ago accumulate antioxidants at the level of modern industrial varieties, and sometimes exceed them.

Varieties of all vegetable leguminous crops have generally shown a good ability to accumulate water-soluble antioxidants in seeds in terms of the antioxidant total content. The data obtained make it possible to propose the use of plants *Glycine max* L., *Pisum sativum* L., *Vicia faba* L., *Phaseolus vulgaris* L., cultivating in the Central Zone of Russia (55°N), as a raw material for manufacture of products with increased content of compounds with antioxidant properties.

It is planned that further the "antioxidant" parameter will be included in the breeding programs of vegetable varieties for medical and health nutrition. The work on the breeding lines selection of vegetable legumes, which have a complex of useful biochemical qualities, continues.

**Keywords:** vegetable soybean, vegetable broad beans, vegetable French bean, vegetable pea, oxidative stress, antioxidants.



## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕЧЕВИЦЫ

**П.В. ЯТЧУК**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*Показана оценка динамики производства чечевицы в России и мире (по данным FAOstat). Дана характеристика нового сорта чечевицы Орловская краснозерная, внесённого в Госреестр селекционных достижений с 2017 года по Центрально-Чернозёмному региону.*

**Ключевые слова:** чечевица, урожайность, сорт, производство, качество.

Чечевица является одной из наиболее распространенных ценных продовольственных зернобобовых культур в мире и выращивается более чем в 50 странах. Селекцией чечевицы занимаются более 54 стран. Посевные площади чечевицы в мире за последние годы составляют свыше 6 млн. га. В Российской Федерации площадь под данной культурой составляла в 2015 году – 35,4 тыс.га, в 2016 – 62,3, в 2017 – 167,4 тыс.га. Увеличению роста площадей под данной культурой способствовал спрос как внутри страны, так и зарубежный интерес к экспорту. Валовые сборы соответственно по годам составили: в 2015 г. - 25,4 тыс. тонн, 2016 - 65,3 и в 2017 - 197,9 тыс. тонн. Лидирующие позиции по производству чечевицы занимают Канада, Индия, Турция, Австралия, США, Китай, Иран и другие. Саскачеван является наиболее продуктивным развивающимся регионом в Канаде. По показателям на 2016 год, статистическое управление Канады [1] заявило о национальном производстве чечевицы 3,2 млн. тонн на 2300 тыс. га. Сравнительная динамика посевных площадей и производства чечевицы в мире представлена на рисунке 1.

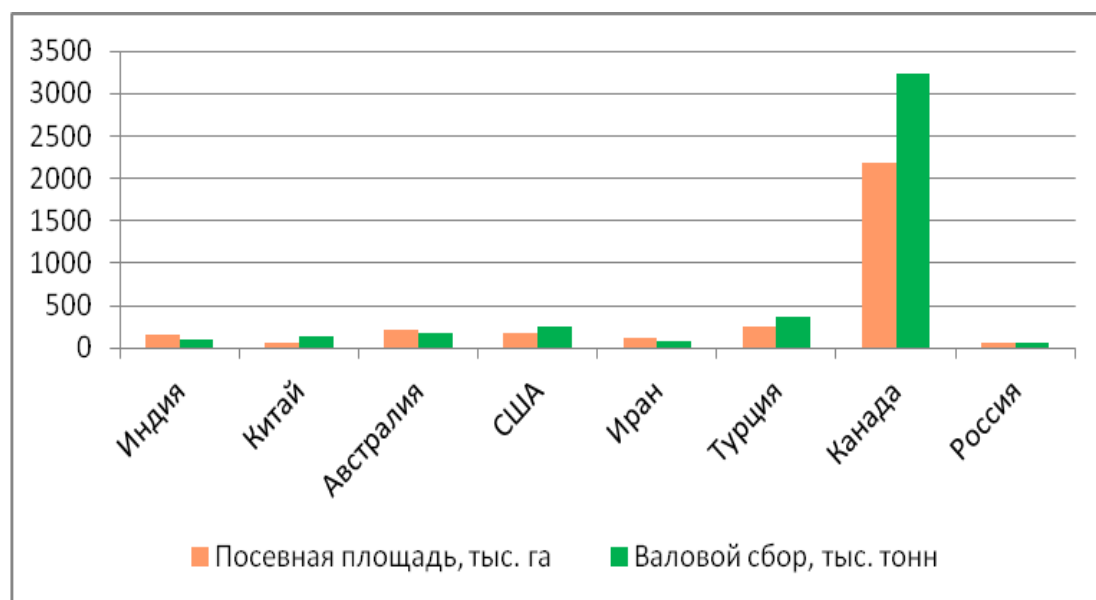


Рис. 1. Динамика производства чечевицы по различным странам (по данным FAOstat)

На сельскохозяйственном рынке чечевица представлена в основном красной – около 75% от валового производства, зеленая занимает около 20%, и прочие – до 5%. Основными производителями зеленой чечевицы являются США и Канада, тогда как остальная часть мира выращивает главным образом красную чечевицу. Список стран экспортеров, причем со значительным отрывом, возглавляют четыре страны – Канада, Турция, США, Австралия –

почти 81% мирового экспорта. Канада экспортирует 75% выращенной чечевицы, тогда как другие страны экспортируют незначительную долю от своего валового производства (рис. 2).



Рис. 2. Удельный вес в мировом производстве чечевицы стран экспортеров (по данным FAOstat, 2017 г.).

При сравнении импортёров Турция является одним из крупнейших потребителей и продавцов чечевицы в мире – до 160 тыс. т в год. Также следует отметить Индию, которая будучи второй страной, по численности населения, является крупнейшим потребителем чечевицы в мире. По импорту чечевицы разные части света выглядят так: Европа 22%, индийский субконтинент 33%, страны ближнего востока и северной Африки 30%, Америка Северная и Южная 15%.

В России широкое признание имеет крупносемянная зеленая (тарелочная) чечевица. Учитывая важную роль её в обеспечении населения ценным растительным белком и высокий экспортный потенциал, отечественные ученые селекционеры в последнее десятилетие уделяют большое внимание созданию сортов с комплексом положительных признаков и свойств, из которых наиболее важными являются: высокая продуктивность, засухоустойчивость, технологичность и качество продукции. Значительную роль играет и окраска семенной кожуры (от светло-желтой до коричневой) и окраска семядолей (желтые, зеленые, оранжевые). На сегодняшний день можно получать 2,5-3,5 т/га семян чечевицы, соблюдая все технологические приемы возделывания.

В Государственный реестр селекционных достижений РФ по состоянию на 2018 год включены 24 сорта культуры, в том числе: Аида, Светлая, Орловская краснотерная, Восточная (ВНИИЗБК), Анфия (Петровская СОС), Невеста, Любимая (Пензенский НИИСХ), Октава, Даная, Пикантная (Российский НИПТИ сорго и кукурузы), КДЦ Розебуд, Руби, Рэдбоу, Рэдкот (CROP DEVELOPMENT CENTRE, Центр развития растениеводства Саскачеванского университета) [2].

В настоящее время красносменная чечевица заслуживает большего признания у производителей, по сравнению с чечевицей с желтыми семядолями – зелёной (тарелочной). Связано это в первую очередь с улучшенными технологическими показателями качества зерна. На торговых площадках данный вид чечевицы стал занимать достойную позицию и вышел на уровень агрокультуры будущего. Это вызывает еще больший интерес у российских аграриев к ее возделыванию.

По Центрально-Чернозёмному региону с 2017 года внесён в Госреестр РФ новый сорт чечевицы **Орловская краснотерная**.

**Основное достоинство сорта** – быстрая разваримость и отличные вкусовые качества семян. Использование ее в шлифованном виде (без семенной оболочки) позволяет сократить время варки до 10-15 минут. Зерно имеет высокую выравненность – 81,3% и натуру 838 г/л. **Сорт чечевицы Орловская краснозерная признан новым стандартом.**

Сорт выведен методом индивидуального отбора из расщепляющейся гибридной комбинации F3 Рауза × К-2846 (Канада). Растения полукустовой формы, состоят из 1-2 ветвей первого порядка и до 12 ветвей второго порядка. Стебель прямостоячий средней толщины, высотой 45-50 см. Бобы лущильного типа ромбической формы с вытянутой верхушкой. При полном созревании бобы приобретают светло-коричневую окраску. Высота прикрепления нижнего боба 18-22 см. Среднее количество бобов на растении – 25 шт, максимальное – 41 шт. Семядоли оранжевого цвета. Цвет семян – зеленовато-розовый. Семенная кожура тонкая, бледно-зеленого цвета, почти прозрачная. До 10% семян могут иметь на семенной кожуре темно-серые точки. Масса 1000 семян в среднем 36,9 г. Отличается высоким коэффициентом размножения семян.

В 2015-2016 гг. сорт проходил государственное сортоиспытание на сортоучастках Липецкой, Орловской и Тамбовской областях. Средняя урожайность сорта за годы испытания составила 2,06 т/га, стандарта – 1,65 т/га, максимальная – 2,79 т/га получена в 2012 году. Содержание сырого протеина в семенах – 27,9%, что на 0,9% выше стандарта.

#### Литература

1. Сельскохозяйственные культуры. Lentil. / FAO Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>.
2. Зотиков В. И., Наумкина Т. С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры – № 1 (17). – 2016. – С 6-13.
3. Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Наумкин В.В. Чечевица – ценная зернобобовая культура // Зернобобовые и крупяные культуры – № 2 (14), – 2015. – С. 42-45.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1 Сорта растений. – Москва.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2018. – 33 с.
5. Задорин А.М., Уваров В.Н., Ятчук П.В., Булгакова А.К. Новый сорт чечевицы Орловская краснозерная // Зернобобовые и крупяные культуры – № 4 (16), – 2015. – С. 47-49.

## THE CURRENT STATE OF PRODUCTION OF LENTILS

P.V. Yatchuk

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** *The assessment of the dynamics of lentil production in Russia and the world (according to FAOstat) is shown. Characteristics of the Orlovskaya krasnozernaya lentil variety introduced into the State Register of Breeding Achievements since 2017 in the Central Chernozem Region are given.*

**Keywords:** lentil, yield, variety, production, quality.

## ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ЧИНЫ ПОСЕВНОЙ ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ

**М.В. ДОНСКАЯ, М.М. ДОНСКОЙ**, кандидаты сельскохозяйственных наук  
**В.П. НАУМКИН \***, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»  
\*ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Н.В. ПАРАХИНА»

*Проведено изучение 46 коллекционных сортообразцов чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) из 6 эколого-географических групп по комплексу хозяйственно ценных признаков в условиях северной части Центрально-Черноземного региона. Сортообразцы характеризовались широким варьированием изученных признаков. Установлено, что по возрастающей степени изменчивости основные элементы структуры семенной продуктивности чины посевной располагаются в следующем порядке: число семян в бобе; масса 1000 семян;  $K_{хоз}$ ; число продуктивных узлов; число бобов на растении; масса бобов с растения; число семян с растения; масса семян с растения. Выделены сортообразцы, показавшие за годы изучения наиболее высокую урожайность – от 5,0 до 5,8 т/га: среднеевропейская группа – к-1702 (Франция), к-1200 (Башикирия), к-1707 (Франция), к-1211 (Татария), к-1209 (Татария), к-615706 (Украина); анатолийская группа - к-1229, к-1215, к-1228 (Азербайджан). Создан и внесен в Госреестр новый сорт чины посевной Славянка, характеризующийся высокой урожайностью.*

**Ключевые слова:** чина посевная, коллекция, сортообразец, продуктивность, семена, урожайность.

Чина посевная (*Lathyrus sativus* L.) – ценная зернобобовая культура. Ее используют для кормовых, продовольственных, медоносных и технических целей [1, 2]. Главное ее назначение – кормовое. В последние годы чину активно высевают в смесях с различными сельскохозяйственными культурами [3, 4].

В настоящее время, в связи с изменениями климата, возникает необходимость расширения ареала возделывания засухоустойчивых зернобобовых культур, к числу которых относится чина посевная. Особенности возделывания чины в условиях северной части Центрально-Черноземного региона изучены недостаточно. Поэтому возникла необходимость в более глубоком исследовании этой культуры в условиях Орловской области.

### Материал и методы исследований

Исследования выполнялись в 2009...2016 гг. Опыты закладывались в полевом севообороте ФГБНУ ВНИИЗБК.

Почвы опытного участка темно-серые лесные, средней окультуренности. Содержание гумуса в почве по Тюрину – 4,4...5,4%, легкогидролизуемого азота по Кононовой – 125 мг/кг почвы, подвижного фосфора по Кирсанову – 195 мг/кг почвы, обменного калия по Кирсанову – 179 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 5,6...6,0, гидролитическая кислотность – 4,2...4,6 мэкв/100 г почвы.

Метеорологические условия в годы исследований можно охарактеризовать как контрастные, поэтому полученные в исследованиях данные позволили достаточно достоверно и объективно оценить особенности изученного материала.

Изучено 46 сортообразцов чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) из среднеевропейской, средиземноморской, иранской, анатолийской, индийской и абиссинской эколого-

географических групп, полученные из мировой коллекции растительных ресурсов ВИР им. Н.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург) (рис.).



к-875 (Памир)



к-1211 (Татария)



к-1215 (Азербайджан)

*Рис. Коллекционные сортообразцы чины посевной с различной окраской цветков*

Посев опытных делянок проводили в четырехкратной повторности с площадью питания одного растения 10 x 45 см в оптимальные сроки. Учетная площадь делянки 2 м<sup>2</sup>.

Структурный анализ проводили по Методическим указаниям ВИР [5], математическую обработку данных по Б.А. Доспехову [6] с использованием приложения Microsoft Office Excel 2010.

#### **Результаты исследований и обсуждение**

Высота является важнейшим морфологическим признаком, характеризующим растение, так как от ее величины напрямую зависит степень полегания, которая в свою очередь влияет на семенную продуктивность и урожайность растений.

По мнению Ф.Л. Залкинд эколого-географические группы чины посевной характеризуются различной высотой растения, которая увеличивается при дождливой погоде [7]. Самыми низкорослыми считаются растения индийской группы (20...35 см), самыми высокорослыми – растения иранской (45...65 см) и средневропейской (40...65 см) групп.

По своим морфологическим особенностям растения чины посевной имеют стебель склонный к полеганию [8]. При запоздалой уборке чина может полегать полностью.



Анализ средних данных за 2009...2011 гг. показал, что у сортообразцов чины посевной среднеевропейской группы высота растений составила  $83,3 \pm 3,0$  см; у средиземноморской –  $79,6 \pm 3,0$  см. (табл. 1)

Таблица 1

**Высота растений у сортообразцов чины посевной различных эколого-географических групп, (см),**

| Эколого-географическая группа | 2009 г.         | 2010 г.        | 2011 г.         | В среднем за три года |
|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| Среднеевропейская             | $95,7 \pm 3,4$  | $59,7 \pm 2,2$ | $94,6 \pm 3,5$  | $83,3 \pm 3,0$        |
| Средиземноморская             | $89,6 \pm 2,7$  | $58,5 \pm 2,4$ | $89,4 \pm 3,3$  | $79,6 \pm 3,0$        |
| Иранская                      | $87,1 \pm 3,6$  | $59,5 \pm 2,2$ | $85,9 \pm 3,5$  | $77,5 \pm 3,1$        |
| Анатолийская                  | $96,3 \pm 3,8$  | $62,8 \pm 2,6$ | $95,1 \pm 3,6$  | $84,7 \pm 3,4$        |
| Индийская                     | $81,6 \pm 3,0$  | $53,9 \pm 2,2$ | $79,5 \pm 2,8$  | $71,7 \pm 2,7$        |
| Абиссинская                   | $105,1 \pm 3,8$ | $74,1 \pm 3,3$ | $104,7 \pm 4,0$ | $94,6 \pm 3,7$        |

У сортообразцов иранской группы в среднем за три года высота растений составила  $77,5 \pm 3,1$  см; анатолийской –  $84,7 \pm 3,4$  см, среднеевропейской группы – от  $68,0 \pm 3,0$  см (к-1868, Чехословакия) до  $96,4 \pm 2,8$  см (к-1209, Татария). Колебания по высоте растений составили у сортообразцов средиземноморской группы – от  $72,8 \pm 2,7$  (к-703, Италия) до  $90,4 \pm 3,4$  см (к-775, Испания); у сортообразцов иранской группы – от  $61,9 \pm 2,5$  см (к-1939, Таджикистан) до  $93,5 \pm 2,5$  см (к-875, Памир); у сортообразцов анатолийской группы – от  $70,8 \pm 3,0$  см (к-596, Палестина) до  $96,1 \pm 2,6$  см (к-1229, Азербайджан). У к-1901 (Индия) значение признака было  $71,7 \pm 2,7$  см, у к-797 (Эфиопия) –  $94,6 \pm 3,7$  см.

В 2010 г. высота растений у сортообразцов чины посевной различных эколого-географических групп была на порядок ниже, чем в 2009 и 2011 гг., на что в большей степени повлияла сухая и аномально – жаркая погода.

Высота растений у чины посевной относится к числу средне варьирующих признаков. Коэффициент изменчивости этого признака в среднем за три года у изучаемого набора сортообразцов находился в пределах от 8,0% до 23,3%.

Весьма актуальным является проведение исследований по определению числа ветвей у сортообразцов чины различных эколого-географических групп, а также изучения характера изменчивости этого признака.

Как показали наши исследования [9], число ветвей у сортообразцов различных эколого-географических групп, в среднем за три года изучения, варьировало в пределах  $5,4 \pm 0,4$  шт. (иранская группа) –  $8,1 \pm 0,5$  шт. (среднеевропейская группа). В среднем по группам значение этого признака колебалось от  $6,6 \pm 0,4$  шт. (индийская группа, к-1901, Индия) до  $7,3 \pm 0,5$  шт. (анатолийская группа, к-797, Эфиопия) (рис. 2).

Рассматривая особенности уровня проявления признака у сортообразцов в пределах эколого-географической группы, мы установили, что он изменялся у сортообразцов из среднеевропейской группы от  $6,2 \pm 0,4$  (к-1218, к-1731, Украина) до  $8,1 \pm 0,5$  шт. (к-1209, Татария); у сортообразцов из средиземноморской группы – от  $6,3 \pm 0,5$  (к-703, Италия) до  $8,0 \pm 0,5$  шт. (к-775, Испания).

Среди сортообразцов иранской группы можно выделить колебания признака числа ветвей от  $5,4 \pm 0,4$  (к-1939, Таджикистан) до  $8,0 \pm 0,5$  шт. (к-875, Памир). У сортообразцов из анатолийской группы амплитуда колебания этого признака была наименьшей и составила  $7,1 \pm 0,5$  (к-1229, Азербайджан) –  $7,6 \pm 0,5$  (к-1228, Азербайджан).

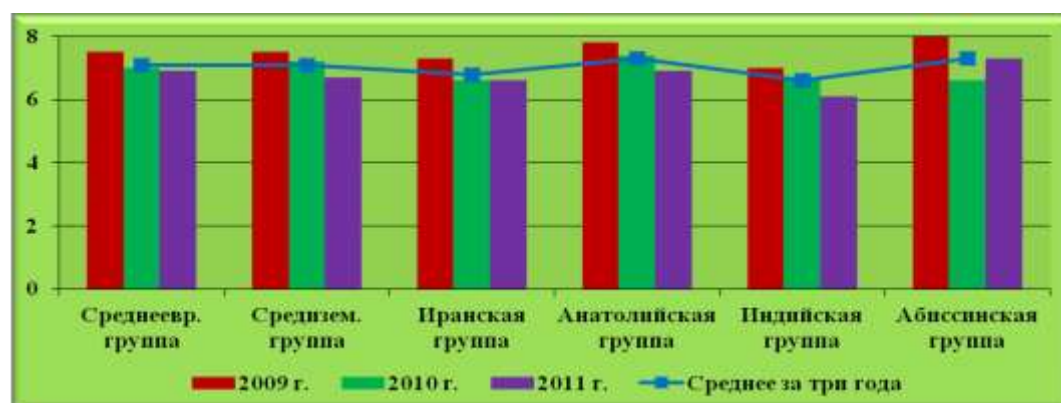


Рис. 2. Число ветвей у различных эколого-географических групп чины посевной, (шт.), 2009...2011 гг.

Изучение коэффициента изменчивости числа ветвей у сортообразцов чины посевной по годам показало, что этот признак относится к средне варьирующим. Предел его колебаний составил в среднем за три года изучения от 18,7% до 35,0%.

В результате проведения анализа сухой биомассы чины посевной установлено, что наименьшей сухой биомассой в среднем за три года ( $16,9 \pm 2,36$  г/растение) обладали растения сортообразцов чины посевной из иранской эколого-географической группы, наибольшей – ( $21,8 \pm 3,12$  г/растение) из анатолийской группы (табл. 2).

Таблица 2

**Изменчивость сухой биомассы у сортообразцов чины посевной различных эколого-географических групп, (г/растение),**

| Эколого-географическая группа | 2009 г.         | 2010 г.         | 2011 г.         | В среднем за три года |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Среднеевропейская             | $27,2 \pm 3,27$ | $13,8 \pm 1,16$ | $19,3 \pm 2,28$ | $20,1 \pm 2,52$       |
| Средиземноморская             | $26,4 \pm 2,54$ | $14,9 \pm 1,58$ | $19,3 \pm 3,52$ | $20,2 \pm 2,17$       |
| Иранская                      | $23,0 \pm 3,19$ | $12,0 \pm 1,09$ | $15,8 \pm 3,17$ | $16,9 \pm 2,36$       |
| Анатолийская                  | $29,6 \pm 2,56$ | $15,8 \pm 2,36$ | $20,0 \pm 3,21$ | $21,8 \pm 3,12$       |
| Индийская                     | $22,4 \pm 3,81$ | $8,2 \pm 1,21$  | $22,7 \pm 2,16$ | $17,8 \pm 2,00$       |
| Абиссинская                   | $23,5 \pm 1,42$ | $13,3 \pm 3,18$ | $25,5 \pm 2,05$ | $20,8 \pm 3,17$       |
| НСР <sub>05</sub>             | 2,293           | 2,347           | 2,568           |                       |

В 2009 году значение этого показателя варьировало от  $22,4 \pm 3,81$  г/растение (индийская эколого-географическая группа) до  $29,6 \pm 2,56$  г/растение (анатолийская группа). В 2010 году, аномально - жарком для Орловской области, растения всех сортообразцов из изученных эколого-географических групп сформировали сравнительно невысокую зеленую массу, поэтому и сухая биомасса находилась в пределах от  $8,2 \pm 1,21$  г/растение (индийская группа) до  $15,8 \pm 2,36$  г/растение (анатолийская группа).

В 2011 году наименьшая сухая биомасса ( $15,8 \pm 3,17$  г/растение) была отмечена у сортообразцов из иранской группы, а наибольшая ( $25,5 \pm 2,05$  г/растение) – у сортообразцов из абиссинской группы.

**Продуктивность семян и её структура**

Семенная продуктивность растений – один из сложнейших признаков, обусловленный как генотипом растения, так и влиянием почвенно-климатических и агротехнических условий.

Нами была изучена семенная продуктивность и её структура у сортообразцов чины посевной из различных эколого-географических групп [10, 11, 12].

### **Число продуктивных узлов на главном стебле**

По нашим наблюдениям в 2010 г. число продуктивных узлов на главном стебле у сортообразцов чины различных эколого-географических групп было несколько ниже, чем в 2009 и 2011 гг.

За годы исследований число продуктивных узлов на главном побеге у сортообразцов из среднеевропейской группы варьировало от 8,1 шт. (к-1209, Татария) до 12,0 шт. (к-1200, Башкирия); средиземноморской группы – от 9,0 шт. (к-791, о. Сардиния) до 11,8 шт. (к-775, Испания); иранской группы – от 7,3 шт. (к-1939, Таджикистан) до 11,2 шт. (к-875, Памир); анатолийской группы – от 9,0 шт. (к-596, Палестина) до 11,1 шт. (к-1228, Азербайджан). Число продуктивных узлов на главном побеге у сортообразцов индийской и абиссинской групп было на уровне 7,9 шт. и 10,5 шт. соответственно. Коэффициент вариации признака составил 22,3%...48,7%.

### **Число бобов на растении**

Число бобов на растении у изученного набора сортообразцов характеризуется значительным варьированием уровня проявления. В среднем за годы изучения этот показатель колебался от 21,9±2,3 шт. (к-1939, Таджикистан, иранская группа) до 55,3±5,6 шт. (к-1229, Азербайджан, анатолийская группа).

Внутри групп, в среднем за три года изучения, также наблюдались колебания признака «число бобов на растении». Сортообразцы из среднеевропейской группы формировали от 31,1 (к-1868, Чехословакия) до 49,5 (к-615706, Украина) бобов на растении; средиземноморской группы – от 31,6 (к-791, о. Сардиния) до 44,4 (к-775, Испания); иранской группы – от 21,9 (к-1939, Таджикистан) до 44,9 (к-1932, Пакистан); анатолийской группы – от 35,2 (к-596, Палестина) до 55,3 (Азербайджан). У сортообразцов абиссинской и индийской групп значение признака было на уровне 31,7 шт. и 37,5 шт. соответственно. Общий уровень изменчивости числа бобов на растении у чины посевной, в среднем за годы изучения, находился в пределах 32,0...64,7%.

### **Масса бобов с растения**

Масса бобов с растения – это важный элемент урожая. За годы исследований масса бобов с растения у сортообразцов чины посевной из среднеевропейской группы варьировала от 14,1 г (к-1218, Украина) до 25,1 г (к-1209, Татария); средиземноморской – от 17,0 г (к-791, о. Сардиния) до 21,1 г (к-781, Испания); иранской – от 7,9 г (1939, Таджикистан) – 19,9 г (к-863, Афганистан); анатолийской – от 14,5 г (к-596, Палестина) до 24,1 г (к-1229, Азербайджан). У сортообразцов из индийской и абиссинской групп значение признака было на уровне 12,8 г – у к-1901 (Индия) и 14,0 г – у к-797 (Эфиопия). Общий уровень изменчивости массы бобов на растении, в среднем за годы изучения, находился в пределах 32,0...67,0%.

### **Число семян с растения**

Рассматривая особенности уровня проявления признака у сортообразцов в пределах одной эколого-географической группы (в среднем за 2009...2011 гг.) можно отметить, что на растениях сортообразцов из среднеевропейской группы в среднем образовывалось от 45,2 (к-1771, Венгрия) до 85,6 (к-1209, Татария) семян; у средиземноморской группы – от 51,7 (к-703, Италия и к-791, о. Сардиния) до 68,5 (к-773, Испания); у иранской группы – от 36,9 (к-1939, Таджикистан) до 81,4 (к-1932, Пакистан); у анатолийской группы – от 54,4 (к-596, Палестина) до 90,2 (к-1229, Азербайджан) семян. Значение признака у индийской и абиссинской групп соответствовало 86,0 (к-1901, Индия) и 52,8 (к-797, Эфиопия) семян с растения. Коэффициент изменчивости признака в среднем составил 34,3...68,0%.

### **Число семян в бобе**

Полученные в наших исследованиях данные свидетельствуют о характере проявления выполненности боба у сортообразцов чины посевной различных эколого-географических групп. Так, у сортообразцов чины посевной из среднеевропейской группы за годы исследований формировалось от 1,1 (к-1771, Венгрия) до 2,1 (к-1205, Башкирия и к-1707, Франция) семян в бобе; средиземноморской – от 1,4 (к-775, Испания) до 1,6 (к-703, Италия, к-



773, Испания и к-791, о. Сардиния); иранской – от 1,6 (к-875, Памир) до 2,1 (к-863, Афганистан); анатолийской – от 1,6 (к-596, Палестина) до 1,9 (к-1215, Азербайджан); абиссинской – 1,6 (к-797, Эфиопия). Самое большое число семян в бобе (2,4) было отмечено у растений сортообразца (к-1901, Индия). В аномально жарком 2010 году растения чины посевной сформировали в среднем больше семян в бобе, чем в 2009 и 2011 годах. Коэффициент вариации числа семян в бобе, в среднем за три года, изменялся от 15,0% до 30,3%.

#### **Масса 1000 семян**

Масса 1000 семян является одним из важных признаков, характеризующим урожайность и технологические свойства у сортов и форм чины посевной. Установлено, что среднеевропейская, средиземноморская, анатолийская и абиссинская эколого-географические группы чины посевной представлены среднесемянными формами с массой 1000 семян 195,0...243,3 г, а иранской и индийской групп – мелкосемянными с массой 1000 семян 101,1...145,4 г. Значение коэффициента вариации массы 1000 семян у чины посевной за годы исследований находилось в пределах 9,7...42,0%.

#### **Масса семян с растения (семенная продуктивность)**

Проведенные нами исследования показали, что у сортообразцов чины посевной различных эколого-географических групп в годы изучения существенно изменялись не только абсолютные значения этого признака, но и амплитуда его изменчивости. За три года исследований семенная продуктивность у сортообразцов чины посевной среднеевропейской группы изменялась от 10,5 г (к-1218, Украина) до 18,3 г (к-1209, Татария); средиземноморской - от 12,5 г (к-703, Италия) до 14,8 г (к-773, Испания); иранской – от 4,7 г (к-1939, Таджикистан) до 13,9 г (к-863, Афганистан); анатолийской – от 11,4 г (к-596, Палестина) до 16,5 г (к-1228, Азербайджан); индийской - 8,7 г (к-1901, Индия); абиссинской – 11,2 г (к-797, Эфиопия). Масса семян с растения у чины посевной относится к сильно изменчивым признакам. Значение коэффициента вариации в годы исследований находилось в пределах от 36,7% до 66,3%.

#### **Коэффициент хозяйственной эффективности (Кхоз)**

За три года изучения наибольшая изменчивость показателя отмечена у сортообразцов иранской эколого-географической группы – от 27,3% (к-1939, Таджикистан) до 46,6% (к-863, Афганистан). У сортообразцов из среднеевропейской группы значения Кхоз варьировали от 37,3% (к-1700, Германия) до 45,3% (к-1209, Татария); средиземноморской – от 39,3% (к-791, о. Сардиния) до 42,6% (к-781, Испания); анатолийской – от 41,3% (к-596, Палестина и к-1229, Азербайджан) до 42,3% (к-1228, Азербайджан); у сортообразцов индийской и абиссинской групп значение Кхоз составило 40,0% (к-1901, Индия) и 35,3% (к-797, Эфиопия).

В среднем за годы изучения коэффициент вариации Кхоз изменялся от 11,7% до 49,3%.

#### **Биологическая урожайность семян**

Основным интегрирующим показателем возделывания любой сельскохозяйственной культуры является урожайность, которая определяется естественным плодородием почвы, специфическими погодными условиями зоны, применяемой технологией и возделываемым сортом. Результаты полевых исследований показали, что сложившиеся погодные условия по-разному влияли на урожайность сортообразцов чины посевной.

Наиболее высокую урожайность коллекционные сортообразцы чины сформировали в 2009 году – от 2,0 т/га (к-1939, Таджикистан, иранская группа) до 7,0 т/га (к-615706, Украина, среднеевропейская группа), самую низкую урожайность – в жарком и засушливом 2010 г. – от 1,3 т/га (к-1939, Таджикистан, иранская группа) до 5,1 т/га (к-1209, Татария, среднеевропейская группа). Сортообразец к-1939 имел минимальное значение урожайности и в 2011 году – 0,3 т/га, что было самым маленьким значением в коллекции за все годы исследований.

Среди изучаемых сортообразцов чины посевной были выделены наиболее высокоурожайные, урожайность которых за годы исследований составила 5,0-5,8 т/га:

среднеевропейская группа – к-1702 (Франция), к-1200 (Башкирия), к-1707 (Франция), к-1211 (Татария), к-1209 (Татария), к-615706 (Украина); анатолийская группа: к-1229, к-1215, к-1228 (Азербайджан).

По результатам проведенных исследований в 2016 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, внесен новый сорт чины посевной Славянка (Патент № 8431 от 08.04.2016 г.). Сорт среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 87 суток. Высота растений 80...90 см. Цветки белые, семена гладкие, окраска кожуры белая. Масса 1000 семян 214...220 г. Содержание белка в семенах 26,5...29,0%, в зеленой массе 19,4...21,0%. Хорошо посещается медоносными пчелами и другими насекомыми-опылителями.

Сорт высокоурожайный: урожайность семян 4,35 т/га, зеленой массы – 15,14 т/га, максимальная урожайность семян – 4,64 т/га и зеленой массы – 16,72 т/га получена в 2014 году в Орловской области.

Агротехника сорта Славянка – общепринятая для чины посевной. Рекомендуется использовать на зернофураж и зеленый корм в моно – и поливидовых посевах, а также для улучшения кормовой базы пчеловодства во всех зонах возделывания культуры.

На 18-ой Российской агропромышленной выставке «Золотая осень 2016» в г. Москва сорт был награжден Дипломом и золотой медалью.

### Заключение

Таким образом, результаты анализа опытных данных свидетельствуют о том, что:

- по возрастающей степени изменчивости основные элементы структуры семенной продуктивности чины посевной располагаются в следующем порядке: число семян в бобе – 22,6%; масса 1000 семян – 25,8%;  $K_{\text{хоз}}$  – 30,5%; число продуктивных узлов – 35,5%; число бобов на растении – 48,3%; масса бобов с растения – 49,5%; число семян с растения – 51,1%; масса семян с растения – 51,5%;

- выделены сортообразцы, показавшие за годы изучения наиболее высокую урожайность – от 5,0 до 5,8 т/га: среднеевропейская группа – к-1702 (Франция), к-1200 (Башкирия), к-1707 (Франция), к-1211 (Татария), к-1209 (Татария), к-615706 (Украина); анатолийская группа: к-1229, к-1215, к-1228 (Азербайджан);

- создан и внесен в Госреестр высокоурожайный сорт чины посевной Славянка.

### Литература

1. Наумкин В.П., Донской М.М. Цветение и посещаемость пчелами чины посевной // Пчеловодство, – 2014. – № 7. – С. 20-22.
2. Донская М.В., Донской М.М., Наумкин В.П. Возделывание чины посевной как медоносной культуры // Пчеловодство, – 2016. – № 3. – С. 31-33.
3. Велкова Н.И., Донская М.В., Наумкин В.П. Медоносные смеси чины посевной с горчицей белой // Пчеловодство, – 2016. – № 4. – С. 22-24.
4. Донская М.В., Велкова Н.И., Наумкин В.П. Изучение морфобиологических признаков и урожайности совместных посевов чины с горчицей белой // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 1 (17). – С. 63-67.
5. Методические указания ВИР им. Н.И. Вавилова: Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение / М.А. Вишнякова, Т.В. Буравцева, С.В. Булынец и др. – Санкт-Петербург, – 2010. – 141 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.
7. Залкинд Ф.Л. Чина / – Москва: СЕЛЬХОЗГИЗ, – 1953. – 144 с.
8. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблемы растительного белка / – М.: Россельхозиздат, – 1983. – 256 с.
9. Наумкин В.П., Донской М.М. Морфобиологические особенности чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) в условиях Центрально Черноземного региона России // Вестник Орел ГАУ, – 2012. – № 2 (35). – С. 97-101.
10. Наумкин В.П., Донской М.М. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) в условиях Орловской области // Зерновое хозяйство России, – 2012. – № 3 (21). – С. 43-47.
11. Наумкин В.П., Донской М.М., Донская М.В. Исходный материал для селекции чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2013. – № 3 (7). – С. 46-50.
12. Донской М.М., Наумкин В.П., Донская М.В., Мазалов В.И. Практическое руководство по возделыванию чины посевной. - Орел: ФГБНУ ВНИИЗБК, – 2015. – 32 с.

## THE STUDY OF PROMISING VARIETIES OF INDIAN PEA BY THE COMPLEX OF SIGNS

M.V. Donskaya, M.M. Donskoj, V.P. Naumkin \*

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

\* FSBE HE «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

**Abstract:** 46 collection samples of Indian pea (*Lathyrus sativus* L.) from 6 ecological-geographical groups by a complex of economically valuable traits in the conditions of the northern part of the Central Black Earth region were studied. Variety samples were characterized by a wide variation of the studied traits. It is established that according to the increasing degree of variability the main elements of the structure of the seed productivity of Indian pea are arranged in the following order: number of seeds in the bean; weight of 1000 seeds; harvest index; number of productive nodes; number of beans per plant; weight of beans per plant; number of seeds per plant; seed weight per plant. The variety samples that showed the highest yields during the years of study have been identified – from 5,0 to 5,8 t/ha: Central European group – k-1702 (France), k-1200 (Bashkiria), k-1707 (France), k-1211 (Tataria), k-1209 (Tataria), k-615706 (Ukraine); Anatolian group – k-1229, k-1215, k-1228 (Azerbaijan). A new variety of Indian pea the Slavyanka, characterized by high yields, has been created and submitted to the State Register.

**Keywords :** Indian pea, collection, variety sample, productivity, seeds, yield.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11060

УДК: 636.086.3

## ВЛИЯНИЕ СРОКОВ УБОРКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КОРМОВЫХ БОБОВ

Н.Н. ЗЕНЬКОВА, М.О. МОИСЕЕВА, кандидаты сельскохозяйственных наук

УО «ВИТЕБСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»  
г. Витебск, Республика Беларусь, zenkov1954@mail.ru

*В статье представлены данные по качественному составу зелёной массы кормовых бобов в зависимости от срока уборки. Наибольший сбор сухого вещества и сырого протеина с гектара получены при более позднем сроке уборки.*

**Ключевые слова:** кормовые бобы, продуктивность, зелёная масса.

Состояние молочного скотоводства зависит от многих факторов, но в большей степени – от уровня и качества кормления сельскохозяйственных животных. Сбалансированность рационов необходима не только для получения высокой продуктивности, но и как основа для сохранения здоровья и реализации генетического потенциала животных.

При переходе на круглогодичное стойловое содержание дойного стада появилась необходимость пересмотра структуры годового рациона. Вместо зеленого корма используют кукурузный силос, как единственный из разновидностей силосов, пренебрегая при этом силосом из других культур, без учета различий по химическому составу и влияния данных видов силосов на организм животного [1].

Заготовка разных видов силосов обосновывается наличием и уровнем содержащихся в них компонентов, питательных и биологически активных веществ, влиянием на жизнедеятельность животных и их продуктивность, а также взаимодействием с другими кормами рациона в определенных пропорциях.

Разные виды силосов оказывают взаимодополняющее действие в группе сочных объемистых кормов: кукурузным силосом можно сбалансировать энергию и крахмал за счет

зерна, травяными (проявленными) силосами дополнить сахара, кальций, каротин, витамин D, а силосом из бобовых культур дополнить рационы протеином и каротином.

Одной из таких культур с высоким содержанием протеина в зеленой массе являются кормовые бобы, интерес к которым в последние годы значительно повысился, а посевные площади увеличились в регионах с умеренным, прохладным и влажным климатом. Кормовые бобы являются самой урожайной зернобобовой культурой [2].

В настоящее время в РБ предложено производству 4 сорта кормовых бобов, включенных в Государственный реестр: Стрелецкие (Россия), Тайфун, Фанфар (Германия), Бобас (Польша).

Ценность кормовых бобов определяется не только высоким содержанием и биологической полноценностью белка в зерне, хорошим питательным составом зеленой массы, но и высокой переваримостью питательных веществ и хорошей поедаемостью [3].

Цель исследований – изучение продуктивности и качественного состава зеленой массы кормовых бобов для установления оптимальной фазы уборки для заготовки силоса.

#### **Материалы и методы.**

Кормовые бобы сорта Стрелецкие выращивали на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве: рН (КСИ – 6,0-6,2)  $P_2O_5$  – 181 мг/га,  $K_2O$  – 221 мг/кг почвы, гумус – 2,2%. Посев провели 5 мая, обычным рядовым способом с нормой высева семян – 600 тыс.шт./га. Посев осуществляли на глубину 7 см. В борьбе с сорняками использовали почвенный гербицид Гезагارد из расчета 3 л/га (200-300 л/га рабочей жидкости).

Уборку кормовых бобов на зеленую массу проводили в три срока: 1-й срок уборки – фаза цветение – образование бобов 4-х ярусов (6 июля, через 61 день после посева); 2-й срок – образование бобов – формирование семян (19 июля, через 74 дня); 3-й срок – начало молочно-восковой спелости зерна (13 августа, через 99 дней после посева). Скашивали растения на высоте 10-15 см.

#### **Результаты исследования**

Как показали наблюдения, постоянными вредителями на посевах кормовых бобов были клубеньковые долгоносики и тля. Следует отметить, что поврежденность долгоносиками листовой поверхности незначительная и сглаживалась достаточно быстрым ростом листовой поверхности и стеблей, поэтому посевы не обрабатывали. Значительный вред наносила тля, заселяя растение с начала фазы цветения до образования бобов, формирования семян. Численность вредителей зависела от погодных условий: в жаркий и сухой вегетационный период 2017 года их численность была меньшей, но вредоносность большей. При более благоприятных условиях 2018 года численность была большей, но вредоносность снижалась, в том числе благодаря и тому, что растения кормовых бобов компенсировали поражения более быстрым ростом стебля и листовой поверхности.

Учеты и наблюдения за ростом и развитием кормовых бобов на зеленую массу показали, что всходы кормовых бобов появились на 8-11 день после посева. Линейный рост и формирование биомассы кормовых бобов зависели от условий произрастания.

Установлено, что кормовые бобы чаще всего повреждались болезнями со второй половины вегетации, начинали заметно увеличиваться проявления болезней. Самыми распространенными были пероноспороз бобов (мучнистая роса), шоколадная пятнистость, оливковая плесень.

Протравливание семян и однократная обработка кормовых бобов по вегетации препаратом Коласаль (из расчета 0,4 л/га), сдерживали развитие болезни до 22.08.17 года (фаза образование бобов – формирование семян). В условиях 2018 года протравливание и двукратная обработка только частично защищали кормовые бобы от болезней при уборке их на зеленую массу к 3-му сроку уборки (13.08.). Поэтому следует учитывать тот факт, что при выращивании кормовых бобов на зеленую массу необходима обязательна двукратная обработка посевов фунгицидами, а при выращивании на зерно – трехкратная.

Урожайность зеленой массы зависит от количества растений на единице площади и массы растения. В 2017 году высота растения кормовых бобов на зеленую массу к первому

сроку уборки достигла 66-88 см, ко второму – 90-97, к третьему – 100-101 см. При этом следует отметить, что прирост высоты стебля над последним ярусом бобов составил 10-12 см.

В 2018 году к первому сроку уборки высота растения кормовых бобов составляла 60-71 см, ко второму сроку - 100-105 см и к третьему сроку уборки – 125-140 см. При этом цветение и образование бобов прекратилось, и интенсивно начала формироваться биомасса, высота стебля над последним ярусом бобов увеличилась на 20-30 см. Интенсивный рост биомассы продолжался до 10 августа, а послужили этому сложившиеся благоприятные погодные условия в данный период (достаточное количество осадков и высокая температура воздуха 25-27<sup>0</sup>С).

Следует отметить, что в более засушливом 2017 году растения сформировали 6-8 ярусов бобов, равномерно расположив в нижних ярусах по 2-3 боба в ярусе и по 2-3 семени в бобе, в верхних ярусах – 1-2 боба и по 2 семени.

В условиях 2018 года растения сформировали 8-12 ярусов бобов: в нижних ярусах по 2-3 боба и по 2-3 семени в бобе, в среднем ярусе – по 3-4 боба и по 3-4 семени в бобе, а в верхних ярусах – по 1-2 боба и 1 семени. Несмотря на то, что кисти в нижней трети генеративной сферы несут больше цветков, чем расположенные выше, при формировании нижних ярусов были неблагоприятные условия (засуха) и цветки опадали, а в период формирования среднего яруса бобов были благоприятные условия для образования бобов и формирования семян. В период образования бобов верхнего яруса были более благоприятные условия для формирования биомассы, но не для образования бобов.

Результаты исследований показали, что при первом сроке уборки – цветение – образование бобов 4-х ярусов содержание сухого вещества составило 14%, при втором – образование бобов – формирование семян – 19%, при третьем сроке уборки - начало молочно-восковой спелости зерна – 25% (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние сроков уборки на урожайность зеленой массы и сухого вещества кормовых бобов, ц /га**

| Период уборки                                 | Зеленая масса | Сухое вещество |
|-----------------------------------------------|---------------|----------------|
| 1-й - Цветение - образование бобов 4-х ярусов | 350           | 49             |
| 2-й - Образование бобов - формирование семян  | 320           | 61             |
| 3-й - Начало молочно-восковой спелости зерна  | 260           | 65             |

Наибольшую урожайность зеленой массы кормовые бобы сформировали в первом сроке уборки – 350 ц /га, ко второму сроку она снизилась на 8,6% и составила 320 ц /га, к третьему сроку уборки снизилась на 25,8% и составила 260 ц /га.

При этом при первом сроке уборки был получен наименьший сбор сухого вещества – 49 ц /га, при втором сроке уборки сбор сухого вещества увеличился на 24,5% и составил 61 ц /га, к третьему сроку уборки увеличился на 32,5% и составил 65 ц /га.

Сохранность питательных веществ в зеленой массе непосредственно зависит от фазы уборки и структуры урожая растения.

Как показали результаты исследования, структура урожая зеленой массы кормовых бобов зависела от срока уборки: при первом сроке уборки основную долю зеленой массы обеспечивали листья (39,6%) и стебли (40,0%); доля соцветий и бобов была наименьшей (20,4%). Это в свою очередь оказало значительное влияние на питательную ценность корма. При втором сроке уборки доля листьев в структуре урожая снизилась до 26,6%, стеблей - до 27,8%, но при этом доля бобов и единичных соцветий возросла до 45,6%.

При третьем сроке уборки структура урожая зеленой массы была следующей: доля листьев составила 22, 4%, стеблей – 26,4%, доля бобов – 51,2%.

В 1 кг сухого вещества кормовых бобов при первом сроке уборки содержалось: 1,04 к. ед., 11,34 МДж ОЭ, 22,54% сырого протеина, 22,54% сырой клетчатки и 8,34% сырой золы;

при втором сроке уборки – 0,97 к. ед., 10,96 МДж ОЭ, 25,08% сырого протеина, 22,45% сырой клетчатки и 8,07% сырой золы; при третьем сроке уборки – 0,95 к. ед., 10,82 МДж ОЭ, 24,58% сырого протеина, 23,25% сырой клетчатки и 8,03% сырой золы (табл. 2.)

Анализируя химический состав зеленой массы кормовых бобов, убранных в разные фазы вегетации, следует отметить, что содержание энергии в сухом веществе зеленой массы снижалось от первого срока уборки до третьего всего на 0,52 МДж, что подтверждает ее высокую энергетическую ценность. Содержание сырого протеина увеличивалось на 2,04%, что объясняется увеличением в структуре урожая веса бобов и сформированных семян. Немаловажным является тот факт, что содержание клетчатки в сухом веществе зеленой массы кормовых бобов по срокам уборки увеличивалось незначительно, менее чем на 1%.

Следует отметить, что в 1 кг зеленой массы кормовых бобов содержалось от 51 до 62 мг каротина. Обобщающим показателем продуктивности и качественного состава корма является сбор кормовых единиц и обеспеченность 1-й кормовой единицы переваримым протеином (табл. 3).

Таблица 2.

**Химический состав зеленой массы кормовых бобов при разных сроках уборки**

| Показатели                          | Зеленая масса кормовых бобов |                 |                 |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                     | 1-й срок уборки              | 2-й срок уборки | 3-й срок уборки |
| на 1 кг корма натуральной влажности |                              |                 |                 |
| Сухое вещество, кг                  | 0,14                         | 0,19            | 0,25            |
| Сырой протеин, г                    | 31,55                        | 47,63           | 46,45           |
| Сырой жир, г                        | 4,41                         | 8,11            | 8,48            |
| Сырая клетчатка, г                  | 28,46                        | 42,66           | 58,12           |
| Сырая зола, г                       | 11,67                        | 15,33           | 20,07           |
| Каротин, мг                         | 62,0                         | 59,0            | 51,0            |
| Са, г                               | 2,05                         | 1,98            | 3,0             |
| Р, г                                | 0,53                         | 0,89            | 1,44            |
| Мп, мг                              | 2,7034                       | 4,2275          | 5,6975          |
| Со, мг                              | 0,016                        | 0,0030          | 0,0032          |
| Си, мг                              | 0,5702                       | 0,8379          | 2,4487          |
| Зп,мг                               | 1,865                        | 2,459           | 11,858          |
| Кормовые единицы                    | 0,15                         | 0,18            | 0,24            |
| Обменная энергия, Мдж               | 1,59                         | 2,08            | 2,71            |
| Переваримый протеин, г              | 24,29                        | 36,69           | 47,32           |
| в 1 кг сухого вещества              |                              |                 |                 |
| Кормовые единицы                    | 1,04                         | 0,97            | 0,95            |
| Обменная энергия, Мдж               | 11,34                        | 10,96           | 10,82           |
| Сырой протеин, %                    | 22,54                        | 25,08           | 24,58           |
| Сырая клетчатка, %                  | 20,33                        | 22,45           | 23,25           |
| Сырая зола, %                       | 8,34                         | 8,07            | 8,03            |
| Мп, мг                              | 19,31                        | 22,25           | 22,79           |
| Со, мг                              | 0,0111                       | 0,0156          | 0,0128          |
| Си, мг                              | 4,073                        | 4,410           | 9,795           |
| Зп,мг                               | 13,32                        | 12,94           | 47,43           |
| К, г                                | 5,4                          | -               |                 |
| Na, г                               | 0,32                         | -               |                 |

Установлено, что наибольший сбор сухого вещества (65,0 ц /га) получен при третьем сроке уборки – начало молочно-восковой спелости зерна, что на 32,7% выше, чем при более ранних сроках уборки.

Наибольший сбор сырого протеина с 1 га получен при уборке зеленой массы кормовых бобов в более позднюю фазу и составил 11,13 ц /га, что на 30,3-44,2% выше, чем при уборке в более ранние сроки. Обеспеченность 1 кормовой единицы зеленой массы кормовых бобов переваримым протеином составила 152-181 г, что подтверждает высокую обеспеченность зеленой массы белком.

Таблица 3

**Продуктивность и качественный состав зеленой массы кормовых бобов по срокам уборки**

| Срок уборки | Сбор сухого вещества, ц/га | Корм. ед., ц/га | Обменная энергия, МДж | Сырой протеин, ц/га | Переваримый протеин, ц/га | Обеспеченность 1корм.ед. перев. протеин., г |
|-------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 1-й         | 49                         | 50,96           | 555,7                 | 11,04               | 7,72                      | 152                                         |
| 2-й         | 61                         | 59,17           | 668,6                 | 15,29               | 10,71                     | 181                                         |
| 3-й         | 65                         | 61,8            | 703,3                 | 15,9                | 11,13                     | 180                                         |

Таким образом, наилучшие показатели качества зеленой массы кормовых бобов были получены при третьем сроке уборки - начало молочно-восковой спелости зерна: сбор сухого вещества составил 65,0 ц/га, сбор сырого протеина с 1 гектара – 11,13 ц/га, обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином составила 180 г.

**Литература**

1. Микуленок В. Г. Основные неиспользованные резервы в системе «корма-молочная продуктивность – долголетие коров» // Ученые записки, Том. 53. Выпуск 4. Витебск: ВГАВМ, – 2017 – С. 134-138.
2. Зенькова Н. Н., Микуленок В.Г. Возрождение кормовых бобов в кормопроизводстве. // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 7. – С. 32-35.
3. Шлома Т. М., Зенькова Н.Н. Оптимизация азотного питания зернобобовых культур // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 3. – С. 10-12.

**INFLUENCE OF HARVESTING TIME ON PRODUCTIVITY AND QUALITATIVE COMPOSITION OF GREEN MASS OF FORAGE BEANS**

**N.N. Zen'kova, M.O. Moiseeva**

EE “VITEBSK STATE ACADEMY OF VETERINARY MEDICINE”

**Abstract:** The article presents data on the qualitative composition of the green mass of fodder beans, depending on the time of harvesting. The largest collection of dry matter and crude protein per hectare was obtained at a later harvest.

**Keywords:** forage beans, productivity, green mass.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛИЭМБРИОНИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.) В СВЯЗИ С СЕЛЕКЦИЕЙ НА ПОВЫШЕННУЮ СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

З.А ЗАРЬЯНОВА, С.В. КИРЮХИН, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*Изучена полиэмбриония клевера лугового на основе анализа в коллекционном питомнике головок 52 сортов отечественного и зарубежного происхождения. Выделены 16 сортов с наличием признака двусемянности боба. Проведена работа по созданию селекционного материала с повышенной семенной продуктивностью на основе индивидуально-семейственного отбора растений с наличием признака полиэмбрионии. Получены номера, превосходящие исходный материал по двусемянности боба и обсеменённости головок. Выделены образцы с комплексом хозяйственно полезных признаков.*

**Ключевые слова:** клевер луговой, селекция, семенная продуктивность, двусемянность боба, отбор, селекционные номера, корреляция.

Семенная продуктивность клевера лугового продолжает оставаться невысокой и нестабильной по годам. Это обусловлено особенностями культуры и основными направлениями селекции – на увеличение и улучшение кормовой массы. Недостаточно высокая урожайность семян является причиной сдерживания увеличения площадей под этой ценной для животноводства и земледелия культурой, внедрения в производство новых высокопродуктивных по кормовой массе сортов. Актуальной задачей является создание сортов клевера лугового, обладающих наряду с кормовыми достоинствами и повышенной семенной продуктивностью. Одно из направлений селекции на высокую семенную продуктивность – использование генетически обусловленного признака двусемянности боба. Известно, что завязь клевера лугового является одногнёздной, но с двумя семяпочками, из которых в семя развивается одна. Однако в единичных случаях отмечается наличие близнецовых семян – двусемянность боба или полиэмбриония [1]. Несмотря на отрицательное отношение некоторых исследователей к использованию этого признака в селекции клевера лугового на повышенную семенную продуктивность [2, 3], имеются сообщения, что отбор по признаку двусемянности боба позволяет создать популяции со стабильно высокой семенной продуктивностью за счёт увеличения обсеменённости соцветий до 80-95% [4, 5]. Целью исследований являлось изучение коллекции клевера лугового по признаку двусемянности боба, выделение сортов с наличием полиэмбрионии, создание линий с высокой концентрацией этого признака для дальнейшего использования в создании гибридов, сложногобридных и синтетических популяций, характеризующихся повышенной семенной продуктивностью.

### Материал и методы исследований

Исследования были проведены в 1995-2017 гг. во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. Закладка опытов, полевые наблюдения, оценка морфологических и хозяйственных признаков проведены в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [6, 7]. Изучение коллекционного материала проводилось в питомнике, заложенном ручной сеялкой РС-1М, широкорядным способом (х 0,7 м), длина делянки – 10 м, норма высева – из расчёта 12 кг/га всхожих семян. Питомники отбора по двусемянности боба закладывались в поле рассадой, выращенной в условиях искусственного климата, квадратно-гнездовым способом по схеме 0,7 х 0,7 м. Экрановая изоляция в питомниках между сортами и номерами клевера лугового – тимофеевка луговая. Структуру соцветия изучали на 20 головках сорта или на 5



головках растения при их индивидуальном размещении, отобранных из среднего яруса. Двусемянность боба определяли как отношение количества бобов с двумя семенами к общему количеству бобов в головке (%); относительную двусемянность – как долю семян из двусемянных бобов к общему количеству семян в головке (%); завязываемость семян – как отношение количества всех семян к количеству бобов в головке (%); обсеменённость соцветий – как отношение выполненных (полноценных) семян к количеству бобов в головке (%).

### Результаты исследований и обсуждение

В селекции клевера лугового на повышенную семенную продуктивность отбор исходного материала ведётся по признакам, имеющим высокую корреляционную связь с урожайностью семян. Это общее количество семян в головках, количество выполненных семян в головках, завязываемость семян, обсеменённость соцветий, количество головок на растении, вес головок с растения, количество стеблей в кусте, масса сухого вещества куста в период уборки урожая семян, высота куста [8]. Выведение сортов клевера лугового с повышенной семенной продуктивностью за счёт двусемянности боба является давней мечтой селекционеров. Исследования по этому вопросу впервые в России были проведены в 1915 г. на Шатиловской опытной станции А.Ф. Щербаковым. Им было установлено, что из 13 изученных популяций клевера лугового признаком двусемянности обладали только две (15,4%) и в незначительном количестве (менее 1%) [2]. Ф.С. Щербаков, так же, как впоследствии М. Uzik (1980 г.) [3] не возлагали на этот метод надежды, так как считали, что семена из двузёрных бобов являются более мелкими, чем из однозёрных бобов и будут уступать им по качеству. В то же время известно, что в животном мире особи, появившиеся в результате многоплодных рождений, в последующем являются более многоплодными, чем их сверстники [9]. По аналогии с этим можно надеяться, что растения клевера лугового, характеризующиеся двусемянностью боба, будут иметь более высокие потенциальные возможности по завязываемости бобов и обсеменённости головок, в том числе в годы с неблагоприятными для семеноводства погодными условиями.

В нашей работе было проведено изучение 52 сортов клевера лугового отечественного и зарубежного происхождения из коллекции ВИР (ныне ФГБНУ «ФИЦ ВИГРР ИМ. Н.И.Вавилова»). Результаты исследований показали, что за прошедшие 100 лет мало что изменилось в характеристике клевера лугового по признаку двусемянности боба, несмотря на многолетнюю селекционную работу с этой культурой. В коллекционном питомнике были выделены 16 сортов клевера лугового с наличием признака полиэмбрионии, что составило 30,8% от общего количества исследованных сортов. При этом степень проявления этого признака колебалась в пределах 0,01-2,3%, в среднем по сортам – 0,41% (табл. 1).

Наибольшее количество двусемянных бобов содержали головки сорта Хакасский 1 – 2,03% от общего количества бобов в головках. Наличием признака полиэмбрионии также характеризовались сорта: Порецкий местный – 0,88%, Каргапольский – 0,42%, Раннеспелая популяция 1 – 0,37%, Орловский среднеранний – 0,36%, Уладовский 73 – 0,28%, а также Томский местный, Красный Орёл, Мироновский 45, Пошехоно-Володарский, Кировский 159 – 0,04-0,18%. Среди сортов клевера лугового зарубежного происхождения двусемянностью боба обладали сорта: Born Pajbjerg – 0,71%, Memmos – 0,39%, Hunsballe – 0,38%, Fetzerskitzinger – 0,03%, Rondo – 0,01%.

Анализ структуры 100 головок урожая 1997 г. сортов клевера лугового Орловский среднеранний и Хакасский 1 показал, что головки сорта Орловский среднеранний состояли в среднем из 96,9 бобов, головки сорта Хакасский 1 были крупнее и содержали 139,3 бобов. На одну головку сортов соответственно приходилось 0,59 и 2,06 двусемянных бобов, а двусемянность боба составила 0,61% и 1,48%. Всего в головках сорта Орловский среднеранний в среднем образовалось 55,5 шт. семян, Хакасский 1 – 61,9 шт. семян, из них выполненными являлись 48,9 шт. и 56,2 шт. семян, что составляло 88,5 и 90,8% соответственно. При этом завязываемость семян сорта Орловский среднеранний составляла 57,2%, Хакасский 1 – 44,4%; обсеменённость соцветий – 50,5% и 40,4% соответственно.

Доля двусемянных бобов от количества бобов с завязавшимися семенами у сорта Орловский среднеранний составила 1,08%, сорта Хакасский 1 – 3,39%. Масса 1000 выполненных семян у сорта Орловский среднеранний в среднем составила 1,8 г, сорта Хакасский 1 – 1,72%. Масса 1000 выполненных семян из двусемянных бобов была меньше и составила у сорта Орловский среднеранний 1,49 г., у сорта Хакасский 1 – 1,05 г.

Таблица 1

**Характеристика сортов клевера лугового, выделенных  
в коллекционном питомнике по признаку двусемянности боба**

| Наименование сортов     | Происхождение         | Количество бобов в<br>20 головках, шт. |                       | Двусемянность<br>боба, % |
|-------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                         |                       | всего                                  | в т.ч.<br>двусемянных |                          |
| Хакасский 1             | Хакассия              | 2605                                   | 53                    | 2,03                     |
| Порецкий местный        | Чувашия               | 3062                                   | 27                    | 0,88                     |
| Каргапольский           | Архангельская область | 1888                                   | 8                     | 0,42                     |
| Раннеспелая популяция 1 | ВНИИЗБК               | 2958                                   | 11                    | 0,37                     |
| Орловский среднеранний  | ВНИИЗБК               | 2812                                   | 10                    | 0,36                     |
| Уладовский 73           | Украина               | 2892                                   | 8                     | 0,28                     |
| Кировский 159           | НИИСХ Северо-Востока  | 3274                                   | 6                     | 0,18                     |
| Пошехоно-Володарский    | Ярославская область   | 2670                                   | 3                     | 0,11                     |
| Мироновский 45          | Краснодарский край    | 2681                                   | 3                     | 0,11                     |
| Красный Орёл            | Нижегородская область | 2177                                   | 2                     | 0,09                     |
| Томский местный         | Томская область       | 2819                                   | 1                     | 0,04                     |
| Born Pajbjerg           | Дания                 | 2813                                   | 20                    | 0,71                     |
| Memmos                  | Канада                | 3096                                   | 12                    | 0,39                     |
| Hunsballe               | Дания                 | 3196                                   | 12                    | 0,38                     |
| Fetzerskitzinger        | Германия              | 3136                                   | 1                     | 0,03                     |
| Rondo                   | Дания                 | 2094                                   | 2                     | 0,01                     |
| В среднем по сортам     | -                     | 2761                                   | 11,2                  | 0,41                     |

Несмотря на то, что по двусемянности боба сорт Хакасский 1 имел более высокие показатели, для дальнейшей работы использовался сорт Орловский среднеранний собственной селекции, как более урожайный по кормовой массе, экологически устойчивый в зоне проведения исследований и имеющий более высокую массу 1000 семян. Из выполненных семян двусемянных бобов, отобранных из сорта Орловский среднеранний, был заложен питомник отбора по признаку двусемянности боба с индивидуальным стоянием растений по схеме 0,7 х 0,7 м.

Индивидуальный отбор растений по признаку двусемянности боба из сорта Орловский среднеранний показал свою перспективность уже во втором поколении. В 1999 г., характеризующемся неблагоприятными засушливыми погодными условиями в период цветения клевера лугового, были отобраны растения с двусемянностью боба 2,1-3,3%, относительной двусемянностью боба – 8,1-11,6%, что превышало исходную популяцию на 1,5-2,7% и 7,0-10,5% соответственно. В последующие годы в четвёртом поколении отбора были выделены номера с двусемянностью боба 3,1-5,1% и относительной двусемянностью боба 7,1-10,5%.

В 2010-2012 гг. было проведено изучение селекционных номеров пятого поколения отбора из сорта Орловский среднеранний. Были выделены отдельные растения с двусемянностью боба 5,9-7,3%.

Было подтверждено мнение предыдущих исследователей, что проявление признака полиэмбрионии боба в значительной степени зависит от погодных условий вегетационного периода [1, 4].

Проведённый нами анализ корреляционной связи между двусемянностью боба и семенной продуктивностью растений клевера лугового показал, что она является непостоянной и в значительной степени обусловлена погодными условиями года исследований. Так, в экстремально засушливых погодных условиях 2010 года семенная продуктивность растений клевера лугового имела высокую корреляционную связь с показателями генеративной сферы, в том числе количеством выполненных семян в головках ( $r = 0,81$ ), общим количеством завязавшихся семян в головках ( $r = 0,76$ ), завязываемостью семян ( $r = 0,75$ ), обсеменённостью головок ( $r = 0,79$ ). В этом году была отмечена средняя положительная корреляционная связь между семенной продуктивностью выделенных номеров и двусемянностью боба ( $r = 0,48$ ), а также количеством двусемянных бобов в головках ( $r = 0,38$ ).

В 2012 году, более благоприятном для роста и развития клевера лугового, семенная продуктивность селекционных номеров определялась как показателями генеративной сферы, так и развитием вегетативной массы растения. На семенную продуктивность растений оказывало влияние содержание бобов в головках ( $r = 0,65$ ), общее количество семян в головках ( $r = 0,55$ ), количество выполненных семян в головках ( $r = 0,41$ ), завязываемость семян ( $r = 0,42$ ), обсеменённость головок ( $r = 0,28$ ). Двусемянность боба в этот год не была важным показателем для формирования семенной продуктивности. Сбор семян с растения в этом году в сильной степени определялся количеством головок на растении ( $r = 0,98$ ) и их весом ( $r = 0,98$ ), весом сухой массы растения в период созревания семян ( $r = 0,96$ ), количеством стеблей в кусте ( $r = 0,86$ ).

В шестом поколении отбора (2017 г.) были отобраны растения, характеризующиеся, наряду с двусемянностью боба, наличием хозяйственно-полезных признаков.

По мощности развития были выделены 39 растений, вес воздушно-сухого вещества которых составил 300-560 г, что превышало средний уровень по опыту на 87-337 г или на 40,8-158,2%. Обилием головок характеризовались 37 растений, на которых их количество достигало 400-850 штук, что превышало средний уровень по опыту на 125-575 головок или на 45,5-209,1%. Вес головок растений в опыте колебался от 5,0 до 167 г, составляя в среднем 62 г. Отдельные растения имели значительно более высокие показатели семенной продуктивности, вес головок которых составлял 100-167 г, превзошедший средний уровень на 38-105 г или на 61,3-169,4%.

В среднем по номерам в головке клевера лугового содержалось 70,1 штук семян. Выделены отдельные генотипы с повышенной семенной продуктивностью, в головках которых насчитывалось более 80 штук семян. Установлено, что подавляющее большинство номеров (90,9%) характеризовались наличием признака полиэмбрионии. Доля семян из двусемянных бобов составляла в головках от 1,0 до 26,0%. Наиболее высокую относительную двусемянность боба имели номера: ДС-134-56-39-11-1-6 (26,0%), ДС-134-56-8-32-3-7 (22,4%), ДС-134-56-8-12-1-6 (18,9%), ДС-134-56-39-11-1-7 (16,9%), ДС-134-56-8-32-3-4 (16,3%). Превышение среднего значения по опыту составило 8,7-18,4%. Путем индивидуального отбора в течение 6 поколений из сорта Орловский среднеранний были выделены генотипы, превышающие исходную популяцию по доле семян от их общего количества в головке в 7,6-12,2 раза.

Генотипы ДС-134-56-8-32-4-63, ДС-134-56-8-32-3-4, ДС-134-56-39-11-1-1 характеризовались наличием комплекса хозяйственно полезных признаков – высоким содержанием семян в головках (76,0-97,6 шт.), в том числе из двусемянных бобов (8,6-18,4 шт.), относительной двусемянностью боба (11,3-18,9%), обилием соцветий (289-476 шт./растение), весом соцветий (82-90 г/растение), весом сухой массы растения (270-310 г), количеством стеблей (23-45 шт./растение), высотой растения (70-85 см). Превышение показателей этих номеров над средним уровнем по всем номерам питомника составило

соответственно 5,9-27,5 шт.; 3,3-13,1 шт.; 3,7-11,3%; 14,3-201,3 шт.; 20-28 г; 56,7-176,7 шт.; 2,2-24,2 шт.; 0,8-14,8 см (табл. 2).

Таблица 2

**Перспективные селекционные номера клевера лугового  
шестого поколения отбора по признаку двусемянности боба**

| Наименование лучших растений | Количество семян в головке, шт., в среднем |                             | Доля семян из двусемянных бобов, % | Количество соцветий, шт./раст. | Вес сухой массы, г/раст. |
|------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                              | всего                                      | в т.ч. из двусемянных бобов |                                    |                                |                          |
| ДС-134-56-8-32-3-7           | 101,0                                      | 22,4                        | 22,2                               | 224                            | 170                      |
| ДС-134-56-8-32-4-63          | 97,6                                       | 18,4                        | 18,9                               | 298                            | 310                      |
| ДС-134-56-39-11-1-6          | 87,8                                       | 22,8                        | 26,0                               | 285                            | 170                      |
| ДС-134-56-8-32-4-22          | 83,2                                       | 9,2                         | 11,1                               | 241                            | 210                      |
| ДС-134-56-8-32-3-4           | 81,2                                       | 13,2                        | 16,3                               | 289                            | 270                      |
| ДС-134-56-40-73-1-7          | 80,0                                       | 9,2                         | 11,5                               | 203                            | 120                      |
| ДС-134-56-39-11-1-1          | 76,0                                       | 8,6                         | 11,3                               | 476                            | 390                      |
| ДС-134-56-8-32-4-65          | 72,8                                       | 7,2                         | 9,9                                | 209                            | 170                      |
| ДС-134-56-8-32-2-9           | 70,6                                       | 4,8                         | 6,8                                | 300                            | 240                      |
| ДС-134-56-39-11-1-7          | 66,2                                       | 11,2                        | 16,9                               | 547                            | 390                      |
| ДС-134-56-40-73-8-5          | 57,2                                       | 4,4                         | 7,7                                | 683                            | 350                      |
| Среднее по опыту (161 раст.) | 70,1                                       | 5,3                         | 7,6                                | 275                            | 213                      |

### Заключение

Признаком двусемянности боба обладает ограниченное количество сортов клевера лугового, по нашим данным около 30%. Выраженность признака полиэмбрионии невысокая – по разным сортам от 0,01% до 2,03% от общего содержания бобов в головке. Семена из двусемянных бобов более мелкие, чем из односемянных бобов, в том числе масса 1000 выполненных семян сорта Орловский среднеранний из двусемянных бобов составляла 1,49 г или 82,8% от массы 1000 семян из односемянных бобов (1,8 г). Анализ корреляционной связи двусемянности боба с семенной продуктивностью растений показал её положительное значение, особенно проявившееся в год с неблагоприятными для семеноводства клевера лугового погодными условиями.

Методом индивидуального отбора из сорта Орловский среднеранний получены генотипы, превышающие в шестом поколении исходный образец по доле семян из двусемянных бобов от их общего содержания в головке в 7,6-12,2 раза. Выделены номера, обладающие в О<sub>6</sub> наиболее высокой относительной двусемянностью боба – ДС-134-56-39-11-1-6 (26,0%), ДС-134-56-8-32-3-7 (22,4%), ДС-134-56-8-12-1-6 (18,9%), ДС-134-56-39-11-1-7 (16,9%), ДС-134-56-8-32-3-4 (16,3%). Генотипы ДС-134-56-8-32-4-63, ДС-134-56-8-32-3-4, ДС-134-56-39-11-1-1 характеризовались наличием комплекса хозяйственно полезных признаков. Для устранения явления депрессии и расширения генетической основы селекционного материала с признаком двусемянности боба необходимо использовать полученные селекционные номера для создания гибридов, сложногибридных популяций и синтетических сортов путём переопыления с линиями, отобранными из других сортов по признаку полиэмбрионии.

### Литература

1. Новосёлова А.С. Селекция и семеноводство клевера // – М.: Агропромиздат, – 1986. – 199 с.
2. Щербаков Ф.С. К вопросу о дву- и многозёрности боба клевера красного (*Trifolium pratense* L.) (Из мат. отд. энтомологии Шатиловской с.-х. опытной станции) // Вестник сельского хозяйства. – 1916. – № № 19, 20. Отдельный оттиск из журнала «Вестник сельского хозяйства», – 1916. – 13 с.

3. Uzik M. Dvojsemennatost strukov dateliny lucnei (*Trifolium pratense* L.). 3/ Vzájomne vzťahy medzi semenarskými znakmi a urodou semena. Ved. Pr. Vysk. Ustavu raste, Viroby Piest. Fnoch. // Krmoviny. – 1980. – № 17. – P. 29-41.
4. Новосёлова А.С., Косицына-Пинегина Е.А. Двусемянность бобов – фактор увеличения семенной продуктивности клевера лугового. // Доклады ВАСХНИЛ. – 1982. – № 9. – С. 22-24.
5. Новосёлова А.С., Косицына-Пинегина Е.А., Разгуляева Н.В. Образец клевера лугового с двусемянными бобами // Селекция и семеноводство. – 1988. – № 2. – С. 27-28.
6. Методические указания по селекции многолетних трав. – М.: ВНИИ кормов, – 1985. – 187 с.
7. Методические указания по селекции и семеноводству клевера. – М.: ВНИИ кормов, – 2002. – 71 с.
8. Зарьянова З.А., Кирюхин С.В. Сопряжённость семенной продуктивности клевера лугового с его хозяйственными, биологическими и морфологическими признаками // Образование, наука и производство. – 2014. – № 2-3. – С. 88-91.
9. Баранова Н.С. Многоплодие коров костромской породы // Труды Костромской Государственной сельскохозяйственной академии. Доклады юбилейной конференции, посвящённой 50-летию создания костромской породы крупного рогатого скота. – Кострома, – 1995. – С. 81-84.

## RED CLOVER (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.) POLYEMBRYONY PROPERTIES IN CONNECTION WITH SELECTION FOR IMPROVED SEED PRODUCTION

Z.A. Zaryanova, S.V. Kiryuhin

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

**Abstract:** Red clover polyembryony was studied based on the analysis of heads of 52 varieties of domestic and foreign origin in the collection nursery. 16 varieties with two-seed trait of the pod were allocated. Work was done to create a breeding material with increased seed productivity on the basis of individual-and-family selection of plants with the presence of a polyembryonic trait. The numbers exceeding the initial material by the two-seedness of the bean and the seeding of the heads were obtained. Samples with a set of economically useful traits are highlighted.

**Keywords:** Red clover, breeding, seed productivity, two-seedness of the bean, selection, selection numbers, correlation.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11062

УДК 633.367.632.4

## АНТРАКНОЗ ЛЮПИНА И ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

В.И. РУЦКАЯ, кандидат биологических наук

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЮПИНА –  
ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР КОРМОПРОИЗВОДСТВА И  
АГРОЭКОЛОГИИ имени В.Р. ВИЛЬЯМСА», г. Брянск

Из комплекса болезней, встречающихся на люпине, наиболее вредоносным является антракноз. В России антракноз на люпине появился в конце XX века и стал одной из основных причин, препятствующих его возделыванию. На протяжении ряда лет развитие болезни на люпине, особенно на желтом, носило эпифитотийный характер. Во ВНИИ люпина изучили особенности биологии развития антракноза, что позволило разработать эффективные меры защиты и вернуть люпин на поля. Возбудителем данного заболевания является несовершенный гриб *Colletotrichum lupini* var. *Lupini*, который имеет ряд биологических особенностей: развивается только во влажной среде на молодых растущих тканях хозяина, распространяется в основном ветром с каплями дождя. Попадая на растение-хозяина, поражает молодые растущие ткани: в фазу стеблевания – стебель и листья, бутонизации и цветения – генеративные органы, бобообразования – молодые растущие бобы. В местах поражения образуются характерные для антракноза язвы, заполненные большим количеством склеенных между собой спор. Инкубационный период

составляет 5-7 дней. Сформированные споры сохраняются в язвах до следующего выпадения осадков. Агрессивность возбудителя антракноза объясняется высокой воспроизводимостью патогена. Так, в одной сформированной язве может содержаться до 1-5 млрд. спор. При наличии необходимых условий для их распространения и развития 3-5 таких язв на 1 га могут вызвать эпифитотийное развитие антракноза. Гриб сохраняется в основном в семенах люпина, поэтому основным средством борьбы с ним является эффективное протравливание семян.

**Ключевые слова:** антракноз, люпин, возбудитель заболевания, язва, биологические особенности, воспроизводимость, эпифитотийное развитие.

В истории земледелия известно множество случаев, когда вредные организмы развивались в массовых количествах на больших территориях, приводя к существенным потерям урожая сельскохозяйственных культур, а иногда и к многолетнему сдерживанию их развития. Так, в прошлом веке эпифитотия фузариоза во всех европейских странах, в том числе и в СССР, привела к значительному сокращению посевных площадей люпина. Возрождение культуры началось благодаря созданию новых сортов, устойчивых к фузариозному увяданию. В 80-е годы прошлого столетия из-за массового поражения желтого люпина антракнозом площади возделывания этого вида люпина в Европе сократились до 3-5 тыс. га, в России в течение 5-10 лет желтый люпин практически перестал возделываться. В настоящее время желтый люпин возвращается на поля, создаются новые толерантные сорта, разработаны эффективные приемы защиты от возбудителя антракноза.

В России антракноз люпина в конце XX века стал основной причиной, препятствующей возделыванию и других видов люпина. Развитие возбудителя болезни зачастую носило эпифитотийный характер, в результате чего потери урожая были существенными, иногда посевы полностью запахивались.

В современном сельскохозяйственном производстве, в условиях обострения экологической напряженности, люпин становится важной стратегической культурой и используется как эффективное средство биологической интенсификации растениеводства и как средство комплексного решения проблемы кормового и пищевого растительного белка. Возникла острая необходимость разработки средств и способов сохранения культуры и возможности выращивания полноценных как зеленой массы люпина, так и зерна.

Кардинальным решением данной проблемы являлось создание устойчивых к антракнозу сортов люпина селекционным путем. Но это долговременная работа. Необходимо было в срочном порядке разработать систему защиты культуры химическими средствами. В лаборатории защиты растений активно велась работа по выявлению эффективных защитных препаратов против антракноза как для протравливания семян люпина, так и для проведения защитных мероприятий в вегетацию.

Чтобы разработать эффективную защиту культуры, необходимо знать биологию возбудителя заболевания. На тот момент практически отсутствовали литературные данные о развитии, распространении и вредоносности антракноза на люпине. Целью научной работы в лаборатории стало изучение особенностей биологии возбудителя антракноза, оптимальных условий для его развития и распространения.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проводили на опытных полях ВНИИ люпина. Объектом исследований был желтый люпин. Посев, учеты, наблюдения проводили в соответствии с общепринятыми методиками [1-3].

Для наблюдения за распространением спор антракноза использовали ловушки – литровые банки с воронками диаметром 12 см ( $S = 113 \text{ см}^2$ ). Спороловушки устанавливали около источника инфекции на уровне почвы, на высоте 0,3 м над уровнем почвы и на расстоянии 5 м от источника инфекции на высоте 0,5 м. Ловушки обследовали через каждые 7 дней в период без осадков, проводя смывы с поверхности воронки и после каждого выпадения осадков. Содержимое банок дифференцировали и осаждали на центрифуге в градиенте плотности сахарозы при 15 тыс. об./мин. и экспозиции 20 мин. Титр осажденных

спор определяли в камере Горяева, затем рассчитывали их количество в объеме собранных осадков.

Степень поражения растений антракнозом изучали, создавая растениям условия с повышенной влажностью. Предварительно растения обрабатывали суспензией антракноза с титром  $10^6$  спор/мл. Затем часть растений помещали на сутки под полиэтиленовые пакеты, что позволяло создавать внутри пакета с помощью пульверизатора капельную влагу. Вторую часть обработанных растений, которые служили контролем, оставляли без укрытия в естественных условиях. Наблюдения за поражением растений и развитием антракноза проводили на 3, 5, 7 и 10-е сутки.

Спорулирующую способность патогена определяли, смывая водой споры из язв, разводили суспензию и определяли титр с помощью камеры Горяева.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Возбудителем антракноза является несовершенный гриб *Colletotrichum lupini* var. *Lupini*. В лаборатории защиты растений института совместно с сотрудниками ВНИИ фитопатологии были проведены научные исследования и наблюдения за данным возбудителем, что позволило выявить ряд важных особенностей в биологии патогена, которые своеобразны и которые необходимо учитывать в планировании и проведении защитных мероприятий [4-8]. Поэтому есть необходимость обратить внимание на особенности развития и распространения возбудителя антракноза люпина.

Данные по распространению спор возбудителя антракноза в зависимости от интенсивности и частоты выпадения осадков представлены в таблицах 1 и 2. В столбце «Количество спор патогена, штук/см<sup>2</sup> поверхности ловушки» показаны максимальные значения по улову спор из трех положений ловушки.

В эксперименте с помощью спороловущек была установлена первая и самая важная особенность в распространении возбудителя антракноза – в вегетационный период патоген распространяется только с каплями дождя. Так, наблюдения показали, что в смывах с поверхности воронок в период без осадков ни в одном из трех положений ловушек споры не обнаружены (табл. 1 – 28.05; 07.06; 20.06 и др., табл. 2 – 12.06, 22.07). Споры распространялись и попадали в ловушки в момент выпадения осадков, причем при выпадении осадков в сопровождении сильного ветра в ловушки спор попадало значительно больше и увеличивалось количество пораженных растений, о чем свидетельствуют данные таблицы 1: после сильного дождя 18 июля было массовое распространение спор – более 33 тыс. шт. на см<sup>2</sup> поверхности ловушки, что вызвало массовое поражение растений – до 68%. После же выпадения осадков 28 июля, сопровождаемых шквалистым ветром, поражение растений антракнозом увеличилось до 88% и поразились около половины бобов – 47%.

Первую половину вегетации споры улавливались в основном ловушками, расположенными на уровне почвы. Затем основная масса спор концентрировалась в ловушках, размещенных на высоте растений.

В засушливый 2002 год развитие и распространение антракноза происходило совсем иначе (табл. 2). Заметное поражение растений антракнозом – 12% было отмечено только в середине июля после выпадения осадков 6 июля в сопровождении сильного ветра. Последующие осадки с ветром 30 июля способствовали распространению антракноза, улов спор патогена на одном см<sup>2</sup> поверхности ловушки составил 620 шт. Однако эти споры уже не могли активно развиваться, так как растение и бобы практически прекратили свой рост, наступила фаза созревания. Не смотря на последующие сильные дожди дальнейшее развитие антракноза не наблюдалось, максимальное поражение антракнозом растений и бобов в этом году составило 17 и 9% соответственно.

Таблица 1

**Распространение спор возбудителя антракноза в зависимости от интенсивности и частоты выпадения осадков (2001 г.)**

| Дата учета, выпадения осадков | Расположение спороловушки |                         |                                                    | Количество осадков в ловушке, мл | Количество спор патогена, штук/см <sup>2</sup> поверхности ловушки | Поражение растений/бобов антракнозом, % |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                               | на уровне почвы           | 0,3 м над уровнем почвы | 0,5 м над уровнем почвы, 5 м от источника инфекции |                                  |                                                                    |                                         |
| 21.05                         | +                         | -                       | -                                                  | 50                               | единично                                                           |                                         |
| 28.05                         | Без осадков               |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 29.05                         | +                         | -                       | +                                                  | 70                               | 891                                                                |                                         |
| 30.05                         | -                         | -                       | -                                                  | 90                               | 0                                                                  |                                         |
| 31.05                         | -                         | -                       | -                                                  | 320                              | 0                                                                  |                                         |
| 05.06                         |                           |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 8,0                                     |
| 07.06                         | Без осадков               |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 12.06                         | +                         | -                       | -                                                  | 60                               | единично                                                           |                                         |
| 13.06                         | -                         | -                       | -                                                  | 50                               | 0                                                                  |                                         |
| 20.06                         | Без осадков               |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 22.06                         | +                         | +                       | +                                                  | 650                              | 5234                                                               |                                         |
| 23.06                         | -                         | -                       | -                                                  | 70                               | 0                                                                  |                                         |
| 27.06*                        | -                         | +                       | +                                                  | 220                              | 55100                                                              |                                         |
| 28.06                         | -                         | -                       | -                                                  | 110                              | 0                                                                  |                                         |
| 02.07                         |                           |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 35,0                                    |
| 05.07                         | Без осадков               |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 10.07                         | -                         | +                       | +                                                  | 100                              | 530                                                                |                                         |
| 11.07                         | -                         | -                       | -                                                  | 130                              | 0                                                                  |                                         |
| 12.07                         | -                         | -                       | -                                                  | 190                              | 0                                                                  |                                         |
| 18.07*                        | -                         | +                       | +                                                  | 220                              | 33650                                                              |                                         |
| 23.07                         |                           |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 68,0                                    |
| 25.07                         | Без осадков               |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 28.07*                        | -                         | -                       | +                                                  | 650                              | 318302                                                             |                                         |
| 29.07                         | -                         | -                       | +                                                  | 890                              | единично                                                           |                                         |
| 30.07                         | -                         | -                       | -                                                  | 470                              | 0                                                                  |                                         |
| 01.08                         | -                         | -                       | -                                                  | 270                              | 0                                                                  |                                         |
| 02.08                         | -                         | -                       | -                                                  | 350                              | 0                                                                  |                                         |
| 05.08                         |                           |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 88/47                                   |

\*- осадки, сопровождаемые сильным ветром;

+ - наличие спор в ловушках

Наши многолетние исследования показали, что нет прямой зависимости между количеством выпавших осадков и вредоносностью патогена. В большей степени распространение антракноза и его развитие зависит от характера выпадения осадков, о чем свидетельствуют данные таблицы 2. В случае затяжных ежедневных или с интервалом в 1-2 дня безветренных дождей антракноз практически не распространяется и не развивается, так как идет размыв спороложа. Формирование конидий и фаза вредоносности наступает только после прекращения дождя. Как видно по данным таблицы 1, улов спор был отмечен только в первый из затяжных дождливых дней - 22.06; 27.06 и др. (табл. 1). В последующие дни ловушки были пустыми (Табл. 1 – 30.05; 31.05; 22.06; 23.06 и др. табл. 2 – 15.06; 16.06; 14.07).

На скорость прорастания спор антракноза большое влияние оказывает также и температура воздуха. Оптимальной считается температура 20-25°C, при которой инкубационный период составляет до 5 суток. При повышении или понижении температуры рост гриба резко замедляется, а при 40°C полностью прекращается [9]. Корнейчук А.С.



отмечает, что для условий Украины вспышки болезни наблюдаются в годы, когда коэффициент увлажнения достигает 0,8-1,2, а гидротермический коэффициент поднимается до 1,6-3,0 [10].

Таблица 2

**Распространение спор возбудителя антракноза в зависимости от интенсивности и частоты выпадения осадков (2002 г.)**

| Дата учета, выпадения осадков | Расположение споролушки |                         |                                                    | Количество осадков в ловушке, мл | Количество спор патогена, штук/см <sup>2</sup> поверхности ловушки | Поражение растений/бобов антракнозом, % |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                               | На уровне почвы         | 0,3 м над уровнем почвы | 0,5 м над уровнем почвы, 5 м от источника инфекции |                                  |                                                                    |                                         |
| 10.05                         | +                       | -                       | -                                                  | 90                               | единично                                                           |                                         |
| 17.05                         |                         |                         |                                                    |                                  |                                                                    |                                         |
| 28.05                         | +                       | -                       | -                                                  | 100                              | единично                                                           |                                         |
| 04.06                         |                         |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 0                                       |
| 12.06                         | Без осадков             |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 14.06                         | -                       | +                       | -                                                  | 65                               | единично                                                           |                                         |
| 15.06                         | -                       | -                       | -                                                  | 40                               | 0                                                                  |                                         |
| 16.06                         | -                       | -                       | -                                                  | 40                               | 0                                                                  |                                         |
| 17.06                         | -                       | -                       | -                                                  | 80                               | 0                                                                  |                                         |
| 21.06                         |                         |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 5,5                                     |
| 24.06                         | -                       | +                       | +                                                  | 80                               | единично                                                           |                                         |
| 06.07*                        | -                       | +                       | +                                                  | 120                              | 230                                                                |                                         |
| 12.07                         |                         |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 12,0                                    |
| 13.07                         | -                       | +                       | +                                                  | 60                               | единично                                                           |                                         |
| 14.07                         | -                       | -                       | -                                                  | 50                               | 0                                                                  |                                         |
| 22.07                         | Без осадков             |                         |                                                    | 0                                | 0                                                                  |                                         |
| 30.07*                        | -                       | -                       | +                                                  | 250                              | 620                                                                |                                         |
| 04.08                         |                         |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 16,1/8,5                                |
| 05.08                         | -                       | -                       | +                                                  | >1000                            | 973                                                                |                                         |
| 12.08                         |                         |                         |                                                    |                                  |                                                                    | 17,0/9,0                                |

\*- осадки, сопровождаемые сильным ветром;

+ - наличие спор в ловушках

Второй важной особенностью биологии патогена, установленной нами в результате проведенных экспериментов, является тот факт, что развитие патогена возможно только при наличии капельной влаги или 100% влажности воздуха на протяжении нескольких часов. Так, антракноз не развивался на растениях, обработанных спорами патогена и не укрытых полиэтиленовыми пакетами. На растениях же, которые находились во влажной среде под полиэтиленовыми пакетами в течение 6-8 часов, образовались язвы, заполненные спорами патогена. Причем язвы образовались только на молодой растущей части стебля, так же поразились генеративные органы.

В дальнейшем было установлено, что антракнозом поражается растительная ткань возрастом до 8 суток. На более одревесневшей ткани растения споры антракноза также прорастают, образуя ростковую трубку, проникают в межклеточное пространство. На этом развитие патогена прекращается. На пораженном таким образом участке растения образуются едва заметные штрихи, которые растению не вредят, но сохраняют инфекционное начало. При помещении такого внешне здорового участка растения на питательную среду начинается рост мицелия с конидиями.

Бобы активно поражаются антракнозом, пока растут. Когда начинается их созревание, активное развитие патогена на них уже невозможно, о чем свидетельствуют данные таблицы 2. Не смотря на дождь с ветром 30.07 и последующие обильные дожди активного развития антракноза ни на растениях, ни на бобах не наблюдалось, так как уже была фаза созревания бобов. Поражение растений и бобов в этом опыте в конце вегетации составило соответственно 17 и 9%. Следовательно, растения поражаются антракнозом в те фазы

развития, когда в момент распространения возбудителя заболевания (выпадение осадков) идет их активный рост.

Наибольшее количество конидий образуется на семядолях, стеблях растений и молодых растущих бобах. В местах поражения образуются язвы, заполненные конидиями, которые в конце формирования покрываются прозрачной клейкой массой и хранятся в таком виде до следующего выпадения осадков. Смывы водой из таких язв позволили определить спорулирующую способность возбудителя антракноза, которая достигала 1-5 млрд. спор в каждой язве. Наличие одной такой язвы на гектаре посева при норме высева в среднем 1 млн всхожих семян люпина на га обеспечивает более тысячи конидий на каждое растение. Этим объясняется такая высокая вредоносность данного заболевания. Гриб сохраняется в основном в семенах люпина, поэтому основным средством борьбы с ним является эффективное протравливание семян.

На пораженных антракнозом черешках, листьях, генеративных органах люпина образуются темные, вдавленные штрихи и пятна, также заполненные конидиями. Но такие скопления конидий не обильны и не играют важной роли в распространении возбудителя антракноза.

### Выводы

Таким образом, споры возбудителя антракноза люпина распространяются по воздуху с каплями дождя и, попадая на растения, при наличии на протяжении нескольких часов капельной влаги или 100% влажности воздуха, прорастают и проникают в межклеточное пространство, образуя ростковую трубку. Дальнейшее развитие патогена возможно только на молодой растущей ткани растения, имеющей возраст до 6-8 суток. Эти биологические особенности патогена необходимо учитывать при планировании и проведении защитных мероприятий на люпине. В год с обильными осадками следует провести обработки в период активного роста растения – в фазы начала стеблевания и перед цветением. В засушливый год достаточно проведения профилактической обработки перед цветением люпина, или, если при обследовании не обнаружены очаги поражения растений антракнозом, обработки в вегетацию вообще можно исключить. Так как грибок сохраняется в основном в семенах люпина, основным средством борьбы с ним является прием протравливания семян.

### Литература

1. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами // Новоселов Ю.К., Киреев В.Н., Кутузов Г.П. и др. – М., – 1997. – 156 с.
2. Методы определения болезней и вредителей с.-х. растений / Пер. с нем. – М.: Агропромиздат, – 1987. – 224 с.
3. Guideline for the biological evaluation of fungicides, seed treatments against seedling diseases / EPPOBull. – 1988. – Vol. 18. – P. 743-752.
4. Миняйло В. А. Меры борьбы с антракнозом люпина // Кормопроизводство. – 2003. – № 1. – С. 27-29.
5. Руцкая В.И., Миняйло В. А., Миняйло А.К. Особенности биологии антракноза желтого люпина и разработка приемов химической защиты // Состояние и перспективы развития люпиносеяния в XXI веке: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции – Брянск, – 2001. – С. 168-170.
6. Руцкая В.И., Свириденко Т.В. Развитие возбудителя антракноза люпина и разработка приемов химической защиты // Адаптивный потенциал кормового люпина: Кормопроизводство. – 2005. – № 6. – С. 22-25.
7. Котова В.В., Кунгурцева О.В. Антракноз сельскохозяйственных растений // Вестник защиты растений. – Санкт-Петербург, – 2014. – Вып.11, Электронная версия. – 137 с.
8. Витко Г.И., Тарануха Г.И., Равков У.В. Поражаемость желтого люпина антракнозом и его влияние на продуктивность растений // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Минск, – 2008. – № 2. – С. 60-64.
9. Савченко Л.Ф., Рудаков О.Л. Антракноз люпина // Защита и карантин растений. – 1998. – № 9. – С. 17-18.
10. Корнейчук Н.С. Грибные болезни люпинов: Монография. – Киев, – 2010. – 374 с.

## LUPIN ANTHRACNOSE AND ITS BIOLOGICAL PROPERTIES

V.I. Rutskaya

ALL-RUSSIAN LUPINE SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE – BRANCH OF THE FSBS INSTITUTION «FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY»

**Abstract:** Anthracnose is the most harmful lupin disease. In Russia lupin anthracnose revealed itself at the end of the XX century and became one of the main reasons for lupin cultivation restriction. During some years lupin anthracnose development had epiphytotic nature. Biological properties of anthracnose development have been studied, it allowed develop productive protection measures. The faulty fungus *Colletotrichum lupini* var. *Lupini* is the disease's pathogen, it has some biological properties: the fungus grows at wet conditions on young host tissues, spreads mostly by raindrops in the wind. It infects young tissues: at shooting formation stage – stem and leaves, at bud formation and flowering stages – generative organs, at pod formation stage – young pods. Typical anthracnose cankers develop at infection point, they have numerous together glued spores. The incubation period takes 5-7 days. Formed spores are hold in the cankers till the next rain. The aggressiveness of the anthracnose pathogen is explained by the high pathogen reproducibility. Thus one developed canker could consist of 1-5 bill. spores. Under the suitable conditions 3-5 cankers/ha could cause epiphytotic anthracnose development. The fungus is retained mainly in the lupin seeds, so effective seed dressing is the main means to control it.

**Keywords:** anthracnose, lupin, disease's pathogen, canker, biological properties, reproducibility, epiphytotic development.

**DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11063**

**УДК 631.811.**

## **ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Е.Г. ПРУДНИКОВА, С.Н. КОНОШИНА**, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Н.В. ПАРАХИНА»

*В статье исследовано влияние черного пара и гороха в качестве предшественника на элементный состав зерна яровой пшеницы. Выявлена зависимость урожайности пшеницы от предшественника. Урожайность яровой пшеницы сорта Дарья выше на участках после чистого пара, чем на участках после возделывания гороха. Использование черного пара в качестве предшественника позволило получить зерно с большим количеством белка. Содержание химических элементов в растениях пшеницы выше после чистого пара. При использовании гороха как предшественника зерно имеет большее количество воды, а содержание не усваиваемых углеводов - меньше.*

**Ключевые слова:** токсичность почвы, яровая пшеница, химический состав, качество урожая, продуктивность.

Одной из самых важных зерновых культур России является пшеница. На ее долю приходится более половины всего отечественного производства зерна, а занятые под ее посевы площади превышают площади под всеми остальными зернобобовыми и зерновыми культурами, вместе взятыми.

По оперативным данным органов управления АПК субъектов Российской Федерации, по состоянию на 18 октября 2018 года намолочено 110,9 млн тонн зерна (в 2017 г. – 131,9 млн тонн), при урожайности 25,6 ц/га. Из них озимой и яровой пшеницы намолочено 72,7 млн тонн зерна (в 2017 г. – 87,3 млн тонн), при урожайности 27,8 ц/га [1].

По срокам посева выделяют два вида пшеницы – озимую и яровую. Урожайность озимой пшеницы выше яровой, однако, агроклиматические условия не всегда позволяют ее возделывать, поэтому повышение урожайности и качества зерна яровой пшеницы имеют важное значение в формировании продовольственной корзины России.

Пшеница является источником различных химических соединений и элементов для питания человека и животных. Химический состав растений зависит от многих факторов: видовой и сортовой принадлежности, генетических особенностей, условий произрастания и т.д.

Важную роль в формировании качества урожая зерна играет почва и предшественники [2, 3, 4, 5]. Именно почва поставляет для роста и развития растения необходимые химические элементы, при этом происходит и обмен веществом между растением и окружающей средой, обогащая последнюю сложными органическими соединениями.

Важное значение в качестве предшественников занимают чистые пары – они накапливают влагу, играют большую фитосанитарную роль, в результате чего в почве накапливается больше питательных веществ. Однако, исключение сельскохозяйственных территорий из использования на год, а также обеспечение комплекса мероприятий по защите почв от водной и ветровой эрозии наносят ощутимый экономический ущерб сельскохозяйственным производителям. Поэтому использование бобовых растений в качестве предшественника является одной из альтернативных мер по увеличению экономической эффективности сельскохозяйственного оборота.

Химические элементы, поглощаемые растениями из почвы в разных количествах, играют вполне определенную роль и ответственны за синтез тех или иных веществ в растительном организме [6]. Макро- и микроэлементы, находясь в растении, оказывают значительное влияние на рост и развитие растений, нормализуют метаболизм, содействуют нормальному течению физиолого-биохимических процессов, сокращают сроки созревания, повышают продуктивность и качество продукции [7].

Цель работы: изучить влияние черного пара и гороха в качестве предшественников на элементный состав яровой пшеницы сорта Дарья.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проводились на темно-серых среднесуглинистых почвах (Орловский район). Объектом исследования служили растения яровой пшеницы сорта Дарья.

Микроэлементы были определены методом атомно-абсорбционного анализа на приборе Спектрометр ICAP 6300 Дио, общее содержание белка – с помощью анализатора белка «Kjeltec – 2300». Показатели качества урожая (влажность, натура, число падения, содержание клейковины, масса 1000 зерен) определяли по ГОСТ 13586.5-93, ГОСТ 10842-89, ГОСТ 13586.1 – 68. В почвенных образцах предшественника определялась микробиологическая активность и токсичность по методике Гродзинского [8]

Для определения структуры урожая перед уборкой культуры методом пробных снопов, собранных в трех местах делянки в трех повторностях на площадках 1 м<sup>2</sup>, были отобраны снопы пшеницы. Элементы структуры продуктивности определяли по 10 растениям, отобранным из каждого снопа методом средней пробы. Учет урожая проводили путем уборки делянок. Урожай приводили к 14%-ной влажности.

Отбор растений для проведения биохимических исследований проводился согласно методу отбора средних проб Ермакова [9]. Математическая обработка урожайных данных проведена дисперсионным методом Б.А. Доспехова [10] на ПЭВМ Pentium IV.

В таблицах представлены средние арифметические данные из 5-кратных биологических повторностей. Аналитическая повторность 5-7 кратная. Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке. Компьютерную обработку данных осуществляли на IBMPC с помощью программ EXCEL.

#### **Результаты исследований и их обсуждение**

Была проведена оценка фитотоксичности участков предшественников: чистого пара (вариант 1) и гороха (вариант 2) перед посевом яровой пшеницы сорта Дарья. Содержание колинов составляло соответственно 7,5 и 14,3 (в УКЕ), что позволяет сделать вывод о большем содержании физиолого-активных веществ в варианте с черным паром.

Данные по изучению влияния предшественников на урожайность яровой пшеницы представлены в табл. 1.

Химический состав зерна представлен органическими и неорганическими соединениями. Первая группа наиболее многочисленная и значимая. Ее состав представлен природными полимерами, в основном углеводами и белками, а также жирами, полифенолами, органическими кислотами, витаминами и другими веществами.

Таблица 1

**Влияние предшественника на урожайность яровой пшеницы, ц/га**

| Культура       | Вид обработки почвы                      |                                     |
|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
|                | Вариант 1<br>(предшественник чистый пар) | Вариант 2<br>(предшественник горох) |
| Пшеница яровая | 38,0                                     | 44,2                                |

Важнейшим компонентом пшеничного зерна является белок. Белки пшеницы содержат все незаменимые аминокислоты. Углеводы пшеницы представлены усваиваемыми углеводами: крахмалом, сахарами (в основном сахарозой и в меньшем количестве глюкозой и фруктозой), а также не усваиваемыми (клетчаткой и пентозанами).

Масла пшеницы представлены ненасыщенными соединениями: олеиновой, линолевой, а также линоленовой кислотой.

Зерно пшеницы состоит в среднем на 85-86% из сухого вещества и на 14-14,8% из воды. Сухое вещество представляет собой сумму органических и неорганических веществ. Экспериментальные данные макрохимического состава зерна пшеницы представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Химический состав зерна яровой пшеницы (в% на сухое вещество)**

| Обработка | Вода | Белок | Жир | Углеводы<br>(усваиваемые) | Углеводы<br>(не усваиваемые) | Зольные<br>вещества |
|-----------|------|-------|-----|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| Вариант 1 | 14,0 | 14,0  | 2,6 | 57,3                      | 12,1                         | 1,7                 |
| Вариант 2 | 14,8 | 13,6  | 2,5 | 57,1                      | 10,8                         | 1,8                 |

Растения варианта 2 имели большее количество воды, однако, по сравнению с вариантом 1 меньшее количество белка и не усваиваемых углеводов. Содержание жиров, усваиваемых углеводов, зольных веществ отличалось незначительно.

В составе зольных элементов отмечено большое содержание фосфора, калия, магния, меньшее – кальция и железа, а также микродоз марганца, меди, цинка и других микроэлементов.

В зерне пшеницы в варианте 2 содержание минеральных элементов, таких как, железо, марганец, цинк, алюминий выше по сравнению с вариантом 1 на 2,4; 1,6; 1,9; 2,2 раза соответственно. Обратная тенденция наблюдается в содержании кремния (в 4 раза ниже варианта 1) (рис. 1).

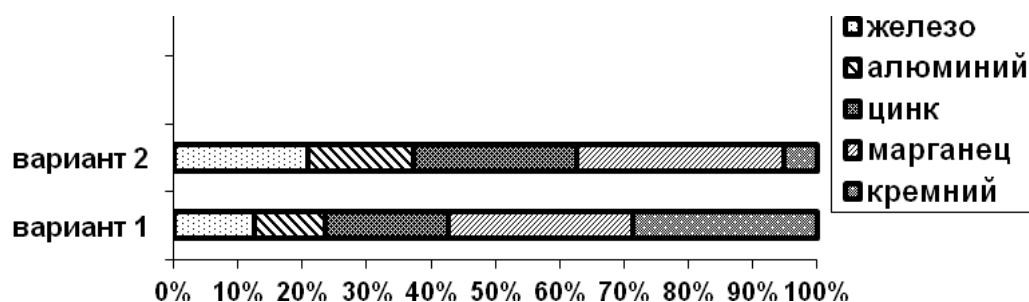


Рис.1. Содержание минеральных элементов в яровой пшенице

Содержание макроэлементов фосфора, магния, калия в варианте 1 выше варианта 2 на 6,8; 6,5; 20% соответственно. Уровень калия и натрия в варианте 2, напротив, был выше (9% и 1,9%, соответственно) (рис. 2).

Низкое содержание химических элементов в зерне свидетельствует о возможном их недостатке в вегетативных органах, что негативно может сказаться на устойчивости к полеганию, засухе и патогенам, синтезе нуклеиновых кислот и белка, задержке роста надземных органов.

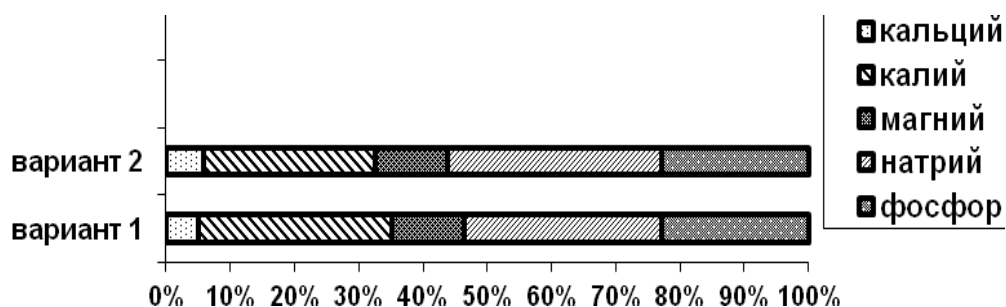


Рис. 2. Содержание минеральных элементов в яровой пшенице

Качество клейковины в зависимости от показания прибора ИДК (измеритель деформации клейковины) удовлетворительно слабое: удовлетворительная эластичность и упругость, слабая растяжимость. Составляет в пшенице варианта 1 и варианта 2 соответственно 82,5 и 80 у.е. (рис. 3).

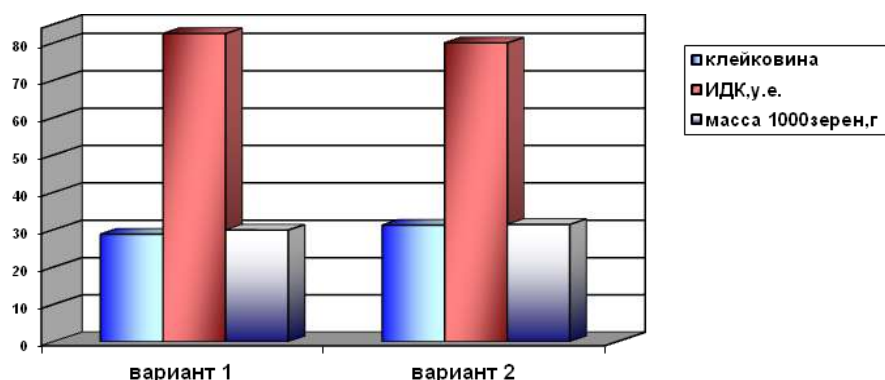


Рис. 3. Содержание клейковины, ИДК, масса 1000 зерен в зерне яровой пшеницы

Массовая доля клейковины в зерне пшеницы варианта 1 и варианта 2 28,8% и 31,2%, что соответствует второму классу качества.

Качество зерна пшеницы зависит не только от количества и качества клейковины, но и от состояния углеводно-амилазного комплекса зерна, которое может быть выявлено показателем числа падения. Этот показатель имеет высокую технологическую значимость в тех зонах производства товарного зерна, где часто имеет место его прорастания. При прорастании зерна происходит распад крахмала и частичный переход его в сахара с высвобождением влаги [11]. При этом повышается амилалитическая активность зерна, его свойства сильно ухудшаются, что приносит особые неприятности хлебопекам. Высокие показатели числа падения наблюдаются в пшенице варианта 1-279 сек, что на 12,5 выше варианта 2 (рис. 3).

Основные показатели качества зерна, определяющие технологические и хлебопекарные свойства, зависят от уровня содержания белка, который в свою очередь является функцией

обеспеченности зерна азотом. Для преодоления обратной зависимости между урожайностью и белковостью зерна необходимо бесперебойное обеспечение растений азотом вплоть до созревания. Доказано, что количество белка – наследственный признак и зависит от реакции сорта на плодородие почвы и условия произрастания. Количество белка в яровой пшенице варианта 1 на 6% выше, чем в варианте 2 (рис.4).

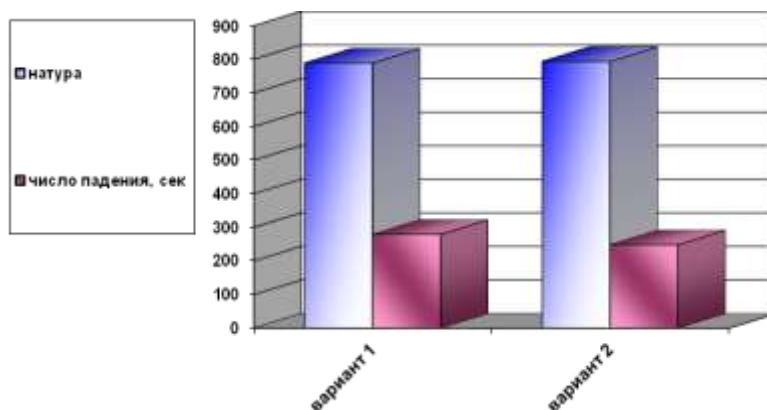


Рис. 4. Натура и число падения в зерне яровой пшеницы

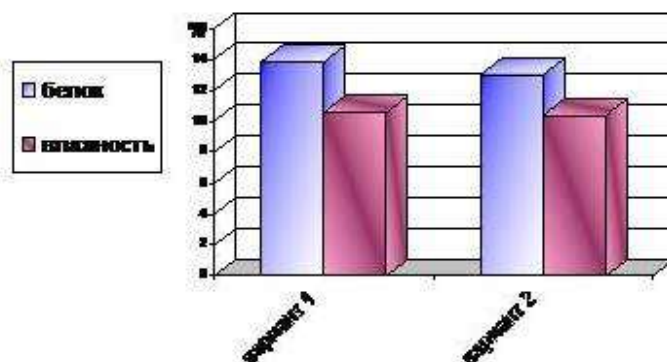


Рис. 5. Влажность и содержание белка в зерне пшеницы

Существует определенная сопряженность между массой 1000 зерен и содержанием в зерне белка. Масса 1000 зерен – функция размера и плотности зерна. Более крупное зерно обычно имеет более высокое отношение эндосперма к другим компонентам зерна. Показатель массы 1000 зерен в пшенице варианта 2 на 5% выше, чем в варианте 1.

#### Заключение

Наибольшей токсичностью обладала почва после возделывания гороха, по сравнению с чистым паром, и урожайность на участках с чистым паром выше, чем на участках после возделывания гороха. Использование черного пара в качестве предшественника позволило получить зерно с большим количеством белка. Содержание макроэлементов в варианте 1 выше, чем в варианте 2, что может негативно сказываться на устойчивости растений к неблагоприятным внешним факторам.

Таким образом, выявлено положительное влияние в качестве предшественника чистого пара на урожайность и элементный состав зерна яровой пшеницы сорта Дарья в условиях Орловской области.

#### Литература

1. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Сайт]. URL: <http://mcx.ru/press-service/news/minselkhoz-rossii-na-18-oktyabrya-sobrano-110-9-mln-tonn-zerna/>. (дата обращения: 18.10.2018 г.).

2. Коношина С.Н., Прудникова Е.Г. Влияние полифенольных соединений на рост и развитие растений озимой пшеницы. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5 (56). – С. 61-67.
3. Коношина С.Н. Влияние физиолого-активных веществ агроценоза на рост и развитие озимой пшеницы. Сборник: Инновационные фундаментальные и прикладные исследования в области химии сельскохозяйственному производству. Орёл ГАУ, Изд-во ПФ «Картуш». – 2014. – С. 20-22.
4. Лобков В.Т., Коношина С.Н. Аллелопатические свойства почвы как фактор плодородия. // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – Т. 39. – № 3. – С. 67-71.
5. Коношина С.Н. Влияние различных способов использования почвы на ее аллелопатическую активность. Дисс. ... на соискание ученой степени канд. с.-х. наук. // Орловский государственный аграрный университет. – Орел, – 2000.
6. Протасова Н.А., Беляев А.Б. Химические элементы в жизни растений. // Биология. – 2001. – Том.7. – № 3. – С. 25-33.
7. Лысенко Н.Н., Прудникова Е.Г., Хилкова Н.Л., Чекалин Е.И. Влияние фунгицида пропиконазола на растения яровых зерновых культур в условиях засухи и патогенеза. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2011. – Т.30. – № 3. – С. 58-63.
8. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление. Киев: Наукова думка, – 1991. – 460 с.
9. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений; под ред. А.И. Ермакова. 3 изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение. – 1987. – 430 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, – 1985.
11. Прудникова Е.Г. Изучение сортов озимой и яровой пшеницы на содержание белков и углеводов // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2015. – № S13. – С. 3816-3820.

## INFLUENCE OF PRECURSORS ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SPRING WHEAT GRAIN IN THE CONDITIONS OF ORLOVSK REGION

E. G. Prudnikova, S. N. Konoshina

FSBEE HE «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

**Abstract:** The article studies the effect of black steam and peas as a precursor on the elemental composition of spring wheat grain. The dependence of wheat yield on the predecessor was revealed. The yield of spring wheat varieties Daria higher in areas after pure steam than in areas after cultivation of peas. The use of black steam as a precursor allowed to obtain a grain with a large amount of protein. The content of chemical elements in wheat plants is higher after pure steam. When using peas as a precursor grain has a large amount of water, and the content of digestible carbohydrates less.

**Keywords:** soil toxicity, spring wheat, chemical composition, crop quality, productivity.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11064

УДК 633.1:631.82

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ИРЕНЬ

И.В. ЛЫСКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

Т.В. ЛЫСКОВА, С.В. МАЗУРОВА

ФАЛЁНСКАЯ СЕЛЕКЦИОННАЯ СТАНЦИЯ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМ. Н.В. РУДНИЦКОГО»

E-mail: lyskova.irina2016@yandex.ru

В длительном полевом стационарном опыте (восточный район центральной агроклиматической зоны Кировской области) изучали эффективность действия различных доз (50, 100, 150, 200 кг д.в./га) фосфорных удобрений и азотно-калийных (по 90 кг д.в./га) на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Ирень, возделываемой (в 2010, 2013 и 2017 гг.) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, сформированной на покровных



суглинках. Схема опыта включала 6 вариантов на двух фонах: кислом (рН 3,8) и известкованном (рН 5,4...6,4). На урожайность яровой пшеницы большое влияние оказывали метеоусловия в период вегетации – засуха в 2013 г., ливневые дожди в 2017 г. В благоприятный 2010 г. получена урожайность без применения удобрений 1,72 т/га на фоне «без извести», 2,00 т/га на фоне «известь по 1 г.к.», повышение от известкования составило 16%. Применение только азотных удобрений повысило урожайность яровой пшеницы на 32% на кислом фоне и на 39% на известкованном. Комплексное внесение NPK способствовало повышению урожайности на кислом фоне от 37 до 49%, на известкованном от 38 до 50%. Внесение полного минерального удобрения в дозах N90P50K90 обеспечило получение урожайности 2,79 т/га. Внесение возрастающих доз фосфорного удобрения совместно с азотно-калийными не привело к существенной прибавке урожайности яровой пшеницы. Зерно яровой пшеницы соответствовало требованиям ГОСТ по натурной массе. Отмечено положительное влияние удобрений на содержание сырого протеина и клейковины в зерне. Выявлена тесная корреляционная сопряженность урожайности яровой пшеницы с содержанием сырого протеина  $r=0,79$ , а также с содержанием клейковины в зерне  $r=0,78$ .

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, известкование, урожайность, яровая пшеница, качество зерна, натура зерна, сырой протеин, содержание клейковины

Дерново-подзолистые почвы Кировской области содержат сравнительно небольшое количество легкодоступных элементов питания и отличаются низким естественным плодородием [1, 2]. Яровая пшеница среди других зерновых культур наиболее требовательна к условиям произрастания и уровню плодородия почвы. Это объясняется прежде всего медленным темпом роста в начале вегетации, недостаточно развитой корневой системой и пониженной усвояющей способностью. В связи с этим ведущая роль в технологии возделывания яровой пшеницы отводится оптимизации режима питания растений [3, 4]. Изучение длительного применения различных доз и соотношений элементов питания на продуктивность сельскохозяйственных культур показало, что урожайность в основном определялась применением азотных и фосфорных удобрений и их взаимодействием. Калийные удобрения оказывали существенное влияние на величину урожая только при совместном их внесении с азотными и фосфорными, а также в условиях засухи в период вегетации [5, 6]. Решение проблемы зерна тесно связано не только с ростом урожайности зерновых культур, но и с улучшением качества зерновой продукции. Однако вопросы зависимости качественных показателей зерна от агроприемов, и прежде всего от уровня применяемых удобрений, разработаны недостаточно [7].

Цель исследований – изучить влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Ирень на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

#### Материал и методика исследований

Исследования проведены в условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 1971 г. на опытном поле Фалёнской селекционной станции (восточный агропочвенный район центральной климатической зоны Кировской области). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках. Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта (в 1971 г.):  $pH_{KCl}$  4,2...4,5; Нг (по Каппену) 5,4...6,7 мг-экв/100 г; содержание подвижных фосфора и калия (по Кирсанову) 71...73 и 90...116 мг/кг соответственно. Опыт проводили в зернопаротравяном севообороте: чистый пар, озимая рожь, яровая пшеница с подсевом клевера, клевер 1 года пользования (г.п.), клевер 2 г.п., яровая пшеница, овёс. Общая площадь делянки 40,25 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Систематически в течение 1971...1975 гг. вносили удобрения по следующей схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. N90; 3. N90P90K90; 4. N90P180K90; 5. N90P270K90; 6. N90P360K90. Удобрения в виде аммиачной селитры (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 34%), суперфосфата (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 19,5...45,0%) и калия хлористого (K<sub>2</sub>O 60%) вносили по двум фонам: без извести и известь в дозе по 1 гидролитической кислотности (г.к.). Известь внесена в 1971, 1979 и 1987 гг. в

форме доломитовой муки. С 1976 г. по 2007 г. суперфосфат в опыте не вносили – изучали его последствие на фоне совместного применения азотных и калийных удобрений. Для дальнейшего продолжения изучения фосфатного режима данной почвы возникла необходимость обновления фосфатных фонов, поэтому на период исследований 2008...2014 гг. была запланирована следующая схема: 1. Контроль (без удобрений); 2. N90; 3. N90P50K90; 4. N90P100K90; 5. N90P150K90; 6. N90P200K90. Удобрения вносили весной под предпосевную культивацию в виде аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  34%), суперфосфата ( $\text{P}_2\text{O}_5$  26%, N 6%) и калия хлористого ( $\text{K}_2\text{O}$  60%). С 2013 г. вносили сульфат калия ( $\text{K}_2\text{O}$  50%, S 18%). В 2009 г. проведено повторное известкование фона «известь по 1 г.к.».

Дальнейшие исследования (2015...2021 гг.) направлены на изучение минимальной дозы фосфорных удобрений (50 кг д.в.) на фоне азотно-калийных (90 кг д.в.) по следующей схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. N90; 3. N90P50K90; 4. N90P50K90; 5. N90P50K90; 6. N90P50K90, в вариантах с различной фосфатной обеспеченностью почвы. Образцы почвы по вариантам опыта отбирали после уборки с.-х. культур.

В 2010, 2013 и 2017 гг. на опыте высевали сорт яровой пшеницы Ирень (оригинатор Уральский НИИСХ) – относится к ценным пшеницам с хорошими хлебопекарными качествами. Допущен в производство по Кировской области с 2000 г. Учет урожая яровой пшеницы проводили методом площадок. Определение общего азота по методу Кьельдаля в модификации Сереньева, с пересчетом на сырой протеин; технологические анализы - натура зерна, масса 1000 зерен, содержание и качество клейковины по [8, 9].

Метеорологические условия в годы исследований различались по температурному режиму и количеству осадков. В 2010 г. вегетационный период характеризовался почвенной и атмосферной засухой (ГТК – 0,67). При этом, период вегетации от кушения до трубкования характеризовался как избыточно увлажненный с неравномерным распределением осадков (ГТК – 2,50), что в целом благоприятно повлияло на развитие растений (табл. 1). В 2013 г. для развития яровой пшеницы сложились неблагоприятные агрометеорологические условия, в виде засухи, на протяжении всего вегетационного периода. Метеоусловия 2017 г. отличались нестабильным характером. В июле дожди ливневого характера (за 3 дня выпала почти месячная норма осадков) с порывами ветра вызвали полегание посевов после цветения – в начальный период формирования зерна. Созревание и налив зерна проходил при недостатке влагообеспеченности: в августе температура по декадам была выше среднегодовых норм на 0,6...3,2°C (ГТК августа – 0,49). Эти условия отрицательно повлияли на урожайность (зерно сформировалось не крупное).

Таблица 1

**Отклонения температуры воздуха и количества осадков от среднегодовых норм**

| Годы | ГТК   | Среднее многолетнее                    |      |      |        |                        |      |      |        |
|------|-------|----------------------------------------|------|------|--------|------------------------|------|------|--------|
|      |       | температура воздуха, °С                |      |      |        | количество осадков, мм |      |      |        |
|      |       | май                                    | июнь | июль | август | май                    | июнь | июль | август |
|      |       | 10,3                                   | 16,0 | 17,8 | 14,7   | 46                     | 66   | 77   | 66     |
|      |       | отклонение от среднемноголетних данных |      |      |        |                        |      |      |        |
|      |       | °С                                     |      |      |        | %                      |      |      |        |
| 2010 | 0, 67 | 4,5                                    | 0,6  | 3,9  | 3,5    | 44                     | 112  | 13   | 150    |
| 2013 | 0,77  | 1,6                                    | 2,4  | 1,7  | 2,7    | 57                     | 75   | 62   | 23     |
| 2017 | 1,70  | -2,8                                   | -2,0 | -0,5 | 1,9    | 128                    | 89   | 206  | 37     |

Статистическую обработку проводили, используя дисперсионный и корреляционный анализ с помощью пакета программ AGROS – версия 2.07.

**Результаты и их обсуждение**

Основным средством, обеспечивающим высокую урожайность, является применение удобрений, что наиболее важно для отличающихся низким естественным плодородием дерново-подзолистых почв северо-востока Нечерноземья. Эффективность минеральных удобрений, в свою очередь, тесно связана с метеорологическими условиями и уровнем плодородия почв (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Ирень**

| Вариант                      | Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в почве, мг/кг | Урожайность, т/га | Натура, г/л | Масса 1000 зерен, г | Содержание, %   |                  | ИДК-1, ед. прибора |
|------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------|---------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| фактор В                     |                                                         |                   |             |                     | сырого протеина | сырой клейковины |                    |
| 2010 г.                      |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| Без извести (фактор А)       |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| 1                            | 97                                                      | 1,72              | 797         | 28,9                | 8,92            | 20,1             | 85,0               |
| 2                            | 80                                                      | 2,28              | 783         | 29,4                | 13,57           | 31,1             | 83,8               |
| 3                            | 113                                                     | 2,35              | 772         | 29,7                | 12,78           | 32,0             | 80,0               |
| 4                            | 149                                                     | 2,35              | 774         | 29,8                | 12,60           | 32,0             | 83,8               |
| 5                            | 260                                                     | 2,27              | 767         | 29,6                | 12,37           | 32,8             | 85,0               |
| 6                            | 283                                                     | 2,57              | 780         | 30,6                | 13,53           | 32,2             | 87,5               |
| Известь по 1 г.к. (фактор А) |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| 1                            | 89                                                      | 2,00              | 808         | 29,9                | 10,46           | 21,0             | 76,3               |
| 2                            | 68                                                      | 2,78              | 787         | 30,1                | 13,20           | 31,4             | 85,0               |
| 3                            | 102                                                     | 2,85              | 791         | 30,8                | 12,45           | 33,1             | 86,3               |
| 4                            | 244                                                     | 2,76              | 793         | 31,8                | 11,45           | 31,4             | 88,8               |
| 5                            | 259                                                     | 2,99              | 793         | 32,1                | 13,40           | 34,4             | 86,3               |
| 6                            | 292                                                     | 2,88              | 804         | 32,1                | 12,34           | 29,3             | 85,0               |
| HCP <sub>05</sub>            | B=54                                                    | A=0,42; B=0,29    | B=14        | -                   | B=1,12          | B=4,3            | B=3,6              |
| 2013 г.                      |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| Без извести (фактор А)       |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| 1                            | 75                                                      | 0,61              | -           | 27,3                | 16,05           | 39,4             | 95,0               |
| 2                            | 75                                                      | 0,65              | -           | 27,1                | 16,36           | 40,7             | 102,5              |
| 3                            | 100                                                     | 0,95              | -           | 25,5                | 16,53           | 44,2             | 98,8               |
| 4                            | 144                                                     | 0,79              | -           | 24,8                | 16,73           | 44,6             | 103,8              |
| 5                            | 199                                                     | 0,84              | -           | 24,8                | 17,19           | 44,8             | 97,5               |
| 6                            | 180                                                     | 0,78              | -           | 24,7                | 16,85           | 42,1             | 101,3              |
| Известь по 1 г.к. (фактор А) |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| 1                            | 75                                                      | 1,08              | -           | 25,0                | 14,77           | 36,8             | 105,0              |
| 2                            | 81                                                      | 1,21              | -           | 24,6                | 15,85           | 41,6             | 105,0              |
| 3                            | 102                                                     | 1,23              | -           | 23,7                | 18,67           | 47,9             | 102,5              |
| 4                            | 200                                                     | 1,27              | -           | 23,2                | 18,30           | 47,4             | 108,8              |
| 5                            | 227                                                     | 1,15              | -           | 23,1                | 17,84           | 46,9             | 106,3              |
| 6                            | 294                                                     | 1,00              | -           | 22,8                | 17,70           | 45,9             | 110,0              |
| HCP <sub>05</sub>            | B=32                                                    | B=0,15            | -           | A=0,5               | B=0,66; AB=3,65 | B=2,2            | -                  |
| 2017 г.                      |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| Без извести (фактор А)       |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| 1                            | 58                                                      | 1,05              | 785         | 28,6                | 11,68           | 24,8             | 97,5               |
| 2                            | 60                                                      | 1,89              | 785         | 32,2                | 12,26           | 31,8             | 97,5               |
| 3                            | 75                                                      | 1,98              | 749         | 28,4                | 13,43           | 33,4             | 101,2              |
| 4                            | 108                                                     | 1,99              | 754         | 29,8                | 14,73           | 33,8             | 101,2              |
| 5                            | 132                                                     | 2,50              | 764         | 32,4                | 13,65           | 31,6             | 101,2              |
| 6                            | 141                                                     | 2,61              | 779         | 32,9                | 12,31           | 28,8             | 98,8               |
| Известь по 1 г.к. (фактор А) |                                                         |                   |             |                     |                 |                  |                    |
| 1                            | 68                                                      | 1,43              | 793         | 29,2                | 10,09           | 25,0             | 96,2               |
| 2                            | 66                                                      | 2,21              | 796         | 35,3                | 15,05           | 38,0             | 100,0              |
| 3                            | 80                                                      | 2,79              | 783         | 34,0                | 12,80           | 29,8             | 100,0              |
| 4                            | 107                                                     | 1,50              | 728         | 29,5                | 16,05           | 39,8             | 101,2              |
| 5                            | 150                                                     | 1,69              | 758         | 31,9                | 14,74           | 36,2             | 100,0              |
| 6                            | 156                                                     | 2,51              | 776         | 34,1                | 13,14           | 34,1             | 100,0              |
| HCP <sub>05</sub>            | B=14                                                    | B=0,43            | B=27,6      | B=3,3               | B=1,05; AB=1,75 | B=3,0; AB=7,6    | -                  |

Примечание: приведена HCP<sub>05</sub>, где F фак. > Fтеор.

Содержание подвижного фосфора зависело от дозы внесения фосфорсодержащего удобрения в составе NPK, на известкованном фоне его выше. Известкование почвы по

полной величине гидролитической кислотности обеспечило поддержание показателя  $pH_{KCl}$  в слое почвы 0-20 см на уровне от 6,4 (2010 г.) до 5,4 (2017 г.), тогда как на фоне без извести в почве наблюдается стабилизация кислотности в среднем по фону  $pH$  3,8. Наиболее благоприятным из изученных лет для яровой пшеницы сорта Ирень был 2010 г. Получена урожайность без применения удобрений 1,72 т/га на фоне «без извести», 2,00 т/га на фоне «известь по 1 г.к.», повышение от известкования составило 16%.

Применение только азотных удобрений повысило урожайность яровой пшеницы на 32% на кислом фоне и на 39% на произвесткованном. Комплексное внесение NPK способствовало повышению урожайности на кислом фоне от 37 до 49%, на произвесткованном от 38 до 50%, при максимальной урожайности (2,99 т/га) в варианте N90P150K90 (внесены трехкратные дозы по РК с учетом последующей вегетации клевера). Внесение же возрастающих доз фосфорного удобрения не привело к существенной прибавке урожайности в вариантах опыта.

Неблагоприятные условия для развития яровой пшеницы сложились в 2013 г. – урожайность на кислом фоне составила менее 1 т/га, на произвесткованном фоне – максимально получено 1,27 т/га. Из-за весенне-летней засухи зерно сформировалось очень мелкое 24,7...27,3 г (кислый фон), 22,8...25,0 (произвесткованный фон). Наблюдается тенденция снижения массы 1000 зерен с увеличением содержания подвижного фосфора в почве.

Урожайность яровой пшеницы в 2017 г. составила на фоне «без извести» в среднем 2,00 т/га, на фоне «известь по 1 г.к.» – 2,02 т/га. О влиянии последствий известкования на улучшение условий питания и развития растений говорит тот факт, что на 36% повысилась урожайность пшеницы в варианте без удобрений и на 41% (или 0,81 т) при использовании полного удобрения. Максимальная урожайность 2,79 т/га была получена при внесении N90P50K90 на известкованном фоне с содержанием подвижного фосфора 80 мг/кг. Погодные условия июля (сильные дожди), когда у растений шел налив зерна, вызвало полегание посевов, в результате произошло снижение урожайности. Варианты 4, 5, 6 на известкованном фоне из обсуждений по признаку «урожайности» были исключены.

Сложившиеся погодные условия в период налива зерна (повышенная температура воздуха при недостатке увлажнения), оказали негативное влияние на крупность зерна – масса 1000 зерен была в среднем по вариантам 29,7...33,8 г (в варианте «без удобрений» – 28,9 г), что также отразилось на урожайности пшеницы.

Яровая пшеница – продовольственная культура, из которой получают высококачественные продукты питания. Большое значение имеет определение показателей, которые входят в базисную норму ГОСТов при заготовках и поставках зерна. Так натура зерна у пшеницы служит одним из ориентировочных показателей мукомольных качеств, базисная норма для Кировской области по яровой пшенице – 730 г/л. Средний показатель по натуре в опыте на кислом фоне составил 779 г/л, на произвесткованном – 796 г/л (в 2010 г.).

В условиях 2010 г. во всех вариантах опыта с удобрениями содержание сырой клейковины в зерне было достаточно высокое 29,3...34,4%. Однако, при максимальной дозе P200 наблюдается тенденция к снижению содержания клейковины в зерне яровой пшеницы.

В почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны обычно, когда высокое содержание клейковины в зерне, качество клейковины снижается. Так по прибору ИДК-1 показатель составил выше 80 единиц, что соответствовало II группе качества (80...100 единиц – удовлетворительная слабая). Хлебопекарный анализ из урожая 2010 г. показал, что наибольший объем хлеба из 100 г муки имел образец в варианте N90P150K270 – 650 мл, тогда как у образца в варианте «без удобрений» этот показатель составил – 550 мл. По общей хлебопекарной оценке, образцы существенно не различались (кроме варианта «без удобрений») и имели балл от 3,67 до 3,77.

В сложившихся засушливых погодных условиях вегетационного роста 2013 г. содержание сырого протеина в пшенице было от 14,77 до 18,67%, при этом качество

клейковины в некоторых вариантах соответствовало III группе качества – неудовлетворительная слабая.

В условиях 2017 г. по вариантам опыта натура зерна колебалась в пределах 749...796 г/л, т.е. превышала базисную норму. Исключение, 4 вариант (последствие P100 + N90P50K90) на производственном фоне, где было отмечено сильное полегание растений. Надо отметить, что на обоих фонах в вариантах «без удобрений» и одностороннем внесении азотного удобрения натура зерна была наибольшей – 785...796 г/л.

При возделывании пшеницы без удобрений содержание сырого протеина в зерне составило 11,68% на фоне «без извести» и 10,09% на производственном фоне. На содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы влияние оказывали азотные удобрения, как при одностороннем внесении, так и в составе NPK коэффициент корреляции составил 0,68. Выше содержание протеина в зерне на производственном фоне – 13,64%, чем на фоне без извести – 13,01%.

Во всех вариантах опыта с удобрениями содержание сырой клейковины в зерне было достаточно высокое: в среднем на кислом фоне – 30,7%, на производственном – 33,8% (в варианте без удобрений – 24,9%). Внесение удобрений существенно повышало содержание клейковины. Показатель «индекс деформации клейковины» составил выше 97,5 единиц, что соответствует II группе качества. Надо отметить, что выявлена тесная корреляционная сопряженность урожайности яровой пшеницы с содержанием сырого протеина  $r=0,79$ , а также с содержанием клейковины в зерне  $r=0,78$  ( $t_r \geq t_t$ ).

Таким образом, внесение удобрений (азотных и комплекс NPK) оказывает существенное влияние на качество яровой пшеницы независимо от содержания подвижного фосфора в почве и почвенной кислотности.

### Заключение

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве возможно получение зерна яровой пшеницы с высоким содержанием клейковины при условии внесения полного минерального удобрения в дозах N90P50K90 при максимальной урожайности 2,79 т/га. Приоритетом являются азотные удобрения. Внесение же возрастающих доз фосфорного удобрения совместно с азотно-калийными не приводит к существенной прибавке.

Установлено, что зерно яровой пшеницы соответствовало ГОСТ Р 52554-2006 «Требования при заготовках и поставках» по натурной массе. Применение минеральных удобрений не оказывает существенного влияния на натуру зерна. Отмечено положительное влияние на содержание сырого протеина и клейковины азотного удобрения, как при одностороннем внесении, так и в комплексе с NPK. При максимальной дозе P200 наблюдается тенденция к снижению содержания клейковины в зерне яровой пшеницы.

### Литература

1. Тюлин В.В. Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отд., – 1976, – 288 с.
2. Молодкин В.Н., Бусыгин А.С. Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. – 2016. – № 8. – С. 16-18.
3. Возделывание яровой мягкой пшеницы в Кировской области: метод. рек. Киров: НИИСХ Северо-Востока, – 2016. – 56 с.
4. Мазурова С.В., Родина Н.А. Влияние условий выращивания на урожайность сортов яровой пшеницы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2007. – №9. – С. 43-46.
5. Абашев В.Д., Светлакова Е.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зернотравяного севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 2 (45). – С. 37-43.
6. Титова В.И., Варламова Л.Д., Тюрникова Е.Г., Архангельская А.М., Нефедьева В.В. Изменение продуктивности культур и агрохимических показателей почвы в 9-й ротации севооборота в многолетнем полевом опыте при применении удобрений // Агрохимия. – 2013. – № 7. – С. 25-32.
7. Завалин А.А., Пасынков А.В. Азотное питание и прогноз качества зерновых культур. – М.: Изд-во ВНИИА, – 2007. – 208 с.
8. Метод ускоренного определения азота с использованием аппарата Сереньева. – М. – ЦИНАО, – 1989. – 8 с.
9. Методические рекомендации по оценке качества зерна. – Москва, – 1977. – 172 с.
10. Коданев И.М. Агротехнические приемы повышения качества зерна. – Горький, – 1981. – 47 с.

## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY IN SPRING WHEAT IREN

I.V. Lyskova, T.V. Lyskova, S.V. Mazurova

FALENKI BREEDING STATION – BRANCH OF FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER OF NORTH-EAST, s. Falenki, Kirov region, Russian Federation

**Abstract:** *The efficiency of action of various doses (50, 100, 150, 200 kg/ha) of phosphoric and nitric-potassium fertilizers (90 kg/ha each) on the productivity and grain quality of the spring wheat “Iren” which was cultivated (in 2010, 2013 and 2017) on medium-loamy sod-podzolic soil and grown on integumentary loams was studied in the long-term field stationary tests (east area of the central agro climatic zone of the Kirov region). The experience scheme included 6 variants on the two backgrounds: non-limed (pH 3,8) and liming (pH 5,4 ... 6,4). Meteoconditions during vegetation period (a drought in 2013 and storm rains in 2017) influenced greatly on productivity of the spring wheat. In the favorable 2010 year, the productivity of 1,72 t/ha without application of fertilizers on a “without lime” background and that of 2,00 t/ha on a “lime 1 H.a.” background was received, with the productivity increase from liming being 16%. Application of only nitric fertilizers has raised productivity of the spring wheat on 32% on a non-limed background and on 39% on a liming background. The complex application of NPK promoted productivity increase on a non-limed background from 37 to 49% and on a limed background from 38 to 50% with the maximum productivity of 2,99 t/ha. The spring wheat grain has met the GOST Standard requirements on natural weight. Positive influence of fertilizers on the crude protein and vegetable gluten content in the grains is observed. The close correlation association of the spring wheat productivity to the crude protein  $r = 0,79$  content and also to the vegetable gluten content in the grains  $r = 0,78$  is revealed.*

**Keywords:** mineral fertilizers, lime, productivity, spring wheat, quality grain, test weight, crude protein, gluten content.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Материалы для публикации представляются в виде файла в формате Microsoft Word for Windows с расширением .doc или .docx.

Рекомендуемый объем статьи – до 10 страниц текста, включая таблицы, рисунки формата А4 в редакторе Microsoft Office Word, шрифт «Times New Roman», кегль 12, межстрочный интервал 1,0, абзацный отступ – 1 см, все поля – 2 см. Выравнивание текста статьи по ширине.

**Статья должна быть оформлена следующим образом:**

– **УДК** – выравнивание по верхнему левому краю.

– **Название статьи** (заглавными буквами, жирным шрифтом, выравнивание по центру).

– **Фамилия и инициалы автора(ов)** (жирным шрифтом, выравнивание по центру), сведения об авторе (ученое звание, ученая степень, должность).

– **Полное название учреждения** (в именительном падеже, выравнивание по центру)

– **Реферат (аннотация)** – объем 200-250 слов (не менее 1000 знаков) должен быть четким и информативным, отражать основное содержание статьи. (Рекомендовано строить большинство предложений по образцу – «Обнаружено», «Установлено»..., «Выяснено...»).

**Ключевые слова** (5-10 слов), выравнивание по ширине.

**Основной текст** статьи должен быть структурирован и содержать следующие разделы: **введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, выводы, литература.**

**Введение** должно содержать характеристику изученности проблемы в мировой научной литературе (необходимо использовать ссылки за последние 5 лет). Завершается введение характеристикой цели работы: «выявить», «охарактеризовать», «описать».

**Список цитируемой литературы** должен быть не более 10-12 источников и оформляется: **для книг** - фамилия и инициалы всех авторов, полное название, место издания, название издательства, год издания, количество страниц; – **для журнальных статей** – фамилия и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год издания, номер тома или выпуска, страницы.

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте. Цифровые номера ссылки в тексте даются в квадратных скобках.

**Цитируемость на свои работы** – не более 15-20 % от общего списка.

Все библиографические ссылки автору необходимо проверить на наличие DOI и обязательно его указать.

**После литературы УКАЗАТЬ номер научного направления (задания), в соответствии с выполнением которого написана данная статья.**

После списка литературы **необходимо вставить перевод на английский язык** названия статьи, фамилии и инициалы автора(ов), сведения о них, название учреждения, аннотации и ключевых слов.

**Критерии авторства.** Авторы статьи должны подтвердить, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Рукопись должна быть подписана авторами, иметь направление от учреждения, где выполнялась работа, подтверждающее, что материалы публикуются впервые и одну рецензию, заверенную, с печатью.

Редакционная коллегия, при получении статьи, рассматривает её соответствие тематике журнала, для оценки научного содержания направляет на рецензирование членам редколлегии или специалистам соответствующего профиля.

Рецензент делает своё заключение о дальнейшей судьбе статьи: статья рекомендуется к публикации а) в настоящем виде; б) с учётом исправления отмеченных рецензентом недостатков; в) о передачи статьи на дополнительную рецензию другому специалисту; г) отклонить публикацию. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Возвращение рукописи автору на доработку с копией рецензии не означает, что статья принята к печати.

Сообщение об отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте.

**В конфликтных ситуациях решение принимает главный редактор.**

**Не допускается направление в редакцию работ, которые направлены в другие издания или напечатаны в них. В одном номере может быть опубликована только одна статья автора.**

За точность воспроизведения имён, цитат, формул, цифр несёт ответственность автор. Статьи в журнал отправлять в электронном виде на адрес E-mail: office@vniizbk.orel.ru. Присланные рукописи обратно не возвращаются.

**Публикации в журнале статей иногородних авторов платные – одна страница компьютерного текста – 500 руб. Возможно, выписать журнал на учреждение (на год), тогда статьи можно публиковать бесплатно. С аспирантов плата не взимается.**