

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 4(32), 2019 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
Российской академии сельскохозяйственных наук**

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 Любовь Никифоровна, д. с.-х наук

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

Матвейчук Петр Васильевич, к. с.-х наук

Серекпаев Нурлан Амангельдинович, д. с.-х наук

Суворова Галина Николаевна, к. с.-х наук

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Чекмарев Петр Александрович, академик РАН

Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН

Научный редактор, корректор

Грядунова Н.В.

Технический редактор

Хмызова Н.Г.

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

Фотоматериал **Черенький 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) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.orel.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 05.12.2019 г.

Формат 60x88/8.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Бударина Г.А., Голопятов М.Т., Акулов А.С., Семёнов А.С., Вилюнов С.Д. Влияние применения препаратов Биостим Масличный и Ультрамаг Комби на урожайность новых сортов зернобобовых культур	4
Романова О.И., Фесенко А.Н., Фесенко Н.Н., Фесенко И.Н. Внутривидовая изменчивость по фотопериодической чувствительности как фактор расширения ареала <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.	13
Бобков С.В., Зотиков В.И., Михайлова И.М. Разработка метода отбора на высокое содержание белка в семенах гречихи	20
Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А. Селекционно-технологическое исследование плёнчатости зерна у проса посевного	27
Майстренко О.А. Оценка перспективных линий гороха по пищевым качествам и урожайности семян	31
Филатова И.А. Урожайность и экологическая адаптивность перспективных сортообразцов гороха	35
Голопятов М.Т. Роль минерального азота в реализации генетического потенциала сортов гороха различающихся по архитектонике листового аппарата	41
Целуйко О.А., Парамонов А.В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха	46
Рябуха С.С., Чернышенко П.В., Святченко С.И., Безуглый И.Н., Шелякина Т.А. Оценка экологической пластичности и стабильности современного селекционного материала сои	52
Амелин А.В., Чекалин Е.И., Заикин В.В., Сальникова Н.Б. Видовые особенности устьичной проводимости паров воды листьями растений сои <i>Glycine max (L.) Merr</i>	59
Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Поиск высокоэффективных инокулянтов для перспективных сортообразцов сои	66
Егги Э.Э., Александрова Т.Г. Определение соответствия неизвестного образца вики посевной сорту Юбилейная 110 по данным морфологии и электрофореза белков семян	71
Кухарчик В.М., Рутковская Л.С., Рыбак А.Р., Шевчик С.Н. Инокуляция семян кормовых бобов как прием, способствующий улучшению диазотрофности культуры, повышению продуктивности и качества урожая	81
Гурьев Г.П. Влияние препаратов клубеньковых бактерий и синтетического регулятора роста Мелафен на урожайность фасоли и его структурные элементы	87
Гринько А.В., Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление нута в богарных условиях	92
Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Перспективные сортообразцы клевера лугового с высокими кормовыми качествами для условий среднего Урала	99
Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Мельникова О.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области	105
Мясникова М.Г., Мальчиков П.Н., Шаболкина Е.Н., Сидоренко В.С., Тугарева Ф.В., Розова М.А., Чахеева Т.В., Цыганков В.И. Изменение содержания белка в зерне пшеницы твёрдой яровой в процессе селекции высокоурожайных сортов	112
Иванова И.Ю., Иванова О.А., Ильина С.В. Корреляционная зависимость урожайности пшеницы мягкой яровой от элементов продуктивности	119
Турусов В.И., Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А., Говоров В.Н., Крячкова М.П. Плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя при различных приемах обработки почвы	125
Иванова О.М. Применение различных видов минеральных удобрений на ячмене в условиях Тамбовской области	132
Золотухин А.И., Бобкова Ю.А. Сравнительная эффективность различных способов обработки почвы в звене севооборота в условиях юго-востока Орловской области	136
Федорова З.Н. Энергопротеиновый концентрат на основе экструдированного люпина в кормлении телят	142

CONTENT

Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Budarina G.A., Golopyatov M.T., Akulov A.S., Semenov A.S., Vilyunov S.D. Influence of the application of preparation Biostime Oilplant and Ultramag Kombi on the yield of new varieties of leguminous crops	4
Romanova O.I., Fesenko A.N., Fesenko N.N., Fesenko I.N. Intraspecific variability in photoperiodic sensitivity as a factor in the expansion of <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	13
Bobkov S.V., Zotikov V.I., Mikhailova I.M. Elaboration of selection method for high protein content in buckwheat seeds	20
Tihonov N.P., Tihonova T.V., Milkin A.A. Breeding and technological study of grain filmness of common millet	27
Maystrenko O.A. Estimation of promising lines of pea on the nutritional properties and yield	31
Filatova I.A. Yield and ecological adaptivity of perspective pea varieties	35
Golopyatov M.T. The role of mineral nitrogen in the realization of the genetic potential of pea varieties differing in the architectonics of the leaf apparatus	41
Tseluiko O.A., Paramonov A.V. Effect of long-term use fertilizers on pea yield	46
Ryabuha S.S., Chernyishenko P.V., Svyatchenko S.I., Bezuglyiy I.N., Shelyakina T.A. Evaluation of ecological plasticity and stability of modern soybean breeding material	52
Amelin A.V., Chekalin E.I., Zaikin V.V., Salnikova N.B. Specific features of stomatal conductivity of water vapor by leaves of plants <i>Glycine max (L.) Merr</i>	59
Vasilchikov A.G., Akulov A.S. Search for highly effective inoculants for promising soybean varieties	66
Eggi E.E., Aleksandrova T.G. Determination of an unknown accession of common vetch for compliance with the variety 'Yubileynaya 110' according to morphology and electrophoresis of seed protein	71
Kuharchik V.M., Rutkovskaya L.S., Rybak A.R., Shevchik S.N. Inoculation of forage bean seeds as a technique that improves diazotrophy of the crop, increases productivity and quality of the crop	81
Gurev G.P. The effect of nodule bacteria and the synthetic growth regulator Melafen on the yield of beans and its structural elements	87
Grinko A.V., Voshedskij N.N., Kulygin V.A. Influence of elements of cultivation technology on yield and water consumption of chickpeas in rain-fed conditions	92
Tormozin M.A., Zyryantseva A.A. Promising varieties of clover meadow with high fodder qualities for the conditions of the middle Urals	99
Fomenko M.A., Grabovets A.I., Oleinikova T.A., Melnikova O.V. Parameters of adaptability and homeostasis varieties of winter soft wheat in a steppe zone Rostov region	105
Myasnikova M.G., Malchikov P.N., Shabolkina E.N., Sidorenko V.S., Tugareva F.V., Rozova M.A., Chakheeva T.V., Tsygankov V.I. Change of protein content in spring durum wheat grain in the process of breeding of high yield varieties	112
Ivanova I.Yu., Ivanova A.O., Ilyina S.V. Correlation dependence of soft spring wheat productivity on productivity elements	119
Turusov V.I., Garmashov V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A., Govorov V.N., Kryachkov M. P. Common chernozem fertility and productivity of barley under different soil treatment methods	125
Ivanova O.M. Application of various types of mineral fertilizers on barley in conditions of Tambov region	132
Zolotukhin A.I., Bobkova Y.A. Comparative efficiency of different soil treatment methods in crop rotation in the conditions of southeast of Orel region	136
Fedorova Z.N. Energy-protein concentrate based on extruded lupine for extingual soy in the feeding of calves	142

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ БИОСТИМ МАСЛИЧНЫЙ И УЛЬТРАМАГ КОМБИ НА УРОЖАЙНОСТЬ НОВЫХ СОРТОВ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

В.И. ЗОТИКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, член – корр. РАН
В.С. СИДОРЕНКО, Г.А. БУДАРИНА, М.Т. ГОЛОПЯТОВ, А.С. АКУЛОВ, кандидаты
сельскохозяйственных наук, **А.С. СЕМЁНОВ**, аспирант,
С.Д. ВИЛЮНОВ, научный сотрудник

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Проведены исследования по применению многокомпонентных минеральных удобрений Биостим Масличный и Ультрамаг Комби, производимых компанией «Щелково Агрохим», при обработке вегетирующих растений на фоне протравливания семян препаратом Скарлет, МЭ для повышения урожайности новых сортов зернобобовых культур.

В результате исследований получены новые знания в области применения микроудобрений и биостимуляторов на новых сортах гороха, фасоли и нута, применение которых позволит обеспечить повышение урожайности, рентабельности и улучшить качество продукции.

На горохе наиболее рентабельно однократное применение в фазу 6-7 листьев данных препаратов, опрыскивание которыми обеспечивает получение 15,4% прибавки урожайности и самую высокую экономическую эффективность.

Определено, что однократная подкормка фасоли микроудобрениями в фазу первого настоящего листа способствует большему накоплению биомассы растений, увеличивает высоту прикрепления нижнего боба и повышает урожайность сортов Стрела и Маркиза в среднем на 25,0-33,0%.

Протравливание семян препаратом Скарлет, МЭ, 0,4 л/т без внекорневых подкормок на 63,4% защищает нут от корневых гнилей, на 40,0-75,0% повышает полевую всхожесть, на 29,0% – урожайность зерна.

Установлено, что внекорневые подкормки нута в фазу 7 настоящих листьев и в фазу бутонизации, на фоне протравливания семян препаратом Скарлет, МЭ обеспечивают в среднем прибавку урожая зерна у сорта Аватар – 0,53-0,61 т/га, у сорта Приво 1 – 0,24-0,35 т/га

Ключевые слова: агротехнология, управление вегетацией растений, листовые подкормки, биостимуляторы, горох, фасоль, соя, нут.

В области биологической безопасности существует два пути решения проблемы - селекционно-генетический и технологический. В процессе селекционно-генетических работ созданы новые сорта с потенциально высокой биологической и хозяйственной продуктивностью, устойчивые к стрессовым факторам. Новым технологиям принадлежит ведущее место в создании и обеспечении оптимальных условий для полной реализации их генетического потенциала. Управление вегетацией растений новых сортов путем использования научно обоснованного севооборота, а также с помощью микроудобрений и стимуляторов роста позволяет добиваться высочайшей рентабельности растениеводства. Отечественная система контроля за вегетацией растений (CVS) направленно регулирует ростовые процессы растений в вегетационный период, что позволяет минимизировать последствия воздействия климатических аномалий, защитить зернобобовые культуры от

неблагоприятных факторов, включая «нетрадиционные» стрессовые нагрузки, обеспечить высокие гарантированные урожаи [1].

Преимущества предлагаемых элементов новых технологий заключаются в том, что впервые в условиях Центрального федерального округа РФ разрабатывается технология управления вегетацией новых сортов основных зернобобовых культур (горох, фасоль, нут) на основе более рационального и дифференцированного использования природных, техногенных и биологических ресурсов для задач интенсификации растениеводства - роста урожайности и сохранения почвенного плодородия.

Благодаря фундаментальным достижениям возможности управления формообразовательным процессом культурных растений существенно возросли, позволяют значительно ускорить селекционный процесс и реализовать принципиально новые задачи генетического улучшения растений зернобобовых культур [2]. При создании новых сортов зернобобовых культур важную роль играет не только изучение генетического разнообразия, но и вовлечение растительно-микробных взаимодействий, применение новых технологий для реализации биологического потенциала агроэкосистем [3, 4].

Цель исследований. Разработать новые безопасные агротехнологии, включающие технологии управления вегетацией растений, путем использования микроудобрений для листовых подкормок и аминокислотных биостимуляторов для определения воздействия на уровень гомеостаза новых сортов зернобобовых культур.

Материал и методика исследований

В качестве объектов исследования задействованы широко культивируемые виды зернобобовых культур: горох, фасоль, нут – представители семейства *Fabaceae*. Проведено изучение контроля продуктивности у известных и новых сортов: гороха Софья, Ягуар; фасоли Стрела, Маркиза и нута Приво 1, Аватар.

Химический состав препаратов, изучающихся в опыте следующий: Ультрамаг Комби для бобовых, в % – N – 15; MgO – 2,0; SO₃ – 1,0; B – 0,5; Cu – 0,2; Fe – 0,3; Mn – 0,4; Mo – 0,036; Zn – 0,3; Ti – 0,02; Co – 0,002.

Биостим Масличный – удобрение, биостимулятор с микроудобрениями для масличных и бобовых культур содержит свободные аминокислоты растительного происхождения, а также в % – 6,0; N – 1,2; MgO – 3,0; SO₃ – 8,0; B – 0,7; Cu – 0,1; Fe – 0,2; Mn – 1,0; Mo – 0,02; Zn – 0,2; Ti – 0,02; Co – 0,02.

Определение биологической эффективности препаратов АО «Щелково-Агрохим» при совместном их применении на урожайность зернобобовых культур в разные сроки внекорневых обработок растений проводилось в 2018 – 2019 гг. в севообороте лаборатории агротехнологий и защиты растений ФНЦ ЗБК на темно-серой лесной среднесуглинистой почве со следующей агрохимической характеристикой: рН_{сол} – 5,1; гумус, % – 4,2; P₂O₅ – 18,0 и K₂O – 12,2 мг на 100 г почвы. Предшественник – озимая пшеница. Площадь делянки 7 м². Уборку урожая проводили поделяночно прямым комбайнированием комбайном Сампо-130 в фазу полной спелости.

Экспериментальные данные обработаны статистическими методами с использованием компьютерных программ MS Excel, а также проведен дисперсионный анализ полученных результатов.

Результаты исследований и их обсуждение

Горох посевной. В условиях интенсивного земледелия применение стимуляторов роста и комплекса микроудобрений может стать важным резервом повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Роль стимуляторов роста растений и микроудобрений резко возросла в связи с широким применением интенсивных технологий возделывания зернобобовых культур. Концентрация ресурсов в целях получения от них максимальной отдачи потребовала комплексного применения средств химизации, определение оптимального их соотношения. В этой связи блок регуляции роста и развития растений необходимо тесно увязывать с другими блоками технологий и оценивать в полевых опытах.

Изучение препаратов отдельно, совместно при посеве и для внекорневых (листовых) подкормок гороха в разные сроки позволяет повысить устойчивость растений к различным видам болезней, защитить растения от воздействия изменяющихся климатических условий, улучшить количественные и качественные показатели урожайности культуры. Обработка препаратами вегетирующих растений гороха улучшает питание и обмен веществ в растениях, что в конечном итоге способствует активному развитию надземной массы и в конечном итоге повышению урожая.

Анализируя результаты исследований (табл.1) необходимо отметить, что протравливание семян гороха препаратом Скарлет МЭ в дозе 0,35 л/га способствовало некоторому повышению урожая семян гороха. Прибавка у обоих сортов по отношению к контролю достигала 0,1 т/га (7-8%). В вариантах опыта, где семена были протравлены препаратом Скарлет МЭ, в фазу 6-7 листьев гороха была проведена листовая подкормка растений микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые в дозе 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га величина урожая зерна достоверно выросла на 0,2 т/га (13-15%). При протравливании семян и двух листовых подкормках гороха в фазу 6-7 листьев и в фазу бутонизации прибавка урожая оказалась такая же, как и на варианте с протравливанием семян и одной листовой подкормкой в фазу 6-7 листьев гороха. Это свидетельствует о том, что вторую листовую подкормку гороха препаратами Ультрамаг Комби бобовые и Биостим Масличный в фазу бутонизации проводить не имеет смысла.

Таблица 1

Влияние совместного применения препаратов Скарлет МЭ, Ультрамаг Комби бобовые и Биостим Масличный на урожайность сортов гороха при обработке семян и проведения в разные сроки внекорневых подкормок растений, 2018-2019 гг.

Сорт	Варианты	т/га	Прибавка	
			т/га	%
1. Софья	Контроль (без обработок)	1,3	-	-
2. Ягуар		1,5	-	-
3. Софья	Протравливание семян препаратом Скарлет МЭ (заблаговременно) в дозе 0,35 л/т без микроудобрений	1,4	0,1	8
4. Ягуар		1,6	0,1	7
5. Софья	Протравливание семян + одна листовая подкормка микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев гороха	1,5	0,2	15
6. Ягуар		1,7	0,2	13
7. Софья	Протравливание семян + две листовые подкормки микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев гороха и такая же обработка в фазу бутонизации	1,5	0,2	15
8. Ягуар		1,7	0,2	13
НСР ₀₅		0,10		
сорт		0,16		
препараты				

Во всех случаях увеличение урожая зерна гороха произошло в основном (табл. 2) за счет увеличения массы 1000 семян, уборочного индекса и количества бобов на 1 растении.

Анализируя экономические показатели совместного применения препаратов Скарлет МЭ, Ультрамаг Комби бобовые и Биостим Масличный на урожайность разных сортов гороха при обработке семян и в разные сроки внекорневых подкормок растений в разные сроки (табл. 3), следует отметить их достаточно высокую эффективность. Рентабельность при этом колебалась от 29 до 52%. Самая высокая экономическая эффективность от применения препаратов получена в варианте, где семена протравливались и была проведена одна листовая подкормка гороха в фазу 6-7 листьев.

Таблица 2

Влияние совместного применения препаратов Скарлет МЭ, Ультрамаг Комби бобовые и Биостим Масличный на некоторые морфологические признаки гороха при обработке семян и в разные сроки внекорневых подкормок растений, 2018-2019 гг.

Сорт	Варианты	Масса 1000 семян, г	Уборочный индекс, %	Количество бобов на 1 растении, шт.	Количество семян в 1 бобе, шт.
1. Софья	Контроль (без обработок)	165	42	2,4	3,6
2. Ягуар		170	46	2,4	3,9
3. Софья	Протравливание семян препаратом Скарлет МЭ (заблаговременно) в дозе 0,35 л/т без микроудобрений	167	48	2,4	4,5
4. Ягуар		171	48	2,7	4,1
5. Софья	Протравливание семян + одна листовая подкормка микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев гороха	167	46	2,6	4,0
6. Ягуар		175	48	2,9	4,1
7. Софья	Протравливание семян + две листовые подкормки микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев гороха и такая же обработка в фазу бутонизации	169	45	3,1	3,6
8. Ягуар		177	48	2,9	4,2

Таблица 3

Экономическая эффективность применения препаратов на горохе

Сорт	Варианты	Урожай т/га	Производствен. затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Себе-стоимость, руб./ц	Рентабельность, %
1. Софья	Контроль (без обработок)	1,3	10648	2352	819	22
2. Ягуар		1,5	10648	4352	710	41
3. Софья	Протравливание семян препаратом Скарлет МЭ (заблаговременно) в дозе 0,35 л/т без микроудобрений	1,4	10832	3168	774	29
4. Ягуар		1,6	10832	5168	677	48
5. Софья	Протравливание семян + одна листовая подкормка микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев гороха	1,5	11183	3817	745	34
6. Ягуар		1,7	11183	5817	658	52
7. Софья	Протравливание семян + две листовые подкормки микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые» 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев гороха и такая же обработка в фазу бутонизации	1,5	11534	3466	769	30
8. Ягуар		1,7	11534	5466	678	47

Таким образом, лучшим вариантом совместного применения препаратов на горохе является протравливание семян препаратом Скарлет МЭ в дозе 0,35 л/т семян и одна листовая подкормка микроудобрениями Ультрамаг Комби бобовые 1,0 кг/га и Биостим Масличный 0,5 кг/га в фазу 6-7 листьев, что можно рекомендовать к применению в сельскохозяйственном производстве.

Следовательно, применение препаратов Биостим Старт и фунгицида Скарлет, МЭ является эффективным приёмом увеличения урожайности и продуктивности растений.

Фасоль. Повышение эффективности продукционного процесса сортов фасоли связано с внесением внекорневых подкормок микроудобрениями Ультрамаг Комби и Биостим Масличный. Впервые для севера Центрально-Чернозёмного региона изучены внекорневые подкормки Ультрамагом Комби и Биостимом Масличным на новых сортах фасоли Маркиза и Стрела.

Изучение препаратов Ультрамаг Комби для бобовых в комплексе с Биостимом Масличным при проведении ими внекорневых (листовых) подкормок фасоли в разные сроки показало, что улучшились количественные показатели урожайности культуры. Отмечена тенденция возрастания в вариантах, по сравнению с контролем, коэффициента хозяйственной полезности ($K_{хоз}$) с 0,48 до 0,51.

Обработка препаратами вегетирующих растений фасоли улучшили питание и обмен веществ в растениях, что в конечном итоге, способствовало активному развитию надземной биомассы – высота растений сорта Маркиза возросла с 33,5 см в контроле до 35,0 см в варианте с двойными подкормками, у сорта Стрела соответственно с 36,0 до 43,2 см. Также возросла высота прикрепления нижнего боба с 15,9 см до 17,0 см, которая определяет технологичность растений фасоли. Чем выше этот показатель, тем меньше потери урожая. Другие показатели структурного анализа находились в обратно–пропорциональной зависимости от густоты стояния растений (табл. 4, рис.1)

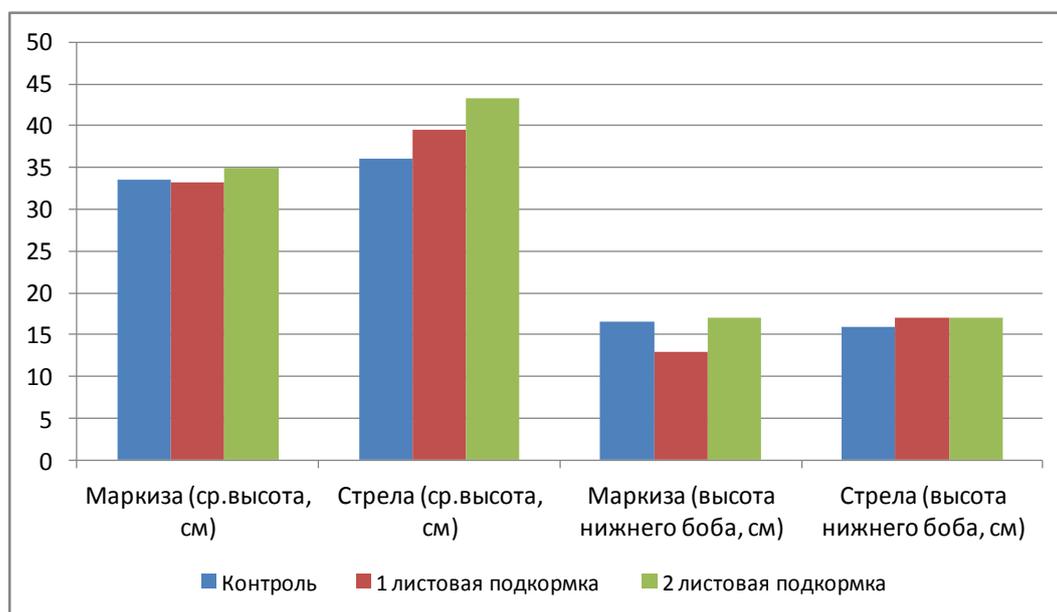


Рис.1. Показатели структурного анализа растений фасоли в зависимости от влияния способов внесения препаратов Ультрамаг Комби и Биостим Масличный

Уборка фасоли проводилась при наступлении полной спелости (12.09) поделочно прямым комбайнированием Сампо-130 с последующим взвешиванием урожая. Оценка урожая проводилась после его приведения к 100% чистоте и 14% влажности с последующей математической обработкой методом дисперсионного анализа.

Таблица 4

Показатели структурного анализа растений фасоли в зависимости от влияния способов внесения препаратов Ультрамаг Комби и Биостим Масличный

Сорт	Вариант	Число бобов с одного растения, шт.	Число семян с одного растения, шт.	Масса семян с одного растения, г
Маркиза	Контроль	5,5	23,0	6,32
	Листовая подкормка микроудобрениями, фаз.1 листа	14,1	51,2	11,11
	2 листовых подкормки микроуд., фазы 1 лист, бутон.	8,2	33,8	9,87
Стрела	Контроль	10,1	42,3	12,03
	Листовая подкормка микроудобрениями, фаз.1 листа	10,7	47,5	9,37
	2 листовых подкормки микроуд., фазы 1 лист, бутон.	10,2	46,1	10,58

Результаты анализа урожайных данных свидетельствуют о том, что достоверная прибавка + 0,45 т/га у сорта Маркиза и + 0,32 т/га у сорта Стрела по сравнению с контролем отмечена при однократном внесении комплекса микроудобрений в фазу первого настоящего листа растений фасоли (рис. 2).

Двукратное применение препаратов привело к наращиванию вегетативной массы в ущерб генеративным органам.

Таким образом, установлено, что оба сорта фасоли (Маркиза, Стрела) имели максимально высокие показатели ($K_{хоз}$, высота растений, высота прикрепления нижнего боба) при двух листовых подкормках Ультрамагом Комби и Биостимом Масличным в фазы одного настоящего листа и бутонизации; для получения максимального урожая зерна фасоли целесообразна однократная подкормка микроудобрениями в фазу первого настоящего листа.

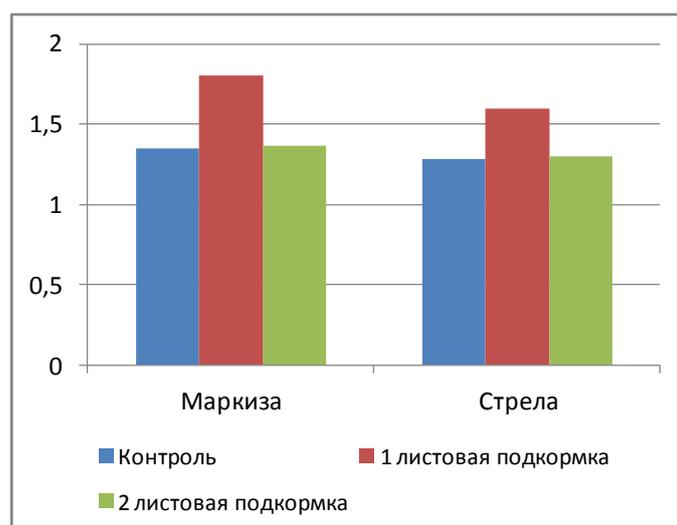


Рис. 2 .Урожайность фасоли в зависимости от эффективности действия микроудобрений, т/га

Нут. В 2018–2019 гг. впервые проводились исследования по определению целесообразности совместного применения многокомпонентных минеральных удобрений производимых АО «Щелково Агрохим» (Биостим масличный и Ультрамаг) с протравителем

Скарлет, МЭ при обработке семян и вегетирующих растений для повышения урожайности новых сортов нута Аватар и Приво 1. Продолжительный период вегетации нута, высокая зараженность посевного материала плесневыми и патогенными видами грибов и бактерий, относительно слабая устойчивость районированных сортов к корневым и листостебельным болезням, диктуют целесообразность применения пестицидных комплексов для обработки семян и посевов. Анализ данных фитоэкспертизы, проведенный в 2018-2019 гг. показал значительную (от 30,0 до 90,0%) зараженность семян нута плесневыми грибами и бактериозом, что ведет к значительному снижению их посевных качеств. В связи с этим, полевая всхожесть и густота стеблестоя нута на вариантах без обработки протравителями может снижаться в зависимости от сорта на 47,7-48,6% и более (табл. 5). Поэтому протравливание семян современных сортов нута является обязательным приемом, позволяющим не только повысить их посевные качества, но и максимально сохранить растения к уборке. Самое высокое количество сохранившихся к уборке растений за 2 года исследований было именно на вариантах с протравливанием семян Скарлетом, МЭ (97,6 – 99,3%).

Таблица 5

Влияние обработки семян нута протравителем Скарлет, МЭ на полевую всхожесть и сохранность растений к уборке

Вариант/препарат	Норма расхода, л/т, л/га	Полевая всхожесть сои, %		Густота стеблестоя к уборке, шт/м ²		Сохранность, %	
		Аватар	Приво 1	Аватар	Приво 1	Аватар	Приво 1
1. Контроль (без обработки)	-	81,6	10,3	77,2	9,5	94,6	92,2
2. Обработка семян нута протравителем Скарлет, МЭ (базовый вариант)	0,4	74,8	19,7	73,0	18,0	97,6	91,4
3. Базовый вариант + опрыскивание растений в фазу 7 настоящих листьев микроудобрениями Биостим Масличный + Ультрамаг Комби	0,4+ 0,5	74,0	19,3	72,5	18,5	98,0	95,9
4. Базовый вариант + опрыскивание растений микроудобрениями Биостим Масличный + Ультрамаг Комби в фазу 7 настоящих листьев и повторно в фазу бутонизация	0,4+ 0,5+ 0,5	74,9	19,7	74,4	18,5	99,3	93,9

В результате учетов на поврежденность нута корневыми гнилями на сорте Аватар отмечено существенное снижение их развития в фазу бутонизация под влиянием протравливания семян препаратом Скарлет, МЭ в дозе 0,4л/т. Биологическая эффективность данного приема по всем вариантам была практически одинаковой и в среднем составила 63,4% (табл.6).

Биологическая и хозяйственная эффективность комплексного применения препаратов фирмы «Щелково Агрохим» на нуте (сорт Аватар)

Вариант опыта	Норма расхода препарата, л/т, л/га	Корневые гнили (Fusarium spp.)		Кол-во бобов на 1 раст., шт.	Кол-во семян на 1 раст., шт.	Вес зерна с раст., г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность	
		развитие, %	эффективность, %					т/га	% к контролю
1. Контроль (без обработки)	-	7,2	--	13,5	10,6	2,61	233,2	0,69	-
2. Обработка семян нута протравителем Скарлет, МЭ (базовый вариант)	0,4	2,6	63,9	13,7	13,1	2,84	232,7	0,89	+29,0
3. Базовый вариант + опрыскивание растений в фазу 7 настоящих листьев микроудобрениями Биостим Масличный + Ультрамаг Комби	0,4 + 0,5	2,5	65,3	12,5	12,3	3,64	233,2	1,30	+88,4
4. Базовый вариант + опрыскивание растений микроудобрениями Биостим Масличный + Ультрамаг Комби в фазу 7 настоящих листьев и повторно в фазу бутонизация	0,4 + 0,5 + 0,5	2,8	61,1	14,8	15,5	3,95	230,5	1,22	+76,8



Рис.3. Влияние обработки семян протравителем Скарлет, МЭ, 0,4л/т на полевую всхожесть семян нута сорта Приво1. Слева – контроль, справа – вариант

Структурный анализ снопового материала и урожайности нута выявил положительное влияние совместной обработки семян препаратом Скарлет, МЭ и опрыскивания растений по вегетации микроудобрениями Биостим масличный + Ультрамаг Комби на увеличение количества семян (на 16,0-46,2%), их веса (на 39,5-51,3%) с 1 растения и урожайности (на 88,4 – 76,8%). При этом двукратная и однократная обработки посевов по влиянию на урожайность существенно не отличались между собой и превышали по аналогичному показателю вариант с протравливанием (Скарлет, МЭ, 0,4л/т) на 46,1 и 37,1% на сорте Аватар. Прибавка урожайности от данных приемов на сорте Приво 1 составила 95,7; 104,3 и 152,2%.

Таким образом, в результате изучения комплексного влияния обработки семян препаратом Скарлет, МЭ и опрыскивания растений нута по вегетации микроудобрениями Биостим Масличный + Ультрамаг Комби выявлено, что внекорневые подкормки в два срока

обеспечивают в среднем прибавку урожая зерна у сорта Аватар – 0,53-0,61 т/га, у сорта Приво 1 – 0,24-0,35 т/га. Протравливание семян нута препаратом Скарлет, МЭ, 0,4 л/т без внекорневых подкормок на 63,4% защищает нут от корневых гнилей, на 29,0% повышает урожайность зерна.

Литература

1. Piskov V.B., Chernyshev V.P., Karakotov S.D. M-dinitroaromatic moiety as a fragment of biologically active compounds // *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2016. – V.49. – №11. – P.724-734.
2. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S., Suvorova G.N., Bobkov S.V., Soboleva G.V. Use of biotechnological techniques for creation of new genotypes of legumes groat crops // VI Moscow international congress Biotechnology: State of the art and prospects of development. – 21-25 March 2011. – P.111.
3. Shtark O.Y., Zhukov V.A., Sulima A.S., Singh R., Naumkina T.S., Akhtemova G.A., Borisov A.Y. Prospects for the use of Multi-Component symbiotic systems of the Legumes // *Экологическая генетика*, 2015. – Т.ХІІІ. – №1. – С.33-45.
4. Проворов Н.А., Жуков В.А., Курчак О.Н., Онищук О.П., Андронов Е.Е., Борисов А.Ю., Чижевская Е.П., Наумкина Т.С., Овцына А.О., Воробьев Н.И., Симаров Б.В., Тихонович И.А. Совместная миграция клубеньковых бактерий и бобовых растений в новые местообитания: механизмы коэволюции и практическое значение (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2013. – Т.49. – №3. – С.229-233.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН на 2019 год по проекту «Фундаментальные основы технологий управления вегетацией сельскохозяйственных растений»

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF PREPARATION BIOSTIME OILPLANT AND ULTRAMAG KOMBI ON THE YIELD OF NEW VARIETIES OF LEGUMINOUS CROPS

**V.I. Zotikov, V.S. Sidorenko, G.A. Budarina, M.T. Golopyatov,
A.S. Akulov, A.S. Semenov, S.D. Vilyunov**

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *Studies were conducted to use of multicomponent mineral fertilizers Biostim Oilplant and Ultramag Combi produced by «Schelkovo Agrohim» company on the background of treatment of seeds with the preparation Scarlet, ME, to increase the yield of new varieties of leguminous crops. As a result of the research, new knowledge was obtained in the field of the use of micronutrient fertilizers and biostimulants on new varieties of peas, beans and chickpeas, the use of which will ensure an increase in yield, profitability and improve product quality.*

On peas, it is most cost-effective to use these preparations once in a phase of 6-7 leaves, spraying with which provides 15.4% yield increase and the highest economic efficiency.

It was determined that a single bean top dressing with microfertilizers in the phase of the first true leaf contributes to a greater accumulation of plant biomass, increases the attachment height of the lower bean and increases the yield of varieties Strela and Markiza at the average on 25.0 – 33.0%. Seed dressing with preparation Scarlet, ME, 0.4 l/t without foliar dressing protects chickpeas from root rot by 63.4%, increases field germination by 40.0 - 75.0%, and grain yield — by 29.0%. It was determined that foliar feeding of chickpeas in two periods: in the phase of 7 true leaves and in the phase of budding, against the background of seed treatment with Skarlet, ME provides an average increase in the yield of grain: in the Avatar variety, 0.53 - 0.61 t/ha, in the Privo 1 variety, 0.24–0.35 t/ha.

Keywords: agricultural technologies, plant vegetation management, foliar application, biostimulants, peas, beans, soy, chickpeas.

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПО ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КАК ФАКТОР РАСШИРЕНИЯ АРЕАЛА *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.

О.И. РОМАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
А.Н. ФЕСЕНКО*, доктор биологических наук
Н.Н. ФЕСЕНКО*, кандидат биологических наук
И.Н. ФЕСЕНКО*, доктор биологических наук

ФГБНУ ФИЦ «ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»
E-mail: o.romanova@vir.nw.ru

*ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

Проанализирована чувствительность к длине дня местных популяций и сортов гречихи различного эколого-географического происхождения. Оценка проведена в условиях вегетационного опыта (г. Пушкин, Ленинградская обл.) в 1999...2015 гг. с использованием коэффициента фотопериодической чувствительности растений: $K_{фпч} = T1/T2$, где $T1$ и $T2$ – продолжительность периода всходы-начало цветения (сут) у растений гречихи, выращенных соответственно в условиях длинного естественного (18 ч 00 мин – 18 ч 52 мин) и искусственно создаваемого короткого 12-часового фотопериода. Хотя гречиха по происхождению является короткодневным растением, среди популяций, сформировавшихся в различных условиях («низкоширотных» и «высокоширотных»), характерно наличие широкого полиморфизма по фотопериодической чувствительности. Расширение ареала гречихи в северном направлении было связано со снижением чувствительности растений к длине дня: в регионах, расположенных выше 50° с.ш., доля популяций с очень слабой ($K_{фпч} = 1,00-1,10$) и слабой ($K_{фпч} = 1,11-1,20$) чувствительностью была равной, и составляла по 44,3%. В странах, расположенных ниже 50° с.ш., доля таких популяций составила только 29,7% и 25,7%, соответственно. Наименее фотопериодически чувствительными были образцы восточно-европейского агроэкоотипа, включая многие российские сорта. Наиболее высокой фотопериодической чувствительностью отличаются образцы гречихи из основных центров ее генетического разнообразия (южный Китай, Непал, Бутан, Индия и др.), расположенных вблизи от тропиков.

Ключевые слова: *Fagopyrum*, фотопериодическая чувствительность, полиморфизм.

Существует связь между географическим происхождением культур и типом их фотопериодической реакции. Виды тропиков и субтропиков в большинстве своем короткодневные или нейтральные. Долгое время считалось, что гречиха относится к растениям с нейтральной фотопериодической реакцией [1], однако в дальнейшем исследователи пришли к заключению, что *Fagopyrum esculentum* Moench является растением короткого дня [2-3].

Одним из методов селекции гречихи является отдаленная внутривидовая гибридизация [4]. Агроэкоотипы гречихи сильно различаются по фотопериодической чувствительности, что следует учитывать при подборе пар для скрещивания.

В связи с этим мы проанализировали чувствительность к длине дня местных популяций и сортов гречихи различного эколого-географического происхождения.

Материалы и методы

Объектом исследований послужили образцы гречихи коллекции ВИР и современные селекционные сорта. Исследования проводили в условиях вегетационного опыта (г. Пушкин, Ленинградская обл.) в 1999...2015 гг. Растения выращивали в пластиковых сосудах, вмещающих 4 кг воздушно-сухой почвы, полив проводили до 70% от ППВ. В каждом сосуде выращивали по 10 растений.

Короткий день (КД) создавали в течение 30 дней с момента появления всходов, закатывая вагонетки-платформы с вегетационными сосудами в светонепроницаемый фотопериодический павильон, в котором они находились с 21 до 9 ч утра. Растения, выращиваемые в условиях длинного дня (ДД), на этот период времени таким же образом перемещали в стеклянный павильон.

Показателем фотопериодической чувствительности служила степень задержки цветения на ДД по сравнению с КД у образцов гречихи, выращенных, соответственно, в условиях естественного длинного и искусственного короткого дня. Коэффициент фотопериодической чувствительности растений рассчитывали по формуле $K_{фпч} = T1/T2$, где $T1$ и $T2$ – продолжительность периода всходы-начало цветения (сут) у растений гречихи, выращенных соответственно в условиях длинного естественного и короткого 12-часового дня [5]. Образцы гречихи, имеющие $K_{фпч}=1,00-1,10$, классифицировали как очень слабочувствительные к фотопериоду, $K_{фпч} = 1,11-1,20$ – как слабочувствительные [6].

Результаты и обсуждение

Расширение ареала гречихи в северном направлении было связано со снижением чувствительности растений к длине дня: в «высокоширотных» регионах (расположенных выше 50° с.ш.) доля популяций с очень слабой ($K_{фпч} = 1,00-1,10$) и слабой ($K_{фпч} = 1,11-1,20$) была равной и составляла по 44,3% (рис. 1).

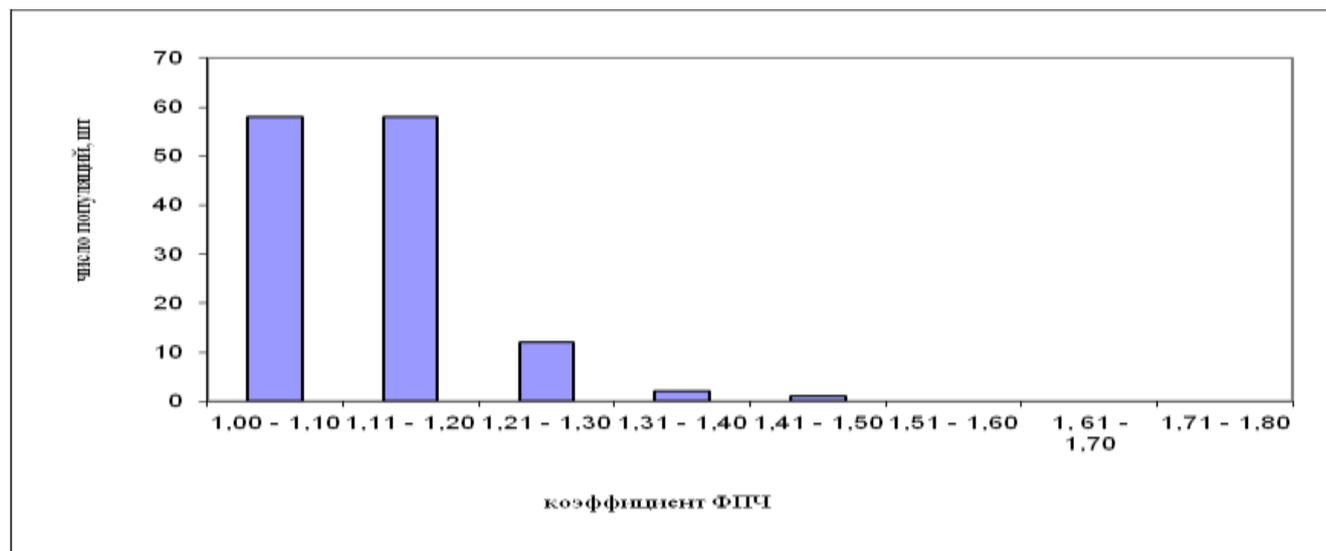


Рис. 1. Фотопериодическая чувствительность популяций гречихи из регионов, расположенных выше 50° с.ш.) (131 популяция) (Пушкин, вегетационный опыт, 1999...2015 гг.).

В относительно «низкоширотных» странах (расположенных ниже 50° с.ш.) доля таких популяций составила только 29,7% и 25,7%, соответственно (рис. 2).

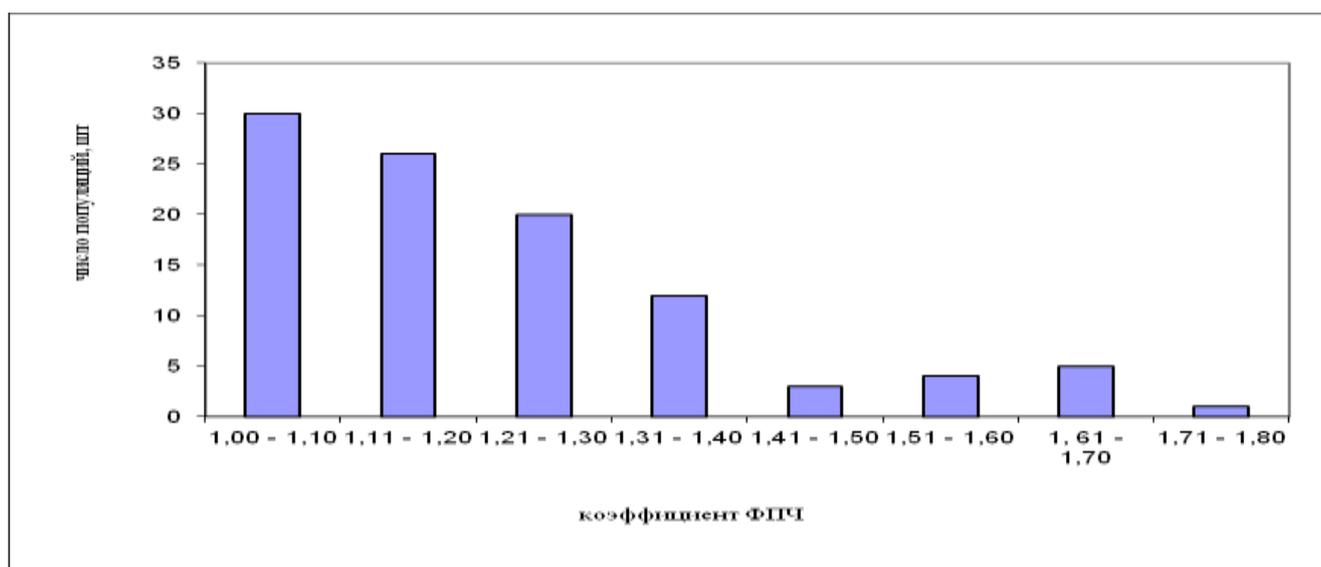


Рис. 2. Фотопериодическая чувствительность популяций гречихи из регионов, расположенных ниже 50° с.ш.) (101 популяция) (Пушкин, вегетационный опыт, 1999...2015 гг.).

Наименее фотопериодически чувствительными были образцы восточно-европейского агроэко типа (табл. 1), в том числе многие российские сорта (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика образцов гречихи Российской Федерации по фотопериодической чувствительности (Пушкин, вегетационный опыт, 1999...2015 гг.)

Регион	Число изученных популяций	Коэффициент фотопериодической чувствительности популяций		
		среднее	минимум	максимум
Северный	3	1,16	1,09	1,20
Северо-Западный	21	1,13	1,04	1,30
Центральный	16	1,08	1,00	1,22
Волго-Вятский	10	1,10	1,02	1,33
Центрально-Черноземный	18	1,15	1,03	1,24
Средневолжский	19	1,12	1,07	1,28
Нижневолжский	1	1,07		
Уральский	11	1,09	1,04	1,16
Западно-Сибирский	15	1,12	1,03	1,32
Восточно-Сибирский	15	1,17	1,06	1,41
Дальневосточный	16	1,22	1,08	1,72
Северо-Кавказский	2	1,38	1,23	1,52

Среди изученных селекционных сортов наименьшими значениями Кфпч отличались ограниченноветвящиеся сорта Скороспелая 86 и Молва.

**Характеристика сортов гречихи по фотопериодической чувствительности
(Пушкин, вегетационный опыт, 1999...2015 гг.)**

Страна происхождения	Сорт	Коэффициент фотопериодической чувствительности сорта
Россия	Калининская	1,12
«	Калининская 7	1,18
«	Большевик (4п)	1,14
«	Курская 87	1,24
«	Богатырь	1,10
«	Скороспелая 86	1,05
«	Молва	1,04
«	Деметра	1,06
«	Дикуль	1,15
«	Девятка	1,11
«	Куйбышевская 85	1,10
«	Казанская 3	1,07
«	Кама	1,07
«	Каракитянка	1,18
«	Саулык	1,11
«	Чатыр Тау	1,22
«	Черемшанка	1,14
«	Агидель	1,14
«	Инзерская	1,12
«	Наташа	1,03
«	ПРИ 7	1,37
Беларусь	Черноплодная	1,09
Украина	Астория	1,11
«	Гилея	1,10
«	Иванна	1,07
«	Казачка	1,19
«	Ника	1,18
Казахстан	Шортандинская 2	1,21
Польша	Грушевска	1,18

Среди образцов из Северо-Кавказского, Восточно-Сибирского, и в особенности Дальневосточного регионов России, а также из Украины встречаются популяции со значительно более высокой фотопериодической чувствительностью (табл. 1, 3).

Наиболее высокой фотопериодической чувствительностью отличаются образцы гречихи из основных центров ее генетического разнообразия (южный Китай, Непал, Бутан, Индия и др.), расположенных вблизи от тропиков [7-8], что подтверждается и нашими данными (табл. 4).

Таблица 3

Характеристика образцов гречихи стран Европы по фотопериодической чувствительности (Пушкин, вегетационный опыт, 1999...2015 гг.)

Страна	Число изученных популяций	Коэффициент фотопериодической чувствительности популяций		
		среднее	минимум	максимум
Латвия	3	1,15	1,1	1,24
Литва	4	1,08	1,04	1,13
Эстония	2	1,10	1,09	1,10
Беларусь	14	1,12	1,05	1,24
Украина	63	1,13	1,03	1,70
Швеция	1	1,12		
Польша	2	1,14	1,10	1,18
Германия	1	1,15		
Франция	3	1,22	1,10	1,29
Италия	3	1,23	1,05	1,33
Испания	1	1,30		
Югославия	4	1,22	1,15	1,26

Таблица 4

Характеристика образцов гречихи стран Азии по фотопериодической чувствительности (Пушкин, вегетационный опыт, 1999...2015 гг.)

Регион	Число изученных популяций	Коэффициент фотопериодической чувствительности популяций		
		среднее	минимум	максимум
Китай	7	1,41	1,06	1,65
Корея	3	1,35	1,10	1,56
Япония	2	1,51	1,31	1,70
Индия	3	1,37	1,18	1,70

Таким образом, для популяций, сформировавшихся в различных условиях («низкоширотных» и «высокоширотных») характерно наличие широкого полиморфизма по фотопериодической чувствительности, хотя по своему происхождению (субтропические районы Южного Китая) гречиха является короткодневным растением.

На севере Китая, в Корее и Японии сформировались популяции, существенно различающиеся по фотопериодической чувствительности – сорта «осеннего» и «летнего» типов (табл. 4). Более чувствительные сорта «осеннего» типа, используемые как страховая культура для пересева погибших посевов риса, вызревают только при посеве в августе (под осень). При посеве весной в условиях более длинного дня они сильно задерживаются в развитии, формируют избыточную биомассу в ущерб урожаю зерна и в итоге оказываются малопродуктивными. Сорта «летнего» типа менее чувствительны к длине дня и дают урожай при весеннем посеве. При более детальном изучении в Японии часть сортов была отнесена к промежуточному типу [7].

Таким образом, у японских сортов можно выделить как минимум три градации фотопериодической чувствительности. Но даже самые нечувствительные сорта летнего типа с японского Севера (о. Хоккайдо, 44° с.ш.) оказались неспособны формировать урожай зерна в условиях России (Орел, 53° с.ш.) из-за резкого замедления развития, в результате чего

модальное значение ЗВС у них увеличилось с 6 (на Хоккайдо) до 8-9 (в Орле) [9]. Российские сорта в том же эксперименте изменялись мало и были значительно более скороспелыми: модальное значение ЗВС у них колебалось от 3 до 5, в зависимости от генотипа сорта.

Общее количество градаций фотопериодической чувствительности у гречихи оказалось достаточно велико: даже между считающимися почти фотопериодически нейтральными восточно-европейскими сортами существуют различия, которые четко проявились при позднем (пожнивном) посеве сортов [10]. Наши данные также показывают, что среди популяций из всех регионов России и Европы существует значительное разнообразие по фотопериодической чувствительности.

При изучении наследования различий между диплоидными сортами летнего и осеннего типа Т. Нагатома пришел к выводу о доминировании летнего типа при моногенном контроле. Этот вывод не был опровергнут при скрещивании тетраплоидных образцов [11].

Нами тоже был установлен преобладающий вклад одного локуса в различия между умеренно чувствительной позднеспелой линией (ЗВС-7) и почти фотопериодически нейтральной скороспелой (ЗВС-3), но с оговоркой о его (локуса) сложном строении и существовании внутрилокусной рекомбинации. А так как гибрид F₁ был вполне фертилен в условиях длинного дня, вывод о доминировании «летнего типа» будет вполне закономерен, несмотря на промежуточный характер наследования ЗВС [4].

В то же время, наличие довольно значительного разнообразия по фотопериодической чувствительности даже среди популяций из наиболее северных регионов России позволяет сделать предположение о сложном генетическом контроле реакции образцов гречихи на изменение длины дня.

Можно предположить, что имевшиеся в мутационном резерве вида мутантные аллели, снижающие чувствительность к фотопериоду, на определенном этапе сыграли положительную роль в обеспечении расширения ареала вида. Семена предковой формы гречихи характеризуются длительным периодом покоя, и наличие пониженной фотопериодической чувствительности обеспечивало возможность семенам в случае прорастания развиваться и дать потомство в условиях как длинного, так и короткого дня. При переводе вида в культуру это свойство было в той или иной мере закреплено у сортов гречихи, предназначенных для посева в различные сроки.

В ходе дальнейшего расширения ареала гречихи в северном направлении роль фактора чувствительности к длине дня стала снижаться. На это указывает сохранение некоторой фотопериодической чувствительности даже у популяций из Северо-Западного и Северного регионов РФ. Ведущим механизмом адаптации на этом этапе стало сокращение продолжительности вегетационного периода популяций гречихи, обеспечиваемое сокращением числа вегетативных узлов на стебле растений гречихи (этот показатель достоверно коррелирует с продолжительностью вегетации растений гречихи) [4]. Дополнительным фактором повышения скороспелости популяций стала редукция числа вегетативных узлов на верхних ветвях первого порядка, обеспечивающая повышение дружности цветения и созревания растений [4].

Таким образом, первостепенное значение для расширения ареала культуры приобрело изменение архитектоники вегетативной сферы растений.

Литература

1. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. – М., 1959.
2. Столетова Е.А. Гречиха/ М.; Л.: Сельхозгиз, 1958. – 212 с.
3. Кротов А.С. Гречиха – *Fagopyrum* Mill / Культурная флора СССР.- Л.: Колос, 1975. – Т. 3. – С. 7-118.
4. Фесенко Н.В., Фесенко Н.Н., Романова О.И., Алексеева Е.С., Суворова Г.Н. Генофонд и селекция крупяных культур. Гречиха. – СПб.: ВИР, 2006. – 196 с.
5. Кошкин В. А., Кошкина А. А., Матвиенко И. И., Прядехина А. К. Использование исходных форм яровой пшеницы со слабой фотопериодической чувствительностью для создания скороспелых продуктивных линий // Доклады РАСХН. – 1994. – № 2. – С. 8-10.
6. Кошкин В.А., Романова О.И. Модифицированный метод изучения фотопериодической

- чувствительности образцов гречихи//Материалы XIV Всероссийской конференции «Фундаментальные исследования и инновации в национальных исследовательских университетах». 2010. Санкт-Петербург. Изд. Политехнического у-та. – Т. 1. – С. 345-347.
7. Matano T., Ujihara A. Differentiation of agroeotypes of *Fagopyrum esculentum* Moench. in Japan//Proc. 1 Int. Symp. on Buckwheat. – Ljubljana (1980). 1981. – P. 7-12.
8. Baniya B.K., Riley K.W., Donghol D.M. S., Sherchan K.K. Characterization and evaluation of Nepalese buckwheat (*Fagopyrum* ssp.) landraces//Proc. 5 Int. Symp. on Buckwheat. – China, 1992. – P. 64-74.
9. Фесенко Н.Н., Романова О.И., Мартыненко Г.Е., Фунатзуки Х. Экологическая изменчивость архитектуры российских и японских сортов гречихи // Аграрная Россия. – 2002. – №1. – С. 68-72.
10. Гораш А.С. Особенности зоны ветвления стебля разных сортов гречихи // в кн. Генетические основы селекции и семеноводства гречихи.- Кишинев: КСХИ, 1985. – С. 83-88.
11. Lachmann S., Adachi T. Inheritance of photoperiod-induced flowering in common buckwheat// Proc. 5 Int. Symp. on Buckwheat. – China, 1992. – P. 105-110.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме №0662-2019-0006 и согласно тематическому плану ВНИИЗБК по теме №0636-2019-0009.

INTRASPECIFIC VARIABILITY IN PHOTOPERIODIC SENSITIVITY AS A FACTOR IN THE EXPANSION OF FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH

O.I. Romanova, A.N. Fesenko*, N.N. Fesenko*, I.N. Fesenko*

FEDERAL RESEARCH CENTER «N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES»

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

Abstract: *The sensitivity of local populations and varieties of buckwheat of various ecological and geographical origins to length of light day was analyzed. The evaluation was carried out in greenhouse conditions during 1999...2015 in Pushkin, Leningrad region. The coefficient of plant photoperiodic sensitivity was calculated as $C_{phs} = T1 / T2$, where T1 and T2 are the durations of the period from seedlings to the beginning of flowering (days) in buckwheat plants grown respectively in a long natural (18h – 18h 52min) and short 12-hour day. The conditions of the short day were modeled by covering the plants with light-tight caps for 30 days from the moment the seedlings appeared. Although buckwheat is a short-day plant by origin, among the populations formed in various conditions («low-latitude» and «high-latitude»), there is a wide polymorphism in photoperiodic sensitivity. Expansion of the buckwheat areal to the North was associated with a decrease in plant sensitivity to day length: in regions located above 50° N, the shares of populations with very weak ($C_{phs} = 1,00-1,10$) and weak ($C_{phs} = 1,11-1,20$) sensitivity were equal, and amounted to 44,3% each. In countries located below 50° N, the shares of such populations were only 29,7% and 25,7%, respectively. The least photoperiodically sensitive samples were of the Eastern European agro-type, including many Russian varieties. Samples of buckwheat from the main centers of its genetic diversity (southern China, Nepal, Bhutan, India, etc.) located near the tropics manifest the highest photoperiodic sensitivity.*

Keywords: *Fagopyrum, photoperiodic sensitivity, polymorphism.*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОТБОРА НА ВЫСОКОЕ СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В СЕМЕНАХ ГРЕЧИХИ

С.В. БОБКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
В.И. ЗОТИКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корр. РАН
И.М. МИХАЙЛОВА, научный сотрудник

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: svbobkov@gmail.com

Запасные белки гречихи отличаются гармоничным составом аминокислот, занимая промежуточное положение между зернобобовыми и злаковыми культурами. Селекция гречихи на высокое содержание белка в семенах ранее не проводилась по причине отсутствия четких критериев отбора. Существенные различия по содержанию белка между зародышем (48,3-52,5 %) и эндоспермом (5,7-6,1 %) делают возможным проведение отбора по высокой доле зародыша в семени. В статье обсуждаются методические вопросы использования признака «высокая доля зародыша в семени» в селекции гречихи на высокое содержание белка и приведены результаты изучения сортов гречихи по величине этого признака. Из изученного набора сортов наибольшими величинами массы зародыша и доли зародыша в семени отличались сорта Батыр, Богатырь, Дизайн. Установлено независимое изменение массы зародыша и эндосперма, что облегчает использование признака «высокая доля зародыша в семени» в селекционном процессе. Наиболее подходящими для использования в селекции на высокое содержание белка являются сорта гречихи Батыр и Богатырь, характеризующиеся низким содержанием эндосперма и высокой долей зародыша в семени.

Ключевые слова: гречиха, *Fagopyrum esculentum* Moench, селекция, отбор, белок, зародыш, эндосперм, высокая доля зародыша в семени.

В России гречиха является важной сельскохозяйственной культурой. В 2017 году гречиху выращивали на площади 1,5 млн. га и получили 1,52 млн тонн зерна, урожайность зерна этой культуры составила 1,02 т/га (FAOSTAT, 2019) [1].

Гречиха является источником высококачественного белка, который характеризуется сбалансированным составом незаменимых аминокислот [2]. В сравнении со злаковыми культурами, белок гречихи содержит больше лизина, аргинина и аспарагиновой кислоты, но меньше пролина и глутаминовой кислоты [3]. Взаимное дополнение состава аминокислот позволяет использовать зерно гречихи для улучшения аминокислотного баланса продуктов переработки злаковых культур.

В зависимости от сорта гречихи содержание белка в муке варьирует от 8,5% до 18,9% [4]. Гречиха в среднем содержит больше белка, чем рис, пшеница, просо, сорго и кукуруза, но меньше, чем овёс. В белке гречихи содержится 12,5-18,2% альбуминов, 43,3-64,5 % глобулинов, 0,8-2,9% проламинов, 8,0-22,7% глутелинов и 15% других белков [5, 6, 7]. Другие авторы приводят более высокое (6,24%) содержание проламинов [8], указывая на то, что среди них отсутствуют иммуноактивные белки с молекулярной массой 30 кДа, провоцирующие развитие целиакии. Присутствующие в семенах гречихи фагопиритолы предохраняют белки от деградации в течение длительного периода времени [9, 10].

Традиционная селекция гречихи направлена на повышение урожайности и технологических качеств зерна, обеспечивающих наибольший выход крупы-ядрицы при переработке [11, 12]. Диверсификация использования семян этой культуры для нужд глубокой переработки предъявляет свои требования к селекционной работе, которую можно проводить

в направлении создания сортов с высоким содержанием белка, энзимрезистентного крахмала, ненасыщенных жирных кислот, флавоноидов, фагопиритолов, фитостеролов и других биологически активных веществ, пригодных для промышленной переработки. Основываясь на высокой ценности белков гречихи, весьма актуальными являются исследования, создающие базу для селекции на высокое содержание белка в семенах. Разработка методов получения белковых изолятов гречихи подтверждает необходимость создания высокобелковых сортов гречихи [13].

Органы семени гречихи заметно различаются по содержанию белка. В перикарпе его содержание составляет 4% [14], в эндосперме - 5,7-6,1%, а в зародыше - 48,3-52,5% [13]. Наши исследования показали, что доля зародыша в обрушенном семени гречихи варьирует от 23,3 до 27,8%. Учитывая существенный вклад зародыша (72,5-75,9%) в накопление белков в семенах, предложено использовать признак «содержание зародыша в семени» в качестве маркера в селекции гречихи на высокое содержание белка [13].

В научной литературе приведены способы оценки и отбора растений зерновых и зернобобовых культур на высокую продуктивность и урожайность с использованием морфофизиологических показателей начального роста [Цит. по 15]. Интересен способ отбора растений гороха на высокую семенную продуктивность по отношению длины корня к высоте стебля у 11-суточных растений, позволяющий сохранять выделенные растения и доращивать их до созревания [15]. Селекция гречихи на высокое содержание белка в семенах ранее не проводилась по причине отсутствия четких критериев отбора. Поэтому цель исследования состояла в разработке метода отбора гречихи по признаку «высокая доля зародыша в семени» для использования в селекции на высокое содержание белка и оценке различных сортов этой культуры в качестве потенциальных доноров ценных аллелей.

Материал и методы

Определение содержания эндосперма и зародыша, а также процентного содержания зародыша в обрушенном семени, проводили в семенах сортов гречихи Девятка, Батыр, Башкирская красностебельная, Богатырь, Деметра, Дизайн, Дикуль, Дождик, Дружина, Чатыр Тау. Анализировали 30 обрушенных семян каждого сорта гречихи.

Оценка генотипов гречихи по содержанию зародыша и эндосперма в семени (методика 1). Обрушенные семена гречихи замачивали в чашках Петри в течение 1 суток в водопроводной воде. Проклюнувшиеся семена с помощью препаровальной иглы разделяли на эндосперм и зародыш. Органы семени высушивали в течение суток до воздушно-сухого состояния (14% влажности) и определяли массу. Находили суммарную массу эндосперма и зародыша, вычисляли процентную долю зародыша в семени.

Отбор жизнеспособных зародышей по высокому содержанию в семени для использования в селекции гречихи на высокое содержание белка (методика 2). В опыте для разработки методики выделения жизнеспособных зародышей, отобранных по признаку «высокое содержание зародыша в семени», и получения проростков с последующим переносом в почвенную культуру использовали сорт гречихи Девятка. Обрушенные семена гречихи взвешивали и проращивали в чашках Петри между листами фильтровальной бумаги, смоченными водопроводной водой. Зародыши с длиной проростка 3 мм изолировали из семян и помещали в чашки Петри с влажной фильтровальной бумагой, которая предварительно была разделена на сектора. Эндосперм высушивали до воздушно-сухого состояния (14% влажности). Определяли массу обрушенного зерна, массу высушенного эндосперма, расчетную массу зародыша и % зародыша в семени. В почву высаживали проросшие зародыши с долей в семени более 38%.

Анализ экспериментальных данных на соответствие нормальному распределению проводили по критерию Шапиро-Уилкса. Однородность дисперсий, необходимую для корректного сравнения экспериментальных данных, оценивали по критерию Левена. Статистическую обработку данных по массе зародыша и эндосперма, доле зародыша в семени проводили методом однофакторного дисперсионного анализа. Сравнения средних проводили с использованием критерия HSD Тьюки ($\alpha=0,05$). Для оценки связей между признаками

использовали методы параметрического корреляционного анализа Пирсона и непараметрических ранговых корреляций Спирмена. Оценку эффективности метода выделения жизнеспособных зародышей (метод 2) проводили по признакам «масса зародыша», «масса эндосперма», «масса семени» с использованием критерия Стьюдента (t-тест).

Результаты и обсуждение

Определить массовую долю зародыша в семени можно в результате выделения зародыша и эндосперма из семени с последующим взвешиванием (Материал и методы, методика 1). При этом, определение массы органов семени связано с высушиванием, что является критическим моментом для его проращивания. Для отбора растений гречихи по признаку «высокая доля зародыша в семени» использовали оригинальную методику 2 (Материал и методы), позволяющую получать и проращивать жизнеспособные зародыши гречихи. При использовании первой методики определяли массу изолированного зародыша и эндосперма, а массу семени находили в результате суммирования полученных величин. Согласно второй методике вначале находили массу семени, а затем изолировали зародыш и эндосперм. В отличие от методики 1 высушивали только эндосперм, а массу зародыша вычисляли как разность между массой семени и массой эндосперма.

Важность оценки отбора по признаку «высокая доля зародыша в семени» при изолировании жизнеспособных зародышей по методике 2 требует проведения сравнений с методикой 1. Для выделения зародышей использовали обрубленные семена сорта гречихи Девятка. Сравнение методик проводили по признакам «масса зародыша», «масса эндосперма», «масса семени» с использованием критерия Стьюдента (t-тест). Следует обратить внимание, что только массу эндосперма в обеих методиках определяли одним способом, а способы определения массы зародыша и семени различались.

Как и следовало ожидать, средняя масса эндосперма, изолированного с использованием методик 1 и 2, практически не различалась и составляла 0,021 0,023 г соответственно (табл. 1). Оценка по критерию Стьюдента не выявила существенных различий между средними ($p=0,135712$).

Таблица 1

Сравнение методов выделения зародышей, $N_1=N_2=35$

Признак	Метод		t-тест, p
	1	2	
Масса зародыша, г	0,008083	0,007789	0,306171
Масса эндосперма, г	0,020966	0,022580	0,135712
Масса семени, г	0,029049	0,030369	0,274469

Средняя масса зародыша при применении методик 1 и 2 также существенно не различалась ($p=0,306171$) и составила 0,008 и 0,0078 г соответственно, не наблюдалось существенных различий ($p=0,135712$) по величине средней массы семени, которая равнялась 0,029 и 0,03 г соответственно.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о соответствии прямого и расчетного методов оценки массы зародыша и возможности отбора жизнеспособных зародышей гречихи для использования в селекции на высокое содержание белка.

Зародыши гречихи, изолированные в соответствии с методикой 2, проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге с маркированными секторами для последующего отбора на высокую долю в семени по результатам взвешивания эндосперма. Отобранные по признаку «высокая доля зародыша в семени» проростки (рисунок) высаживали в полипропиленовые сосуды с почвой.



Рис. Выращивание растений из зародышей с высокой долей в семени, изолированных из семян сорта гречихи Девятка: а) отобранные для перевода в почву проростки изолированных зародышей, б) адаптация проростков к почвенной культуре, в) адаптированные растения гречихи, г) растение гречихи в фазе начала цветения

Адаптированные к почвенной культуре растения гречихи цвели и давали урожай семян. Таким образом, выявленная ими способность изолированных зародышей гречихи прорасти на фильтровальной бумаге, смоченной водопроводной водой, адаптироваться к почвенной культуре, вырасти в хорошо развитые растения и формировать семена является необходимым условием для селекции на высокое содержание белка в семенах.

Гибридизация является важным инструментом переноса ценных аллелей, поэтому исследование полиморфизма сортов гречихи по содержанию зародыша в семени служит необходимым этапом для проведения селекции на высокое содержание белка. Определение содержания эндосперма и зародыша, а также процентного содержания зародыша в обрубленном семени проводили согласно методике 1 (Материал и методы) в семенах сортов Батыр, Башкирская красностебельная, Богатырь, Деметра, Дизайн, Диккуль, Дружина, Дождик, Чатыр Тау. Анализ массы зародыша, массы эндосперма и процентной доли зародыша у семян гречихи по критерию Шапиро-Уилкса выявил соответствие нормальному распределению ($p=0,06-0,85$; $0,08-0,99$; $0,2-0,92$ соответственно). У всех исследованных сортов гречихи выявлена однородность дисперсий по массе эндосперма, сумме зародыша и эндосперма, и по процентной доле зародыша в семени (Тест Левена, $p=0,741480$; $p=0,668095$; $p=0,170557$ соответственно), что служило основанием для статистически корректного сравнения средних значений признаков и проведения однофакторного дисперсионного анализа.

Суммарная масса (зародыш и эндосперм) обрубленного семени у изученных сортов гречихи составила 0,0224-0,0279 г, наиболее крупноплодными являлись сорта Дождик, Чатыр Тау и Дизайн с величинами признака 0,0261, 0,0269 и 0,0279 г соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Масса органов и доля зародыша в обрубленных семенах сортов гречихи

№ п/п	Сорт	Масса органов семени гречихи, г			Доля зародыша в семени, %
		зародыш	эндосперм	Σ	
1	Башкирская красностебельная	0,00513 ^a	0,017297 ^a	0,022427 ^a	23,1195 ^a
2	Дикуль	0,00545 ^{ab}	0,018363 ^{ab}	0,023813 ^{ab}	23,07583 ^a
3	Деметра	0,00557 ^{ab}	0,019233 ^{ab}	0,024803 ^{abc}	22,67709 ^a
4	Дружина	0,006 ^{bf}	0,019587 ^{ab}	0,025587 ^{abc}	23,55079 ^a
5	Чатыр Тау	0,006587 ^{cf}	0,020337 ^b	0,026923 ^c	24,6975 ^{ac}
6	Дождик	0,006827 ^{cd}	0,019253 ^{ab}	0,026080 ^c	26,47122 ^{cd}
7	Батыр	0,00712 ^{cde}	0,017267 ^a	0,024387 ^{ab}	29,54368 ^b
8	Богатырь	0,007377 ^{de}	0,017473 ^a	0,024850 ^{abc}	29,91375 ^b
9	Дизайн	0,007663 ^e	0,020287 ^b	0,027950 ^c	27,90593 ^{bd}

* Сравнения средних проводили с использование критерия HSD Тьюки ($\alpha=0,05$), наличие одинаковых индексов у группы сортов свидетельствует об отсутствии статистически значимых различий.

Интервал средних значений массы зародыша составил 0,0051-0,0077 г, наибольшей массой зародыша отличались сорта Батыр, Богатырь, Дизайн (0,0071, 0,0074, 0,0077 г соответственно). Средняя масса эндосперма укладывалась в интервал 0,0173-0,0203 г, наибольшее значение этого признака отмечено у сортов Дизайн и Чатыр Тау (0,02 г). Диапазон изменчивости по доле зародыша у сортов гречихи составил 22,7-29,9%, наибольшая величина этого признака характерна для семян сортов Дизайн, Батыр и Богатырь (27,9; 29,5 и 29,9% соответственно).

С использованием различных методов (Пирсона и ранговых корреляций Спирмена) определены корреляционные связи между признаками «масса зародыша», «масса эндосперма», «суммарная масса семени», «доля зародыша в семени» (табл. 3).

Таблица 3

Корреляции между массой зародыша, эндосперма, суммарной массой семени и долей зародыша в семени гречихи

Признак	Масса зародыша, г	Масса эндосперма, г	Суммарная масса семени (зародыш и эндосперм), г	Доля зародыша в семени, %
<i>Корреляции по Пирсону</i>				
Масса зародыша, г	1			
Масса эндосперма, г	0,3*	1		
Суммарная масса зародыша и эндосперма, г	0,6*	0,96*	1	
Доля зародыша, %	0,6*	-0,5*	-0,2*	1
<i>Ранговые корреляции Спирмена</i>				
Масса зародыша, г	1			
Масса эндосперма, г	0,2	1		
Суммарная масса семени (зародыш и эндосперм), г	0,7*	0,9*	1	
Доля зародыша в семени, %	0,9*	-0,1	0,4	1

* Корреляции статистически значимы при $p < 0,05$

Суммарная масса семени гречихи находилась в умеренной зависимости от массы зародыша ($r_{\text{Пирсон}}=0,6$, $r_{\text{Спирмен}}=0,7$; $p < 0,05$) и сильной от массы эндосперма ($r_{\text{Пирсон}}=0,96$,

$r_{\text{Спирмен}}=0,9$; $p<0,05$). Доля зародыша в семени в большей степени определялась массой зародыша ($r_{\text{Пирсон}}=0,6$, $r_{\text{Спирмен}}=0,9$; $p<0,05$). При этом, между собой масса эндосперма и масса зародыша изменялись независимо ($r_{\text{Пирсон}}=0,3$ - $p<0,05$, $r_{\text{Спирмен}}=0,2$), указывая на наличие различных генов-регуляторов. Отсутствие тесной связи между массой зародыша и эндосперма ярко продемонстрировали сорта Батыр и Богатырь, у которых высокая масса зародыша (0,007120 и 0,007377 г соответственно) сочеталась с низкой в сравнении с другими изученными сортами массой эндосперма (0,017267 и 0,017473 г соответственно). Напротив, среди исследуемого набора сортов сорт Дизайн характеризовался наибольшей массой зародыша (0,007663 г) в сочетании с самой большой массой эндосперма (0,020287 г).

Заключение

Семена гречихи содержат белок, характеризующийся сбалансированным аминокислотным составом. В связи с этим, повышение содержания белка в семенах гречихи является актуальным направлением селекции. Селекционную работу в этом направлении сдерживает отсутствие четких критериев отбора. Учитывая различия между зародышем и эндоспермом по содержанию белка, признак «высокая доля зародыша в семени» предложено использовать в качестве маркера для отбора растений на высокое содержание белка в семенах гречихи. Предложенный нами способ получения жизнеспособных зародышей гречихи позволяет проводить их отбор по массовой доле в семени, что статистически подтверждено с использованием критерия Стьюдента. Выявленная ими способность зрелых изолированных зародышей гречихи прорасти на фильтровальной бумаге, смоченной водопроводной водой, адаптироваться к почвенной культуре, вырастать в хорошо развитые растения и формировать семена является необходимым условием для селекции на высокое содержание белка. Проведено изучение 9 сортов гречихи по массе зародыша, эндосперма и доле зародыша в семени. Наибольшей массой зародыша и долей зародыша в семени отличались сорта Батыр, Богатырь, Дизайн. Установлено независимое изменение массы зародыша и эндосперма у изученных сортов гречихи, что с успехом можно использовать в селекции на высокую долю зародыша в семени и, соответственно, высокое содержание белка в семенах.

Литература

1. Crops // FAOSTAT [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (дата обращения: 03.07.2019).
2. Bobkov S. Biochemical and technological properties of buckwheat grains. Chapter 34 // In: M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, G. Wieslander (editors) // Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat. Oxford: Academic Press, 2016. – P. 423-440.
3. Zhang Z.L., Zhou M.L., Tang Y., Li F.L., Tang Y.X., Shao J.R., Xue W.T., Wu Y.M. Bioactive compounds in functional buckwheat food // Food Res. Int. - 2012. - V. 49. – P. 389-395.
4. Krkoskova B., Mrazova Z. Prophylactic components of buckwheat // Food Research International. - 2005. – V. 38. – P.561-568.
5. Javornik B., Kreft I. Characterization of buckwheat proteins // Fagopyrum. - 1984. – V. 4. – P. 30-38.
6. Ikeda K., Sakaguchi T., Kusano T., Yasumoto K. Endogenous factors affecting protein digestibility in buckwheat // Cereal Chem. - 1991. – V. 68. – P. 424-427.
7. Wei Y., Hu X., Zhang G., Ouyang S. Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions // Nahrung/Food. - 2003. – V. 2. – P. 114-116.
8. Petr J., Michalík I., Tlaskalová H., Capouchová I., Faměra O., Urminská D., Tučková L., Knoblochová H. Extention of the spectra of plant products for the diet in coeliac disease // Czech J. Food Sci. – 2003. – V. 21. – P. 59-70.
9. Horbowicz M., Brenac P., Obendorf R.L. Fagopyritol B1, O- α -d-galactopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-d-chiro-inositol, a galactosyl cyclitol in maturing buckwheat seeds associated with desiccation tolerance // Planta. - 1998. – V. 205. – P. 1-11.
10. Павловская Н.Е., Лазарева Т.Н., Горькова И.В. Влияние сроков хранения на содержание запасных белков в семенах гречихи // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2006. - № 3. – С. 12-15.

11. Бобков С.В. Создание исходного материала для селекции интенсивных сортов гречихи на основе комплексного использования мутантных форм // Автореферат кандидатской диссертации. - СПб. - 1993. – 16 с.
12. Варлахова Л.Н., Бобков С.В., Михайлова И.М. Технологические качества зерна гречихи различных сортов // Доклады РАСХН. - 2012. - № 6. - С. 37-40.
13. Бобков С.В., Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С., Уварова О.В., Михайлова И.М. Перспективы получения изолированных белков гречихи // Земледелие. - 2017. - № 3. - С. 27-30.
14. Pomeranz Y., Robbins G.S. Amino acid composition of buckwheat // J. Agric. Food Chem. - 1972. – V. 20. – P. 270–274.
15. Патент на изобретение № 2031573 RU C1 A01 H1/04. Номер заявки: 5017673/13, 26.08.1991. Дата публикации: 27.03.1995. Способ отбора высокопродуктивных форм гороха / Новикова Н.Е., Лаханов А.П., Антонова Г.А. Заявитель и патентообладатель - Научно-производственное объединение по зернобобовым и крупяным культурам «Орел». – 7 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования по пункту программы ФНИ государственных академий 0636-2019-0008 «Мобилизация генетических ресурсов зернобобовых и крупяных культур для использования в селекционном процессе».

ELABORATION OF SELECTION METHOD FOR HIGH PROTEIN CONTENT IN BUCKWHEAT SEEDS

S.V. Bobkov, V.I. Zotikov, I.M. Mikhailova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

e-mail: svbobkov@gmail.com

Abstract: *Buckwheat storage proteins have balanced amine acid composition occupying intermediate position between legume and cereals crops. Breeding of buckwheat for enhanced protein content was not conducted early because of clear selection criteria absence. Significant differences in protein content between embryo (48.3-52.5 %) and endosperm (5.7-6.1 %) (Bobkov et al., 2017) make possible selection on high percentage of embryo in seed for use in buckwheat breeding on enhanced seed protein content. Methodological questions of using the trait “high percentage of embryo in seed” in breeding and study of buckwheat varieties variability on that trait were discussed. Buckwheat varieties Batyr, Bogatyr and Design were characterized by the largest values of “mass of embryo” and “percentage of embryo in seed”. It was determined that mass of embryo and endosperm changed independently enabling feasible use of the trait “high percentage of embryo in seed” in buckwheat breeding. Varieties Batyr and Bogatyr were recommended for use in buckwheat breeding on enhanced protein content because of low endosperm mass and high percent of embryo in seed.*

Keywords: buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench, breeding, selection, protein, embryo, endosperm, high percentage of embryo in seed.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11127

УДК 633.17:631.527:575.113

СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЁНЧАТОСТИ ЗЕРНА У ПРОСА ПОСЕВНОГО

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

ФГБНУ «НИИСХ ЮГО-ВОСТОКА»
E-mail: alex_druzhin@mail.ru

Приведены результаты изучения плёнчатости зерна у различных коллекционных форм и сортов проса посевного в условиях Саратова. Показано генетически обусловленная изменчивость данного признака и различия в величинах при разных способах их получения. Сделаны критические заключения о допустимых «рамках» снижения доли плёнок у новых сортов проса.

Ключевые слова: просо посевное, наследование, окраска зерна, плёнчатость, выход пшена.

В урожае зерна большинства современных сортов проса посевного доля цветковых плёнок (ЦП) составляет 15...24%. При этом в видовом генофонде имеются многочисленные доноры тонкоплёнчатости, включая лептодермальные формы, зерно которых обрушивается руками. В этой связи актуальны исследования особенностей ЦП, их доли в урожае зерна проса, а также создание новых сортов с различными сочетаниями признаков (включая нетипичную окраску ЦП - помимо традиционных - красной или жёлтой), имеющими, прежде всего, практическое значение. Например, в ФНЦ ЗБК создан и рекомендован к возделыванию сорт проса Альба с низкой плёнчатостью и белой с красным основанием внутренней ЦП окраской зерна (табл. 1).

Материал и методика

Для характеристики признака «плёнчатость» использовали зерно коллекционных сортообразцов проса с различной окраской зерна, а также сорта проса селекции НИИСХ Юго-Востока. Выход пшена, плёнчатость и долю мучели у сортов проса конкурсного испытания определяли в лаборатории качества зерна стандартным методом, аналогичным применяемому при производстве крупы (пшена) – удаление ЦП и шлифование ярда (сдирание наружного алейронового слоя) на вальцедековой установке. Кроме того, у коллекционных сортообразцов и сортов КСИ «микрометодом» (ранее апробированным и достаточно точным [3]) анализировали фактические пропорции «ядро – плёнки»: отсчитывали 3 пробы по 50 типичных зёрен, взвешивали их на торзионных весах (до 500 мг), удаляли пленки на лабораторном шелушителе в мягком режиме, тщательно просматривали (и пересчитывали) ядра на предмет их целостности, взвешивали пробы по 50 ядер. Далее определяли долю ядра и плёнок, массу 1000 зёрен и 1000 ядер, вес плёнок с одного зерна.

Результаты и их обсуждение

Минуло 100 лет со времени опубликования работы С. Левицкого [1], посвященной исследованию различных аспектов окраски зерна (цветковых плёнок) у проса посевного, с которой связаны многие биологические, агрономические, технологические характеристики возделываемых сортов и коллекционного материала – засухоустойчивость, выход пшена, плёнчатость, возможности механизированной уборки посевов. Левицкий, в частности, впервые показал, что окраска ЦП и её интенсивность зависит от их толщины. Однако с той поры исследования анатомическо-технологических особенностей цветковых плёнок (ЦП) и обусловленных ими признаков и особенностей зерна проса не получили логического

продолжения и развития. Наиболее изучены в настоящее время генетические аспекты формирования окраски ЦП, в которых подтвердилось заключение С. Левицкого о присутствии оранжевых пигментов в ЦП всех изученных форм проса, Генетическим анализом установлено, что у константных по окраске зерна сортообразцов проса, (включая сорно-полевые формы) в обязательном порядке синтезируются «базовые» пигменты – либо красный, либо жёлтый [2, 3].

Фрагментарно представленные результаты наших исследований технологических свойств зерна проса в 2015 г. и 2018 г. являются типичными, поскольку они обусловлены стабильно проявляющимися генетическими механизмами формирования ЦП (табл. 1, 2).

Таблица 1

Результаты технологической оценки различных сортообразцов проса (однорядковые делянки – 1,8 м, в двух повторностях, 2015 г.)

Сорт, сортообразец проса	Окраска зерна (цветковых плёнок – ЦП)	Окраска ЦП по [2]	Масса 1000 зёрен, г	Доля ядра, %	Доля ЦП, %	Вес ЦП одного зерна, мг
1. Технологические особенности зерна у генетически жёлтозёрных сортообразцов [2]						
Весёлоподольское 828	белая	W-((Y))	7,3	90,3	9,7	0,71
Орловское 2635-13	кремовая	W-(Y)	9,9	88,8	11,2	1,1
Харьковское 25	кремовая	Y-W	7,4	86,6	13,4	1,0
Харьковское 22	светло-жёлтая	Y1	7,1	82,0	18,0	1,28
Золотистое *	жёлтая	Y0	8,7	82,1	17,9	1,55
2. Технологические особенности зерна у генетически краснозёрных сортообразцов [2]						
Альба	белая **	W-(((R)))	6,5	93,9	6,1	0,40
Виктория 276-81	красно-белесая	Ro-W	8,7	87,0	13,0	1,13
Розовое 1047/4-15	розово-белесая	Rp-W	9,3	84,3	15,7	1,45
Благодатное*	красная	Ro	7,0	83,4	16,6	1,16
Саратовское 10*	красная	Ro	8,5	82,1	17,9	1,53
Орловское КЗ-2664-13	красная	Ro	11,4	78,2	21,8	2,48
3. Технологические особенности зерна у генетически «пёстрозёрных» сортообразцов [2]						
Б-Б 1048/2-15	белая ***	W-((D))	7,2	89,2	10,8	0,78
Кор.-Б 1050/3-15	коричнево-белесая	B-W	7,9	89,1	10,9	0,87
С-К 1063/1-15	серо-красноватая	G-(R)	8,6	80,2	19,8	1,71

*Примечания: * – выделены сорта, внесённые в Госреестр селекционных достижений РФ; ** – окраска белая с красноватым основанием внутренней ЦП; *** – окраска белая с «тёмным» основанием внутренней ЦП, ядро – «смуглое» (бронзовопигментированное).*

По плёнчатости и крупности зерна (равно как и по продуктивности и другим признакам) изученные коллекционные сортообразцы имеют существенные различия, что является источником формирования новых рекомбинаций, возникновения «плюс-трансгрессивных» генотипов при селекции на комплекс признаков. Самым тонкоплёнчатым и мелкозёрным в условиях 2015 г. оказался сорт Альба (селекции ФНЦ ЗБК). И, напротив, – сортообразец КЗ-2664-13 (также из ФНЦ ЗБК) проявил уникальную крупнозёрность (масса 1000 зёрен – 11,4 г) и высшую плёнчатость (21,8%). Бóльшая часть генотипов имела промежуточные характеристики зерна.

Современные красно или жёлтозёрные сорта проса обеспечивают производство высокоценной продукции – пшена ярко-жёлтой или жёлтой окраски. Причём у лучших сортов выход пшена, как правило, находится в «рамках» 75-78%, а доля плёнок составляет порядка 16-24% (табл. 1, 2). Разумеется, создание сортов проса с пониженной плёнчатостью и,

естественно, с более высоким выходом полезной части урожая зерна, является привлекательной целью.

Однако при этом следует учитывать и отрицательные нюансы в данной проблеме: 1 – ЦП, как известно, выполняют свою главную – защитную функцию (в фотосинтетическом потенциале растений в целом их роль невелика), и чем они тоньше, тем вероятнее потери качества урожая через снижение крупности зерна и содержание каротиноидов; 2 - при уборке комбайнами посевов проса с более тонкими, по сравнению с типичными грубоплёчатными сортами, цветковыми плёнками доля обрубленного зерна, по нашим данным, может достигать 10-25% и более, даже при минимально допустимых оборотах барабана. В этой связи при селекции новых сортов проса следует ориентироваться на долю плёнок не менее 10-15%. Дополнительным и вполне объективным показателем характеристики плёнчатости конкретного генотипа проса является «вес плёнок с одного зерна». При этом можно достаточно уверенно прогнозировать – сорта с данным показателем ниже 1 мг при уборке будут иметь большую долю обрубленного зерна.

При анализе показателя и признака «плёнчатость» следует иметь в виду, что тонкоплёнчатость у многих сортообразцов проса связана с наличием в генофоне сорта гена-ингибитора [2, 3], экспрессия которого и обуславливает целый спектр достаточно сильно различающихся окрасок ЦП за счёт варьирующего соотношения обесцвеченных (тонких) и пигментированных участков ЦП. При этом целые ряды неидентичных окрасок являются генетически идентичными по базовым генам (табл. 1).

В отличие от коллекционных форм сорта проса селекции НИИСХ Юго-Востока по плёнчатости и выходу пшена не имеют существенных (и тем более – резких) различий (табл. 2), что является результатом многолетней селекции на комплекс ценных признаков.

Таблица 2

Технологическая характеристика некоторых сортов проса конкурсного испытания, 2018 г.

Сорта, линии проса	Результаты стандартной технологической оценки зерна сортов проса: *			Оценка зерна микрометодом**			
	выход пшена, %	плёнчатость, %	доля мучели, %	доля ядра, %	доля плёнок, %	вес ЦП одного зерна, мг	масса 1000 зёрен, г
Сорта с красными цветковыми плёнками:							
Саратовское 6	73,5	23,8	2,8	80,9	19,1	1,6	8,7
Саратовское 10	72,7	24,3	3,0	81,0	19,0	1,6	8,7
Сарфил	73,6	23,4	3,0	81,6	18,4	1,7	9,2
У1,4С 4-18	74,0	23,3	2,8	80,1	19,9	1,8	9,2
У1,4С 5-18	72,5	23,9	3,7	80,8	19,2	1,9	9,7
Сорта с жёлтыми цветковыми плёнками:							
Золотистое	74,1	23,0	2,9	81,0	19,0	1,6	8,8
Саратовское жёлтое	74,4	22,7	2,9	81,3	18,7	1,6	8,6
Сарбин	72,9	24,2	2,9	79,4	20,6	1,8	8,8
У-1,4 А 13-18	73,9	23,6	2,5	80,6	19,4	1,7	9,0
У-1,4 А 14-18	75,4	22,0	2,6	81,9	18,1	1,6	8,9
НА 19-18	74,6	23,5	1,82	79,7	20,3	1,8	9,1
НСР 0,05***	2,4	1,7	0,4	1,3	1,1	0,1	0,2

Примечание: * – результаты оценки в лаборатории качества зерна;

** – данные лаборатории селекции и семеноводства проса – анализ «микрометодом»;

*** – $F_{факт} > F_{табл}$.

Фактически все саратовские сорта проса следует считать сортами продовольственного назначения, обеспечивающими, прежде всего, производство высокоценной крупы. Наряду с жаро- и засухоустойчивостью они выделяются высоким содержанием в зерне каротиноидных пигментов.

При анализе цифрового материала в таблице 2 очевидны существенные расхождения у одних и тех же сортов, прежде всего, по плёнчатости зерна. Показатель «доля плёнок», полученный микрометодом, представляет собой достаточно точную характеристику конкретного сортообразца (в конкретном году), поскольку обработке подвергаются типичные, хорошо выполненные зёрна. Показатель «плёнчатость» как составная часть получения пшена промышленным путём (обдирание плёнок, шлифование ядра и пшена на вальце-дековой установке и т.д.) представляет собой сравнительно грубый вариант, получаемый при сборе плёнок с зёрен разной выполненности, поскольку подсев осуществлялся с использованием решета с продольными ячейками – 1,9 мм. Показатель «выход пшена» - заведомо меньшая величина, чем «доля ядра», поскольку при получении пшена за счёт шлифования (и частичного дробления) образуется естественная потеря в виде мучели. Поскольку при производстве крупы осуществляется двуединая операция – удаление ЦП и шлифование ядра, важное значение имеют «субпризнаки» зерна – его форма (идеальная – округлая, толщина и прочность ЦП, плотность их прилегания к ядру и консистенция последнего), чем больше доля ядер с полумучнистым или мучнистым эндоспермом, тем ниже выход пшена и больше отходов в виде дроблёного ядра и мучели.

В заключение считаем уместным следующее дополнение. Для использования проса в качестве ценной кормовой культуры (в вариантах зелёная подкормка, сено) нужны иные генотипы, способные, в отличие от продовольственных сортов, при благоприятных условиях (прежде всего – по влагообеспеченности) обеспечивать высокий урожай биомассы. Сорта кормового назначения могут существенно отличаться от продовольственных и по окраске зерна. Например, в нашем коллекционном материале некоторые формы проса с серой окраской зерна (чисто серым, серо-жёлтым, серо-красным, красно-серым и др. сочетанием окрасок и оттенков) при благоприятных условиях нередко выделяются урожайностью и зерна, и биомассы в целом.

Однако в настоящее время на Государственное сортоиспытание традиционно поступают красно- и жёлтозёрные формы продовольственного направления. Тонкоплёнчатый сорт Альба в этом плане является очевидной новизной и, надо надеяться, найдёт свою нишу в производстве.

Препятствием для селекции и распространения генотипов проса с не типичной окраской зерна (и другими не популярными, но достаточно ценными признаками) является проблема засорения полей и тем самым – осложнения семеноводства (прежде всего) типичных продовольственных (красно- и жёлтозёрных) сортов за счёт самосева.

Кроме того, определённые оригинальные генотипы проса представляют собой ценный декоративный материал.

Выводы

1. Коллекционные сортообразцы проса посевного и рекомендованные к возделыванию сорта имеют существенные, генетически обусловленные различия по всем хозяйственно ценным признакам, включая крупность зерна и его плёнчатость.

2. Внутривидовой генетический размах изменчивости проса посевного является базой для создания сортов с новыми комбинациями селективируемых признаков, включая пониженную (или низкую) плёнчатость, не типичную окраску зерна.

3. Проблема создания новых сортов проса с не типичными признаками, включая низкоплёнчатые генотипы, генотипы с не обычной окраской зерна (отличающейся от традиционных: жёлтой и красной), должна быть дополнена обоснованием различных групп их использования – например, продовольственного, кормового, универсального направления и даже – декоративного.

Литература

1. Левицкий С. К вопросу об окраске цветочных плёнок у проса в связи с их анатомическими особенностями // Сельское хозяйство и лесоводство. – 1917. – Т 253. – № 1-2. – С. 43-58.
2. Тихонов Н.П. Генетические аспекты исследования окраски зерна (цветковых плёнок) у проса посевного // Регуляция продукционного процесса с.-х. растений. Часть 2. / Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.П. Лаханова, октябрь 2005. Орёл, ВНИИЗБК. – Орёл, 2006. – С. 66-72.
3. Тихонов Н.П. Генетико-технологические аспекты исследования окраски зерна (цветковых плёнок) у проса посевного // Сборник научных трудов / ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН. Саратов: ООО «Ракурс», 2009. – С. 191-198.

BREEDING AND TECHNOLOGICAL STUDY OF GRAIN FILMINESS OF COMMON MILLET

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

FGBNU «AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE OF SOUTH-EAST»

Abstract: *The results of the study of grain filminess in various collection forms and varieties of common millet in the conditions of Saratov are given. The genetically determined variability of this trait and differences in the values for different methods of their obtaining are shown. Critical conclusions have been made about the allowable «framework» of reducing the share of films in new varieties of millet.*

Keywords: *common millet, inheritance, grain coloring, filminess, millet yield.*

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11128

УДК 633.853:631.524.84(470.40.43)

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ГОРОХА ПО ПИЩЕВЫМ КАЧЕСТВАМ И УРОЖАЙНОСТИ СЕМЯН

О.А. МАЙСТРЕНКО, научный сотрудник

САМАРСКИЙ НИИСХ ИМЕНИ Н.М.ТУЛАЙКОВА – ФИЛИАЛ ФГБУН САМАРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РАН

Исследования проводили в 2016-2018 гг. на опытном поле Самарского НИИСХ. В питомнике конкурсного сортоиспытания были изучены 9 линий гороха усатого, короткостебельного морфотипа селекции Самарского и Татарского НИИСХ. В качестве стандартов были взяты сорта Самариус и Таловец 70. Биохимические и пищевые анализы проводились в лаборатории технологии зерна и массовых анализов Самарского НИИСХ. Метеорологические условия в годы исследований были контрастными, что позволило объективно оценить линии гороха в сложившихся погодно климатических условиях. В результате оценки перспективных линий гороха выделены по урожайности зерна следующие линии: Б 3729/12– 35,3 ц/га, Кт 6358 – 33,0 ц/га и Б 3737/2-2– 32,1 ц/г. Все эти линии усатого морфотипа с укороченным стеблем. В среднем за годы исследований высокую массу 1000 семян показали линии Б 3583/11 – 256 г и Б 3646/34 – 260 г. Наименьшая масса 100 семян была у линий Б 3737/2-2 – 172 г и Кт 6358 - 204 г. По сбору белка с гектара выделились линии Б 3729/12 – 8,5 ц/га и Б 3737/2-2 – 8,3ц/га. Массовая доля белка лучшей была у линий Б 3737/2-2 и Б 3583/11 – 26,0%. Наименьшее время варки семян было у линий Б3737/2-2 – 115 мин, Б3646/34-7 – 134 мин, Кт 6358 – 135 мин, Б3646/34-5 – 137мин. Между урожайностью зерна и сбором белка с гектара посева выявлена достоверная, положительная корреляционная

взаимосвязь (0,95). Между коэффициентом разваримости и массой 1000 семян выявлена достоверная, отрицательная корреляционная взаимосвязь (0,79).

Ключевые слова: горох, линия, урожайность, белок, сбор белка.

Горох – это источник белка, крахмала, витаминов, минеральных и биологически активных веществ. Он является одной из основных зернобобовых культур в нашей стране. Употребление гороха в пищу способно пополнить дефицит многих полезных компонентов, необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности человека. Семена гороха перерабатывают в крупу и муку, употребляют в пищу в вареном виде и консервированном. К сожалению, вкусовые качества продовольственного гороха в последнее время значительно снизились. Возможно, это связано с ведением селекции гороха на повышение урожайности новых сортов. В течение многих лет в нашей стране преимущественное распространение получает только один универсальный тип гороха, который предлагают как в качестве кормового, так и для использования в кулинарии [1]. Поэтому для нас важно создание высокоурожайных сортов с высоким содержанием белка в зерне и высокими пищевыми качествами семян.

Цель работы – оценка новых высокопродуктивных линий гороха в питомнике конкурсного сортоиспытания по массе 1000 семян, массовой доли белка в семенах, сбору белка с гектара посева, времени варки и коэффициенту разваримости семян. Эти признаки характеризуют пищевые и кормовые качества сортов. Так же была проведена оценка урожайности этих линий, так как она является одним из основных признаков, характеризующих хозяйственную ценность сорта.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016-2018 гг. на опытном поле Самарского НИИСХ. Объектами исследований были 9 линий гороха конкурсного сортоиспытания селекции Самарского и Татарского НИИСХ. В качестве стандарта использованы сорта Самариус и Таловец 70. Сорт Самариус является стандартом в Государственной комиссии по сортоиспытанию в Самарской области. Самариус с усатым листом и длинным стеблем. Потенциал урожайности сорта 40-45 ц/га. Сорт характеризуется высокой засухоустойчивостью. Таловец 70 – усатого морфотипа с укороченной длиной стебля, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию и пригодностью к прямой комбайновой уборке. Потенциал урожая зерна сорта 45-50 ц/га. Агротехника культуры обычная, принятая для условий Самарской области [2]. Повторность – четырехкратная. Площадь делянки – 21,6 м². Закладку опытов, наблюдения и оценки проводили по Методике полевого опыта [3]. Массовую долю белка в зерне определяли по ГОСТ 10846-91, массу 1000 семян – по ГОСТ 10842-89. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили на компьютере с использованием пакета программ «AGROS 2».

Многолетнее значение суммы осадков составило 132,2 мм, многолетняя среднесуточная температура воздуха была 17,2° С. Лучшие погодные условия сложились в 2017 году. За вегетацию выпало 179,2 мм осадков, что больше многолетних на 47 мм. Среднесуточная температура воздуха составила 17,5°С. Засушливыми были 2016 и 2018 гг. В 2016 г. за период вегетации гороха выпало на 95,8 мм осадков меньше многолетнего значения, а в 2018 году – на 93,7 мм. Среднесуточная температура воздуха в 2016 г. составила 19,1° С (выше многолетней на 1,9° С), а в 2018 году – 19,6° С, что выше многолетней на 2,4° С.

Результаты и обсуждение

В 2016 г. достоверно превысили стандарты по урожайности линии Б 3737/2-2 (37,1 ц/га) и Кт 6358 (35,9 ц/га). В 2017 г. оба стандарта превысила линия Б 3729/12 (51,5 ц/га).. В 2018 г. урожайность всех линий была на уровне с сортом Самариус (22,0 ц/га), а лучшими по отношению к сорту Таловец 70 (19,3ц/га) были линии Б 3729/12 (21,0 ц/га), Б 3729/13 (21,0 ц/га), Б 3737/2-2 (20,9 ц/га), Б 3583/11 (22,7 ц/га), Кт 6358 (22,3 ц/га). В среднем за три года наибольшая урожайность зерна по сравнению со стандартами Самариус (30,7 ц/га) и Таловец 70 (32,3 ц/га) была у линий Б 3729/12 (35,3 ц/га) и Кт 6358 (33,0 ц/га. Прибавка урожая у

линии Б3729/12 к стандарту Самариус составила – 15%, а к стандарту Таловец 70 – 9%, у линии Кт 6358 соответственно 7% и 2% (табл.1).

Таблица 1

Урожайность сортов и линий гороха в КСИ, (ц/га)

Сортообразец	2016	2017	2018	Средняя	В % к St Самариус	В % к St Таловец 70
Самариус St	33,3	36,9	22,0	30,7	100	-
Таловец 70 St	33,7	43,8	19,3	32,3	-	100
Б 3729/12	33,1	51,1	21,6	35,3	115	109
Б 3729/13	31,6	35,6	21,0	29,4	95	91
Б 3646/34-5	30,9	26,6	20,6	26,0	84	80
Б3646/34-7	33,4	37,8	20,5	30,6	99	94
Б 3737/2-2	37,1	38,4	20,9	32,1	104	99
Б 3583/11	31,6	38,0	22,7	30,7	100	95
Кт 6358	35,9	40,8	22,3	33,0	107	102
НСР	2,2	3,3	1,5	2,3	-	

Крупность и выравненность семян являются одними из главных признаков пищевого гороха. В среднем за годы исследований масса 1000 семян самой высокой была у стандарта Самариус (252 г) и у линий Б 3583/11 (256 г), Б 3646/34 (260 г), наименьшая масса была у линий Б 3737/2-2 (172 г), Кт 6358 (204 г). Минимальное время варки требовалось семенам линий Б 3737/2-2 (115 мин), Б 3646/34-7 (134 мин), Кт 6358 (135 мин), Б 3646/34-5 (137 мин). Семена стандартов разварились за 146 мин. Самый высокий коэффициент разваримости – 2,6% был у линий Б 3737/2-2 и Кт 6358, низкий - у стандарта Самариус (2,4%).

Сбор белка с гектара является одним из важных показателей при оценке сортов гороха. Высоким сбором белка отличились следующие линии Б 3729/12 (8,5 ц/га), Б 3737/2-2 (8,3 ц/га), Кт 6358 (8,2 ц/га), которые не на много (0,1-0,6 ц/га), но превысили стандарты Самариус (7,9 ц/га) и Таловец 70 (8,1 ц/га). Наименьший сбор белка у линии Б 3646/34-5 (6,4 ц/га). Максимальная массовая доля белка в зерне за три года исследований наблюдалась у линии Б 3737/2-2 (26,2%) превысившей стандарт Самариус (26,0%) на 0,2% (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика качества семян сортов и линий гороха КСИ, среднее за 2016-2018 гг.

Сортообразец	Масса 1000 семян, г	Массовая доля белка, %	Сбор белка с гектара, ц/га	Время варки, мин.	Коэффициент разваримости, %
Самариус	252	26,0	7,9	146	2,4
Таловец 70	224	25,8	8,1	146	2,5
Б 3729/	244	24,6	8,5	165	2,5
Б 3729/13	234	25,5	7,4	173	2,5
Б 3646/34-5	231	24,8	6,4	137	2,5
Б 3646/34-7	260	25,1	7,6	134	2,5
Б 3737/2-2	172	26,2	8,3	115	2,6
Б 3583/11	256	26,0	8,0	147	2,5
Кт 6358	204	25,1	8,2	135	2,6

Наличие и уровень взаимосвязи изучаемых признаков между собой позволяет выделить коэффициент корреляции. По результатам корреляционного анализа за 2016-2018 гг. наблюдалась положительная связь между урожайностью семян и сбором белка (+0,95**), это означает что, чем выше урожайность, тем больше сбор белка с гектара. Отрицательная корреляционная связь между коэффициентом разваримости и массой 1000 семян(-0,75*)

значит, что чем крупнее семена, тем ниже коэффициент разваримости. У остальных показателей взаимосвязь была средняя или низкая.

Заключение

В результате оценки новых перспективных линий гороха в питомнике конкурсного сортоиспытания по урожайности за 2016-2018 гг. были выделены линии Б 3729/12 (35,3 ц/га), Б 3737/2-2 (32,1 ц/га) Самарского НИИИСХ и Кт 6358 (33,0 ц/га) Татарского НИИИСХ. Соответственно, и сбор белка с гектара у них был выше Б 3729/12 (8,5 ц/га), Б 3737/2-2 (8,3 ц/га), Кт 6358 (8,2 ц/га). По массе 1000 семян выделились линии Б 3646/34-7 (260 г), Б 3583/11 (256 г) и стандарт Самариус (252 г). Массовая доля белка за три года лучше была у линии Б 3737/2-2 (26,2%), также у этой линии наименьшее время варки 115 минут и высокий коэффициент разваримости 2,6%. В результате корреляционного анализа была выявлена положительная связь между урожайностью семян и сбором белка (0,95) и отрицательная - между коэффициентом разваримости и массой 1000 семян (0,75). Линии, выделившиеся в ходе исследования, будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

Литература

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) //М.: Агрорус, 2004. – 1109 с.
2. Зубов А.Е., Катюк А.И., Майстренко О.А. Технология возделывания гороха в Среднем Поволжье: Практическое руководство // ФГБНУ «Самарский НИИИСХ»; – Самара: 2016. – 42 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., Колос, 1985. – 351 с.
4. Катюк А.И., Майстренко О.А. Результаты селекции зернового гороха на повышение урожайности, качества зерна и технологичности к механизированному возделыванию // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара 2018. Том 20, № 2(3). – С. 641-646.
5. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В., Дорохова Д.П. Взаимосвязи количественных признаков и качественных показателей урожайности новых линий гороха // Зерновое хозяйство России. – № 6(60) 2018. – С. 13-16 (DOI: 10.31367).
6. Хабибуллин К.Н., Болдырева А.В., Стрельцова Л.Г. Влияние элементов структуры на урожайность линий гороха усатого морфотипа // Зерновое хозяйство России. – № 6 (48) 2016. – С. 24-27.
7. Омелянюк Л.В., Пахотина И.В., Асанов А.М., Игнатова Е.Ю. Результаты оценки качества зерна линий гороха конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» // Зернобобовые и крупяные культуры». – 2019. – №2(30). – С. 36-42 (DOI: 10.24411).
8. Пшеничная И.А., Филатова И.А., Беляева Е.П., Истомина О.Н. Оценка качества сортообразцов гороха на заключительном этапе селекционного процесса // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3 (23). – С. 39-43.

ESTIMATION OF PROMISING LINES OF PEA ON THE NUTRITIONAL PROPERTIES AND YIELD

O. A. Maystrenko

SAMARA SCIENTIFIC RESEARCH AGRICULTURE INSTITUTE NAMED AFTER N.M.TULAYKOV – BRANCH OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION OF SCIENCE SAMARA FEDERAL RESEARCH SCIENTIFIC CENTER OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract: The study was carried out in 2016-2018 at the experimental field of the Samara agricultural research Institute. 7 new lines of the leafless pea were studied. The lines were studied on the yield and quality of grain. Standards were varieties of pea Samarius and Talovets 70 zoned in the Samara region. Weather conditions during the years of observations were characterized by a contrast of temperature and rainfall. Favorable for peas was 2016, during the growing season of peas fell 179 mm of rainfall. 2016 and 2018 were dry years on rainfall there was a deficit of 95 and 93 mm compared to the long-term value – 132 mm. 3 lines with a yield significantly higher than the standards were identified: Б3729/12 (35,3 centners per hectare), Км6358 (33,0 centners per

hectare), Б3737/2-2 (32,1 centners per hectare). The yield of the standards was 30,7 (Samarius) and 32,3 (Talovets 70) centners per hectare. Quality of the grain was the best in line Б3737/2-2. A high positive correlation was observed between grain yield and protein amount per hectare ($r = 0,95$). A high negative correlation was observed between the weight of 1000 seeds and the coefficient of seed disintegration ($r = 0,79$).

Keywords: peas, line, productivity, protein, protein yield.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11129

УДК: 635:656:631.52

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ГОРОХА

И.А. ФИЛАТОВА, старший научный сотрудник

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА
E-mail: niish1c@mail.ru

Исследования были направлены на изучение адаптивных способностей новых сортообразцов гороха и старых сортов местной селекции. Испытуемый материал был представлен листочковыми и усатыми формами гороха. Погодные условия, сложившиеся в годы проведения эксперимента, от благоприятных – 2016 и 2017 гг. (индекс среды (I_j) – 9,6 и 7,9) до экстремальных для гороха – 2018 и 2019 гг. (I_j – - 4,2 и - 13,3), позволили с высокой достоверностью оценить испытуемые образцы по показателям адаптивности. Было установлено, что сортообразцы с листочковым морфотипом обладают низкой экологической пластичностью, но большей стрессоустойчивостью и гомеостатичностью. А образцам с усатым морфотипом свойственно большее соответствие между генотипом и средой. На основании проведенных исследований и соответствующих расчетов, сформированы три группы с разным уровнем адаптивности: 1) интенсивного типа, которая включает 3 образца: Л-10/13 ($bi = 1,22$), Л-109/13 ($bi = 1,20$) и Л-61/14 ($bi = 1,14$); 2) высоко-экологически пластичные: Л-62/14 ($bi = 1,1$), Л-92/14 ($bi = 1,08$), Л-61/18 ($bi = 0,95$), Л-68/17 ($bi = 1,01$), Л-64/17 ($bi = 0,98$), Л-34/13 ($bi = 1,00$) и сорт Фокор ($bi = 0,92$); 3) низко-экологически пластичные: Л-92+94/13 ($bi = 0,85$), Л-71/18 ($bi = 0,78$) и Дударь ($bi = 0,82$). Такой подход к оценке выделяющихся по продуктивности линий гороха, позволяет уже на заключительном этапе селекционной работы над перспективными сортообразцами, формировать рекомендации по условиям и зонам их возделывания.

Ключевые слова: горох посевной, сортообразцы, урожайность, пластичность, стабильность, гомеостатичность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость.

Все учащающиеся экстремальные всплески аномальных явлений природы негативно отражающихся на продуктивности и качестве сельскохозяйственной продукции заставляют ученых обратить на себя особое внимание. В линейку основных задач селекции уже уверенно вошла оценка перспективных селекционных образцов на экологическую адаптивность. Исследования в этом направлении ведутся по многим культурам: озимые зерновые [1, 2], яровые зерновые [3, 4], соя [5, 6] горох [7, 8].

Оценка селекционного материала на этапе создания сортов по показателям пластичности и стабильности позволит выделять не только высокопродуктивные сорта, но и обладающие высокой экологической лабильностью, что позволит снизить долю риска потери урожая. Это

особенно важно в селекции и первичном семеноводстве, когда потеря урожая может быть невосполнимым для нового сорта.

В связи с этим, целью наших исследований стала оценка перспективных линий гороха посевного (*Pisum sativum*) по показателям экологической пластичности и стабильности.

Материалы и методы

Для изучения были отобраны 2 сорта местной селекции прошлых лет – Дударь (2002 год допуска), Фокор (2005 год допуска), перспективные линии с усатым морфотип: Л-10/13, Л-109/13, Л-61/14, Л-62/14, Л-92/14/13, Л-61/18/13, Л-68/17, Л-64/17 и листочковым: Л-34/13, Л-92+94/13, Л-71/18. Урожайные данные были получены в питомнике конкурсного сортоиспытания. Учетная площадь делянок – 20 м², повторность – пятикратная. Норма высева 1,3 млн/га.

Расчет показателей экологической стабильности и пластичности проводили по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Пакудина, Л.М. Лопатиной [9]. Устойчивость сортов к стрессу и среднюю урожайность в контрастных условиях среды определяли по уравнению А.А. Rossille, J. Hamblin, цит. по А.А. Гончаренко [10]. Статистическую обработку данных – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Опыты закладывались в юго-восточной части ЦЧЗ на полях НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. Климат характеризуется как умеренно-континентальный. Характерной особенностью климата переходной зоны является непостоянство режима осадков и изменчивость температурного режима.

Метеорологические условия существенно различались по годам, что позволило наиболее объективно проанализировать сорта и сортообразцы, отобранные для изучения. Наиболее благоприятными для роста и развития гороха были 2016 и 2017 гг. об этом можно судить по показателям ГТК – 1,2 и 1,1 (табл. 1) и индексу среды (Ij) – 9,6 и 7,9 (табл. 2) соответственно. За период вегетации выпало 164 (2016 г.) и 148 мм (2017 г.) осадков, что превысило многолетние значения на 44 и 28 мм. Температурный режим находился практически на уровне нормы. Крайне неблагоприятными для формирования продуктивности стали 2018 и 2019 гг., ГТК составил 0,2 и 0,6, а индекс среды Ij – - 4,2 и - 13,3 (табл. 2) соответственно. В 2018 г за вегетационный период выпало всего 27 мм осадков, что соответствует экстремальной засухе. Формированию зерна способствовало снижение среднесуточной температуры в фазу бутонизации – цветения до 14,2° С [11]. Наиболее критичные погодные условия 2019 года совпали с периодом начало бутонизации – цветение – начало формирования бобов. Среднесуточные температуры составляли 21° С, цветение прошло скрытно и стремительно (5-6 дней). На растениях сформировалось по 3-5 бобов, остальные цветки засохли, что существенно отразилось на продуктивности.

Таблица 1

Метеоусловия периода вегетации гороха, 2016-2019 гг.

Показатели	Год			
	2016	2017	2018	2019
Осадки, мм	164	148	27	75
Отклонение от ср. многолетних, мм	+ 44	+ 28	- 93	- 45
Температура, °С	17,8	16,7	18,9	19,7
Отклонение от ср. многолетних, мм	+ 1,7	+ 0,6	+ 2,8	+ 3,6
Сумма активных температур, °С	1387	1333	1245	1300
ГТК	1,2	1,1	0,2	0,6
Период вегетации, дней	78	80	66	66

Результаты исследований

Продуктивность гороха в значительной степени определяется погодными условиями, складывающимися в период вегетации. Доля влияния внешних факторов составила 90,9%. Влияние генотипа на выход зерна был гораздо ниже – 2,3%. Максимальная урожайность была

зафиксирована в 2016 г. у линии Л-68/17 – 40,1 ц/га, при средней по эксперименту – 33,1 ц/га, минимальная – в 2019 г. у образца Л-10/13 – 6,8 ц/га, при средней 10,1 ц/га (табл. 2). Продуктивность новых сортообразцов с усатым морфотипом в благоприятные по метеоусловиям годы была на уровне листочковых сортов (31,4 ц/га и 31,3 ц/га в 2017 г.), или даже превосходила их (34,0 ц/га и 31,0 ц/га в 2016 г.). В условиях неблагоприятных для роста и развития культуры ситуация меняется, больший урожай формировался у обычных форм гороха. Это обусловлено, большей стрессоустойчивостью, что подтверждается и математическими расчетами. По показателю «уровень устойчивости к стрессу» (У2-У1), имеющему отрицательный знак, лучшими были образцы Л – 71/18 (-18,2), Л – 92+94/13 (-19,3), Дударь (21,8). Из образцов с усатым типом листа выделились сорт Фокор (-18,2) и Л – 61/18 (-21,6) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность изученных образцов гороха (ц/га) и индекс среды

Образец	Урожайность, ц/га				
	2016	2017	2018	2019	Средняя
	Усатый морфотип				
Л-10/13	35,1	32,9	18,8	6,8	23,4
Л-109/13	36,2	32,3	17,2	8,5	23,6
Л-61/14	35,2	31,4	17,5	8,7	23,2
Л-62/14	36,2	32,6	19,6	10,4	24,7
Л-92/14	34,2	33,3	19,0	9,9	24,1
Л-61/18	31,7	32,0	20,5	10,4	23,7
Л-68/17	40,1	28,8	22,0	12,2	25,8
Л-64/17	36,8	30,6	21,5	12,0	25,2
Фокор	25,2	27,3	18,6	9,8	20,1
	Листочковый морфотип				
Л-34/13	34,3	32,2	19,8	11,5	24,5
Л-92+94/13	31,1	30,3	20,8	11,8	23,5
Л-71/18	31,4	29,5	20,1	13,2	23,6
Дударь	27	33,1	20,4	11,3	23,0
ср Хj	33,1	31,4	19,3	10,1	23,5
НСР05	2,0	1,9	2,1	1,7	1,7
ср Хjус	34,0	31,4	19,0	9,5	23,5
ср Хjлист	31,0	31,3	20,3	12,0	23,7
индекс среды Ij	9,6	7,9	-4,2	-13,3	

Генетическая гибкость анализируемых образцов определялась как среднее арифметическое между минимальной и максимальной урожайностью, полученной в контрастных условиях. Наиболее высокими показателями обладали новые сортообразцы, принадлежащие к усатому морфотипу: Л-10/13 (14,2), Л-68/17 (14,0), Л-109/13 (13,9), Л-61/14 (13,5). Относительно низкое взаимодействие между генотипом и факторами среды отмечено у образцов с листочковой формой растения и сорта Фокор.

Адаптивность сортов оценивали по показателям экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) их урожайности. Чем больше b_i , тем более отзывчив сорт на изменение условий выращивания. В случае, если b_i нулевое или стремится к нулю, то сорт не реагирует на изменение условий среды. Если b_i равен или близок к единице, изменение урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания. Низкие значения S_i^2 показывают, что сорт слабо отзывается на улучшение условий выращивания [9].

Таким образом, изучаемые образцы были распределены на 3 группы (табл. 3). В первую вошли 3 образца, коэффициент регрессии которых, значительно превышал единицу: Л-10/13 ($b_i = 1,22$), Л-109/13 ($b_i = 1,20$) и Л-61/14 ($b_i = 1,14$). Такие сорта можно отнести к

интенсивному типу, так как они положительно отзываются на улучшение условий возделывания. Их варианса стабильности признака находилась на уровне средних значений $S_i^2 = 1,66$, $S_i^2 = 2,33$, $S_i^2 = 2,43$ соответственно, то есть при неблагоприятных условиях урожайность их снижается и уступает сортам других групп, что наглядно отражается в урожайных данных (табл. 3). Все они принадлежат к усатому морфотипу.

Таблица 3

Параметры адаптивности старых сортов и перспективных сортообразцов гороха, 2016-2019 гг.

Группа	Образец	Показатель*							
		Y_2	Y_1	$Y_2 - Y_1$	$(Y_1 + Y_2)/2$	bi	S_i^2	$V\%$	Ном
	Усатый морфотип								
1	Л-10/13	6,8	35,1	-28,3	14,2	1,22	1,66	50,4	1,6
	Л-109/13	8,5	36,2	-27,7	13,9	1,20	2,33	49,3	1,7
	Л-61/14	8,7	35,2	-26,5	13,5	1,14	2,43	47,6	1,8
2	Л-62/14	10,4	36,2	-25,8	12,9	1,10	1,15	43,0	2,2
	Л-92/14	9,9	34,2	-24,3	12,2	1,08	1,67	43,6	2,3
	Л-61/18	10,4	32,0	-21,6	10,8	0,95	4,59	39,7	2,8
	Л-68/17	12,2	40,1	-27,9	14,0	1,01	15,58	40,8	2,3
	Л-64/17	12,0	36,8	-24,8	12,4	0,98	4,95	38,4	2,6
	Фокор	9,8	27,3	-18,2	9,1	0,92	5,38	37,5	2,0
	Листочковый морфотип								
	Л-34/13	11,5	34,3	-22,8	11,4	1,00	2,27	39,8	2,7
3	Л-92+94/13	11,8	31,1	-19,3	9,7	0,85	2,21	35,2	3,5
	Л-71/18	13,2	31,4	-18,2	9,1	0,78	1,37	32,3	4,0
	Дударь	11,3	33,1	-21,8	10,9	0,82	11,45	37,4	2,8

Примечание: * Y_1 – максимальная урожайность, Y_2 – минимальная урожайность, $Y_2 - Y_1$ – устойчивость к стрессу, $(Y_1 + Y_2)/2$ – генетическая гибкость, bi – пластичность, S_i^2 – стабильность, $V\%$ – вариабельность признака, Ном – гомеостатичность.

Во вторую группу «высокой экологической пластичности» вошли образцы, имеющие коэффициент регрессии близкий к единице: Л-62/14 ($bi = 1,1$), Л-92/14 ($bi = 1,08$), Л-61/18 ($bi = 0,95$), Л-68/17 ($bi = 1,01$), Л-64/17 ($bi = 0,98$), Л-34/13 ($bi = 1,0$) и сорт Фокор ($bi = 0,92$). Анализируя урожайные данные этих образцов, мы видим, что в благоприятные годы сбор зерна находился на уровне или выше средних значений по опыту, а в экстремальных условиях 2018 и 2019 гг. их продуктивность была значительно выше 19,0-22,0 ц/га в 2018 г. и 9,8-12,2

ц/га в 2019 г., чем у образцов интенсивного типа 15,0-18,8 ц/га и 6,1-8,7 ц/га, соответственно (табл.2).

Низкой экологической пластичностью (третья группа) отличались сортообразцы листочкового морфотипа – Л-92+94/13 ($b_i = 0,85$), Л-71/18 ($b_i = 0,78$), Дударь ($b_i = 0,82$). В условиях экстремальной засухи они обладают большей «выносливостью», по сравнению с усатыми формами, что позволяет им формировать более высокую продуктивность [12]. Снижение урожайности у таких форм в благоприятные годы происходит, в основном, из-за потерь при уборке, так как листочковые формы подвержены сильному полеганию.

В нашем эксперименте изменчивость продуктивности образцов была очень сильной и находилась в пределах от 32,3% у Л-71/18, до 50,4% у Л-10/13. При сравнительной оценке показателей адаптивности по их корреляционной взаимосвязи, была выявлена высокая положительная связь между пластичностью (b_i) и коэффициентом вариации (V) $r = 0,833 \pm 0,160$, и полное её отсутствие между стабильностью (S_i^2) $r = - 0,094 \pm 0,287$. Показатели гомеостатичность и вариабельность имеют полярную направленность по отношению друг к другу $r = - 0,876 \pm 0,139$.

Наибольшей стабильностью по опыту обладали два образца гороха с обычными листьями Л-71/18 и Л-92+94/13, о чем свидетельствуют низкие значения коэффициента вариации (32,3% и 35,2%) и высокие у показателя гомеостатичность (4,0 и 3,5).

Заключение

Подводя итог проведенной работе, можно сделать вывод о том, что сортообразцы, находящиеся на последнем этапе в селекционной проработке, обладают различными уровнями адаптивности. Выделено 3 образца интенсивного типа использования: Л-10/13, Л-109/13, Л-61/14. 7 образцов экологически пластичных, из них 6 принадлежат к усатому морфотипу: Фокор, Л-62/14, Л-92/14, Л-61/18, Л-68/17, Л-64/17, и только один к обычному – Л-34/13. Остальные образцы листочкового типа относятся к группе с низкой экологической пластичностью, но способные формировать высокую продуктивность в неблагоприятные по метеоусловиям годы.

Более высокой стрессоустойчивостью обладают сорта листочкового морфотипа и сорт усатого морфотипа Фокор. А большая генетическая гибкость свойственна новым перспективным образцам, принадлежащим к усатому морфотипу. Наибольшая гомеостатичность также свойственна образцам листочкового морфотипа.

Литература

1. Мамеев В.В., Ториков В.Е., Никифоров В.М. Экологическая стабильность и пластичность сортов озимых культур на юго-западе Центрального региона России // Вестник Брянской государственной с.-х. академии, – 2014. – № 6. – С. 32-38.
2. Константинова О.Б., Кондратенко Е.П. Урожайность и параметры адаптивности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Социальная экология как основа экологизации общества. Сб. мат. молодежного науч. семинара посв. 65- летию Кузбасского ГТУ им. Т.Ф.Горбачева, – 2014. – С.20.
3. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш., Сапега С.В. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 10. – С. 22-26.
4. Туляков М.В., Баталова Г.А., Пермякова С.В., Лисицын Е.М. Пластичность и стабильность сортов и линий овса в условиях Кировской области // Достижения науки и техники АПК, 2018. – Т.32. – № 8. – С. 54-56. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10814.
5. Фадеев А.А., Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В. Экологическая устойчивость раннеспелых сортов сои к абиотическим стрессам // Масличные культуры. Науч. - практ. бюлл. Всероссийского НИИ масличных культур, 2011. – вып.2 (148-149). – С. 45-48.
6. Фокина Е.М., Титов С.А., Разанцев Д.Р. Агроэкологическая оценка перспективных образцов сои // Достижения науки и техники АПК, – 2019. – Т.33. – № 7. – С.21-23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10705.

7. Пономарева С.В. Экологическая пластичность и стабильность по урожайности семян и зеленой массы гороха полевого в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2019. – № 2 (30). – С. 43-47. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11086.
8. Филатова И. А. Экологическая пластичность и стабильность сортов и сортообразцов гороха в условиях Каменной Степи // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 3 (19). – С. 41-45.
9. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология, – 1984. – № 4. – С. 109-113.
10. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН, – 2005. - № 6. – С. 49-53
11. Филатова И.А. Формирование элементов продуктивности гороха в зависимости от погодных условий вегетационного периода // Земледелие, – 2018. – № 6. – С.44-47. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10612.
12. Кондыков И.В. О приоритетах в селекции гороха // Вестник Орел ГАУ, – 2011. – № 5 (32). – С. 96-103.

Номер научного направления (задания) – 0621-2019-0013 «Создать, изучить и выделить новые генотипы гороха по комплексу хозяйственно-ценных признаков и устойчивости к вредным объектам в условиях ЦЧЗ».

YIELD AND ECOLOGICAL ADAPTIVITY OF PERSPECTIVE PEA VARIETIES

I. A. Filatova

V.V. DOKUCHAEV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF THE CENTRAL-CHERNOSEM ZONE

Abstract: *The studies were aimed at studying the adaptive abilities of new varieties of peas and old varieties of local selection. The test material was represented by leaf and baleen forms of peas. Weather conditions that developed during the years of the experiment, from favorable – 2016 and 2017 (environmental index (Ij) – 9,6 and 7,9) to extreme conditions for peas – 2018 and 2019 (Ij – 4,2 and – 13, 3), allowed to evaluate the tested samples with high reliability by adaptability indicators. It was found that variety specimens with leaf morphotype have low environmental plasticity, but greater stress resistance and homeostaticity. Of the samples with a baleen morphotype, 3 responsive to weather changes were identified: L-10/13 (bi = 1,22), L-109/13 (bi = 1,20) and L-61/14 (bi = 1,14) and 6 with high environmental plasticity: L-62/14 (bi = 1,1), L-92/14 (bi = 1,08), L-61/18 (bi = 0,95), L-68 / 17 (bi = 1,01), L-64/17 (bi = 0,98) and the Fokor variety (bi = 0,92). Specimen with a whiskered morphotype is characterized by a greater correspondence between the genotype and the environment. Based on the studies and corresponding calculations, three groups were formed with different levels of adaptability: 1) intensive type, which includes 3 samples: L-10/13 (bi = 1,22), L-109/13 (bi = 1,20) and L-61/14 (bi = 1,14); 2) highly environmentally plastic L-62/14 (bi = 1,1), L-92/14 (bi = 1,08), L-61/18 (bi = 0,95), L-68/17 (bi = 1,01), L-64/17 (bi = 0,98), L-34/13 (bi = 1,00) and the Fokor variety (bi = 0,92); 3) low-environmentally plastic L-92 + 94/13 (bi = 0,85), L-71/18 (bi = 0,78) and Dudar (bi = 0,82). Such an approach to assessing pea lines distinguished by productivity allows already at the final stage of breeding work on promising variety varieties to formulate recommendations on the conditions and zones of their cultivation.*

Keywords: sowing peas, variety samples, productivity, plasticity, stability, homeostatic, stress tolerance, genetic flexibility.

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ГОРОХА РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО АРХИТЕКТОНИКЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА

М.Т. ГОЛОПЯТОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье изложены результаты исследований (2017-2019 гг.) по изучению влияния минеральных удобрений и роли минерального азота в составе полного удобрения в реализации генетического потенциала сортов гороха, различающихся по архитектонике листового аппарата - листочковые, безлисточковые, с ярусной гетерофиллией – хамелеоны и люпиноиды) на темно-серых лесных среднесуглинистых почвах.

Исследованиями установлено, что применение полного минерального удобрения значительно повысило урожай семян у всех сортов и линий гороха. Увеличение урожая в зависимости от сорта достигало 0,6-1,0 т/га (27-48%). Внесение минерального N в составе полного удобрения способствовало достоверному повышению урожая зерна гороха. Однако сорта не одинаково реагировали на внесение азота. Для листочкового сорта гороха Темп оптимальной дозой азота является 30 кг/га. Дальнейшее увеличение дозы азота не эффективно. В тоже время усатый сорт гороха Фараон и люпиноид с увеличением дозы азота повышали и урожай семян.

Установлено, что сорта гороха, различающиеся по архитектонике листового аппарата, проявляют существенные генотипические различия в отношении минерального питания, поэтому при разработке системы применения удобрений под эти сорта необходимо учитывать сортовую специфику на применение удобрений. Такой подход к составлению рекомендаций по удобрению гороха будет способствовать повышению эффективности применяемых удобрений и уменьшит риск загрязнения окружающей среды.

Ключевые сорта: сорта, горох, минеральные удобрения, азот, урожай.

Естественное плодородие почвы не позволяет в полной мере реализовать потенциальную продуктивность гороха, и поэтому важнейшим фактором повышения его урожайности является рациональное применение удобрений (1, 2, 3). Однако использование средств химизации особо остро ставит вопрос о всесторонней и глубокой разработке вопросов минерального питания не только отдельных культур, но и сортов. Незнание потребностей сорта в элементах питания при применении удобрений может вызвать не только снижение урожая, но и значительно ухудшить его качество (4, 5). Рекомендуемые дозы удобрений должны быть научно обоснованы с учетом биологических особенностей сорта, ожидаемого урожая, уровня плодородия почвы и других факторов. До сих пор остается спорным вопрос о необходимости внесения под горох азотных удобрений. Вопрос азотного питания гороха наиболее сложный и до настоящего времени дискуссионный. В научной литературе встречаются различные мнения о целесообразности применения азотных удобрений под горох. По данным исследований, в одних случаях азотные удобрения повышают урожайность гороха, в других – не изменяют ее, в-третьих – даже ухудшают качество урожая (2, 6). К числу причин, приводящих ученых к разногласиям по этому вопросу, следует отнести проведение опытов на почвах, различающихся по окультуренности, с неодинаковой реакцией среды, при разной обеспеченности макро- и микроэлементами, без учета активности клубеньковых бактерий. Вполне очевидно, что одна и та же доза азота, окажет различный эффект на мощном

черноземе и на подзолистой почве, на суглинке и на песчаной почве в засушливой степи и во влажной зоне, и в зависимости от сортовых особенностей гороха.

Поэтому, в связи с появлением новых сортотипов гороха, различающихся по архитектонике листового аппарата, сортов интенсивного типа, встает необходимость изучения роли минерального азота, как одного из факторов повышающего урожай этой культуры, норм его внесения, способов их расчета и экономической эффективности.

Условия и методы исследований

Исследования проводились в 2017-2019 годах в полевом опыте, на темно-серой лесной среднесуглинистой почве с повышенным содержанием подвижных элементов минерального питания (табл. 1) в севообороте лаборатории технологии и защиты растений. Предшественник – озимая пшеница. Полевые опыты закладывались в четырехкратной повторности. Площадь делянки 20 м². Расположение вариантов – рендомизированное. Норма высева гороха – общепринятая для зоны.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика опытного поля

Год	рНсол	Гумус, %	Мг на 100 г почвы	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
2017	5,1	4,1	18,6	12,5
2018	5,1	4,2	18,0	12,2
2019	4,9	4,5	16,5	10,8

Дозы минеральных удобрений, рассчитанные по действующему веществу на планируемый урожай 5,0 т/га по нормативным затратам (P₆₅K₉₁; N₃₀P₆₅K₉₁; N₄₂P₆₅K₉₁; N₆₃P₆₅K₉₁ – в 2017-2018 годах и P₆₅K₁₃₀; N₃₀P₆₅K₁₃₀; N₄₂P₆₅K₁₃₀; N₆₃P₆₅K₁₃₀ – в 2019 году) вносили весной под предпосевную культивацию. При изучении влияния азота на продуктивность гороха применялись разные методы их расчета. Доза N₃₀ – рекомендуемая (стартовая), N₄₂ – рассчитана на планируемый урожай с учетом биологической азотфиксации и N₆₃ – рассчитана на планируемый урожай по полной потребности.

Посев сплошной рядовой (междурядье 15 см) был осуществлен сеялкой СН-16. В опытах изучалось четыре сорта и линии гороха, различающиеся по архитектонике листового аппарата: Фараон – безлисточковый, Темп – листочковый, Спартак – гетерофильного типа (хамелеон) и линия Лу-153-06 – люпиноид (форма с многоплодным апикальным цветоносом).

При проведении учетов и наблюдений использовались общепринятые методы исследований. Уборку делянок проводили прямым комбайнированием комбайном Сампо-130 при полной спелости гороха.

Метеорологические условия в годы проведения опытов были не совсем благоприятные для роста и развития растений гороха. Вегетационный период 2017 года характеризовался недобором тепла в мае – июне месяцах и существенным повышением осадков над среднесезонными значениями в июле. Крайне неблагоприятно для вегетации гороха сложился 2018 и 2019 годы, что не могло не отразиться на величине урожая.

Результаты и обсуждения

Анализируя результаты исследований, следует отметить, что, обладая высокой чувствительностью к изменению внутренних и внешних факторов и оказывая непосредственное влияние на формирование урожая, рост является тем процессом, показатели которого в наибольшей степени пригодны для определения и уточнения необходимого вмешательства с целью оптимизации условий выращивания. Как показывают данные таблицы 2 внесение как фосфорно-калийного, так и полного минерального удобрения способствовало тому, что на протяжении всего вегетационного периода растения на этих вариантах были более высокие, чем на контроле без удобрений и имели большую массу. Особенно было заметно влияние минерального азота в составе полного удобрения на высоту растения. В фазу налива зерна высота их достигала в зависимости от сорта 63-74 см, при высоте на контроле

53-60 см. Из изучаемых сортов по всем вариантам опыта самую большую высоту имел безлисточковый сорт Фараон и люпиноид Лу-153-06.

Таблица 2

Динамика линейного роста растений гороха, см (среднее за 2017-2019 гг.)

Сорт, линия	Варианты	Фаза развития		
		Бутонизация	Цветение	Налив зерна
1. Фараон	Контроль без удобрений	37	51	60
2. Темп		35	46	54
3. Спартак		34	44	53
4. Лу-153-06		41	52	59
5. Фараон	РК на план. урожай 5,0 т/га	42	56	65
6. Темп		39	50	58
7. Спартак		40	48	58
8. Лу-153-06		45	61	66
9. Фараон	РК+N ₃₀	46	59	71
10. Темп		45	54	64
11. Спартак		43	53	63
12. Лу-153-06		49	63	68
13. Фараон	РК+N ₄₂	53	60	71
14. Темп		47	57	65
15. Спартак		44	55	64
16. Лу-153-06		53	67	72
17. Фараон	РК+N ₆₃	52	62	74
18. Темп		46	58	65
19. Спартак		48	60	68
20. Лу-153-06		53	68	70

Анализируя урожайные данные в среднем за 2017-2019 годы, следует отметить, что внесение фосфорно-калийных удобрений повышало урожай семян гороха (табл. 3). Прибавка при этом колебалась от 0,2 до 0,5 т/га (9-24%). Лучше других сортов на фосфорно-калийное удобрение реагировали сорта Темп и Спартак. Внесение полного минерального удобрения значительно повысило урожай у всех сортов гороха. Увеличение урожая в зависимости от сорта достигало 0,6-1,0 т/га (30-48%) при урожае на контроле 2,1-2,3 т/га. Наиболее отзывчивыми на внесение НРК оказались безлисточковый сорт Фараон и Спартак (хамелеон).

Вопрос о необходимости внесения под горох азотных удобрений до сих пор остается дискуссионным. В наших исследованиях внесение минерального азота в составе полного удобрения способствовало достоверному повышению урожая у всех изучаемых сортов и линий гороха нового поколения, различающихся по архитектонике листового аппарата. Прибавка урожая от его применения (табл. 3) достигала в зависимости от сорта и доз азотных удобрений 0,3-0,5 т/га (13-24%). Анализируя роль азота в формировании прибавки урожая, следует отметить, что для листочкового сорта гороха Темп и хамелеона Спартак оптимальной дозой азота является 30 кг/га. Дальнейшее увеличение дозы азота не так эффективно. В тоже время усатый сорт гороха Фараон с увеличением дозы азота повышает и урожай семян.

Так, если при дозе N₃₀ в составе полного минерального удобрения прибавка от азота составила 0,3 т/га (13%), то с увеличением дозы азота до 42 кг/га она возросла до 0,4 т/га (19%), а при дозе азота 63 кг/га она возросла до 0,5 т/га (24%). Увеличение урожая произошло в основном за счет увеличения уборочного индекса, количества бобов на 1 растении и количества семян в бобе.

Таблица 3

Влияние минерального азота на урожайность сортов гороха, различающихся по архитектонике листового аппарата

Сорт, линия	Варианты	т/га			Среднее, т/га	Прибавка			
		2017	2018	2019		т/га	%	от азота	
								т/га	%
1. Фараон	Контроль без удобрений	2,9	1,9	1,6	2,1	-	-	-	-
2. Темп		3,1	2,1	1,8	2,3	-	-	-	-
3. Спартак		2,9	1,8	1,9	2,2	-	-	-	-
4. Лу-153-06		2,9	2,0	1,8	2,2	-	-	-	-
5. Фараон	РК на план. урожай 5,0 т/га	3,3	2,2	2,2	2,6	0,5	24	-	-
6. Темп		3,7	2,3	2,2	2,7	0,4	17	-	-
7. Спартак		3,5	2,2	2,3	2,7	0,5	23	-	-
8. Лу-153-06		3,2	2,3	1,8	2,4	0,2	9	-	-
9. Фараон	РК+N ₃₀	3,7	2,4	2,5	2,9	0,8	38	0,3	13
10. Темп		4,2	2,6	2,4	3,1	0,8	35	0,4	17
11. Спартак		3,8	2,4	2,8	3,0	0,8	36	0,3	13
12. Лу-153-06		3,6	2,4	2,4	2,8	0,8	27	0,4	18
13. Фараон	РК+N ₄₂	3,9	2,5	2,6	3,0	0,9	43	0,4	19
14. Темп		4,0	2,4	2,5	3,0	0,7	30	0,3	13
15. Спартак		3,8	2,5	2,8	3,0	0,8	36	0,3	13
16. Лу-153-06		3,7	2,4	2,5	2,9	0,7	32	0,5	23
17. Фараон	РК+N ₆₃	4,1	2,5	2,6	3,1	1,0	48	0,5	24
18. Темп		4,0	2,5	2,5	3,0	0,7	30	0,3	13
19. Спартак		3,9	2,6	2,6	3,0	0,8	36	0,3	13
20. Лу-153-06		3,6	2,6	2,6	2,9	0,7	32	0,5	23

НСР₀₅ сорт 0,08 0,07 0,11

удобрение 0,09 0,08 0,12

Анализ экономических показателей возделывания гороха в среднем за 3 года (табл. 4) показывает их существенное различие по сортам и вариантам. Наибольший чистый доход при выращивании гороха на товарную часть обеспечили листочковый сорт Темп и сорт с ярусной гетерофилией (хамелеон) Спартак (12551,00-13615,00 руб./га) на варианте полного минерального удобрения с дозой N₃₀. Уровень рентабельности при этом колебался от 72 до 78%.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на экономическую эффективность возделывания гороха (среднее за 2017-2019 гг.)

Сорт, линия	Варианты	Урожай, т/га	Производственные затраты, руб/га	Чистый доход, руб/га	Себестоимость, руб/ц	Рентабельность, %
1. Фараон	Контроль без удобрений	2,1	10420	10580	498	101
2. Темп		2,3	10409	12591	453	121
3. Спартак		2,2	10474	11526	479	110
4. Лу-153-06		2,2	10036	11964	456	119
5. Фараон	РК на план. урожай 5,0 т/га	2,6	16533	9467	636	57
6. Темп		2,7	16528	10472	612	63
7. Спартак		2,7	16585	10415	614	63

		Продолжение табл. 4				
8. Лу-153-06		2,4	16144	7856	673	49
9. Фараон	PK+N ₃₀	2,9	17396	11608	600	67
10. Темп		3,1	17385	13615	560	78
11. Спартак		3,0	17449	12551	582	72
12. Лу-153-06		2,8	17012	10988	608	65
13. Фараон	PK+N ₄₂	3,0	17822	12178	594	68
14. Темп		3,0	17812	12188	594	68
15. Спартак		3,0	17878	12122	596	68
16. Лу-153-06		2,9	17437	11563	601	66
17. Фараон	PK+N ₆₃	3,1	18575	12425	599	67
18. Темп		3,0	18564	11436	619	62
19. Спартак		3,0	18652	11348	622	61
20. Лу-153-06		2,9	18191	10809	627	59

Заключение

В результате исследований установлено, что применение полного минерального удобрения значительно повысило урожай семян у всех сортов и линий гороха. Увеличение урожая в зависимости от сорта достигало 0,6-1,0 т/га при урожае на контроле 2,1-2,3 т/га.

Внесение минерального азота в составе полного удобрения способствовало достоверному повышению урожая зерна гороха. Однако сорта не одинаково реагировали на внесение азота. Для листочкового сорта гороха Темп оптимальной дозой азота является 30 кг/га. Дальнейшее увеличение дозы азота не эффективно. Усатый же сорт гороха Фараон и люпиноид с увеличением дозы азота повышает и урожай зерна.

Установлено, что сорта гороха, различающихся по архитектонике листового аппарата, проявляют существенные генотипические различия в отношении минерального питания, поэтому при составлении системы применения удобрений под эти сорта необходимо учитывать сортовую специфику на применение минеральных удобрений. Такой подход к составлению рекомендаций по удобрению гороха будет способствовать повышению эффективности и применяемых удобрений и уменьшит риск загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Никитин С.Н. Оценка эффективности применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья. Ульяновск, 2017. – 315 с.
2. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
3. Голопятов М.Т. Продуктивность сортов и линий гороха нового поколения при разных уровнях питания // Земледелие, № 4, 2014. – С. 22-27.
4. Климашевский Э.Л. Специфика генотипических реакций растений на удобрение // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 1982. – № 5. – С. 7-14.
5. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. Агропромиздат, Москва, 1991. – 415 с.
6. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. Изд-во «Лань» Санкт-Петербург, Москва, Краснодар, 2015. – 463 с.

THE ROLE OF MINERAL NITROGEN IN THE REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF PEA VARIETIES, DIFFERING IN THE ARCHITECTONICS OF THE LEAF APPARATUS

M.T. Golopyatov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GOAT CROPS»

Abstract: The article presents the results of research (2017-2019 years) of the effect of mineral fertilizers and the role of mineral nitrogen in the composition of complete fertilizer in the realization

of the genetic potential of pea varieties, differing in the architectonics of the leaf apparatus (leafy, leafless, canopy heterophyllia – chameleons and lupinoids) on dark gray forest loamy soils.

Studies have established that the use of complete mineral fertilizer significantly increased the seed yield of all varieties and lines of peas. The yield increase, depending on the variety, reached 0.6-1.0 t/ha (27-48%). The introduction of mineral N as part of a complete fertilizer contributed to a significant increase in the yield of pea grains. However, the varieties did not react equally to the introduction of nitrogen. For leafy pea variety Temp the optimal dose of nitrogen is 30 kg/ha. Its further increase is not effective. At the same time, the leafless pea variety Pharaoh and lupinoid also increased the seed yield with an increase in the dose of nitrogen.

It has been established that pea varieties differing in the architectonics of the leaf apparatus exhibit significant genotypic differences with respect to mineral nutrition, therefore, when developing a system for applying fertilizers for these varieties, it is necessary to take into account the varietal specificity of fertilizer use. Such an approach to making recommendations for fertilizing peas will help to increase the efficiency of fertilizers used and reduce the risk of environmental pollution.

Keywords: varieties, peas, fertilizers, nitrogen, crop.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11131

УДК :633.358:631.51:631.582.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГОРОХА

О.А. ЦЕЛУЙКО, А.В. ПАРАМОНОВ, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

В статье приведены экспериментальные данные по урожайности зерна гороха в зависимости от длительного применения удобрений и их влияния на некоторые хозяйственно ценные признаки. Исследования проводились на чернозёме обыкновенном в Приазовской зоне Ростовской области. Рассмотрено влияние удобрений на содержание элементов питания в растениях, урожайность и качество зерна гороха. Установлено, что в данной почвенно-климатической зоне длительное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}K_{30}$ способствует получению урожая гороха с наилучшими показателями содержания белка в зерне – до 24,9% и сбора белка с 1 га. Максимальная урожайность гороха была получена при внесении минеральных удобрений в дозах P_{40} и $N_{30}P_{40}K_{30}$ – 21,8 и 21,7 ц/га соответственно. Наибольшие значения окупаемости удобрений получены при внесении фосфорных, калийных, азотных удобрений в дозах P_{40} , K_{30} , N_{30} – от 13,1 до 9,9 кг/кг д.в.

Ключевые слова: горох, зерно, дозы удобрений, урожайность, окупаемость.

Несмотря на высокие достоинства гороха, площади его возделывания все еще ничтожно малы в сравнении с зерновыми колосовыми культурами. Отмечается относительно низкий и нестабильный по годам уровень урожайности данной культуры, что во многом объясняется недостаточной изученностью, и как следствие, отсутствием на практике оптимальных решений в вопросах выбора технологий возделывания, обработки почвы, интегрированной защиты растений и т.д. [1]. Главной проблемой при возделывании гороха, является то, что он не выдерживает очень высоких температур и у данной культуры повышены требования к продуктивной влаге на образование единицы продукции [2]. Сбор сельскохозяйственной продукции с 1 га определяется множеством факторов. Наибольшее влияние оказывают природно-климатические условия, уровень питания растений, предшественники, обработка почвы [3]. По мнению ряда авторов при помощи агротехнических приемов можно создавать

благоприятные условия для получения высоких урожаев [4-8]. Существует острая необходимость изменения подходов к применению удобрений, рационализации их использования в соответствии с потребностями выращиваемых сельскохозяйственных культур, в том числе и гороха.

В связи с вышесказанным, в условиях изменяющегося климата и усиливающийся его аридности, исследования по выявлению влияния длительного применения минеральных удобрений на урожайность гороха в настоящее время интересны и актуальны.

Материал и методы исследований

Полевые исследования проводили с 2005 по 2015 гг. в ФРАНЦ. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный мощный легкоглинистый на лессовидном суглинке. Характерная особенность почвы – большая мощность гумусового горизонта, 75-100 см при невысоком содержании гумуса. Содержание гумуса в пахотном слое почвы при закладке опыта составляло 3,8-4,1%. Содержание валового азота – 0,22-0,24%, общего фосфора – 0,17-0,18%, калия – 2,3-2,4%; обеспеченность пахотного слоя удобренных вариантов минеральным азотом и подвижным фосфором – низкое, обменным калием – повышенное.

Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Годовая температура воздуха составляет в среднем 9,6°C, сумма температур воздуха за год 3200-3400°C. Продолжительность теплого периода 230-260 дней., безморозного – 175-180. Относительная влажность воздуха имеет выраженную годовую динамику. Наименьшее её значение отмечается в июле – 50-60%, минимальные значения в отдельные дни могут достигать 25-30% и ниже. Относительно небольшое количество осадков и высокие температуры определяют сухость воздуха и почвы, частую повторяемость засух. Среднегодовое количество осадков составляет 500 мм. За теплый период их выпадает до 300 мм [9].

Закладку опыта и математическую обработку данных производили по методике Доспехова [10]. Предшественник – озимая пшеница. Размещение предшественника в севообороте и схема внесения удобрений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Система удобрения зернобобового севооборота

Культура	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ячмень + травосмесь	К	N ₃₀	P ₆₀	K ₁₅₀	N ₃₀ P ₆₀		N ₃₀ K ₁₅₀	P ₆₀ K ₁₅₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₁₅₀
Травосмесь	о								
Травосмесь	н	N ₄₀							N ₄₀
Травосмесь	т	N ₄₀							N ₄₀
Просо	р	N ₆₀	P ₄₀	K ₆₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₃₀	N ₆₀ K ₆₀	P ₃₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀
Озимая пшеница	о	N ₁₂₀	P ₆₀	K ₉₀	N ₁₂₀ P ₆₀	N ₆₀	N ₁₂₀ K ₉₀	P ₆₀ K ₉₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀
Горох	л	N ₃₀	P ₄₀	K ₃₀	N ₃₀ P ₄₀		N ₃₀ K ₃₀	P ₄₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀
Озимая пшеница	ь	N ₁₀₀	P ₆₀	K ₉₀	N ₁₀₀ P ₆₀	N ₆₀	N ₁₀₀ K ₉₀	P ₆₀ K ₉₀	N ₁₀₀ P ₆₀ K ₉₀
В среднем на 1 га	0	N ₆₀	P ₃₆	K ₆₀	N ₄₉ P ₃₆	N ₂₁	N ₄₉ K ₆₀	P ₃₆ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₆ K ₆₀

Повторность трехкратная. Размещение делянок рендомизированное. Площадь делянки 210 м². Фосфорные удобрения вносили в виде аммофоса (12:52%), калийные – КСl (60%) применялись под основную обработку, азотные – в виде аммиачной селитры (34,5%) использовались в подкормку. Травосмесь состояла из люцерны, житняка и костреца. Технология возделывания гороха – общепринятая в зоне. В опыте высевали сорт гороха Аксайский усатый 5. Сроки посева и уборки, нормы посева – оптимальные; посевные качества семян соответствовали первому классу посевных стандартов. За время исследований проводились следующие учеты и определения: учет урожая – прямым комбайнированием (Сампо – 500); определение содержания азота – по методу Кельдаля (ГОСТ 13496.4-93), калия

– пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504-97), фосфора – по ГОСТ 26657-97, массу 1000 семян – по ГОСТ 12042-80.

Результаты и обсуждение

Метеорологические условия оказывают значительное влияние на формирование урожая зерна гороха. В период проведения исследований метеорологические факторы среды характеризовались неравномерным распределением осадков по месяцам в различные годы (табл. 2).

Погодные условия в годы проведения исследований были различными. Три года можно охарактеризовать как остро засушливые: 2007, 2010, 2013. В данные периоды исследований общее количество осадков, выпавшее за год, составляло 318, 408 и 318 мм соответственно. При этом суммы эффективных температур имели достаточно высокие значения, а ГТК составлял 0,45, 0,35 и 0,39 соответственно. Такие погодные условия привели к критически низкому формированию надземной и подземной частей растений и как следствию снижению урожайности, как в данные конкретные годы, так и средней урожайности за весь период проведения исследований. К засушливому году можно отнести 2012 год. Сумма осадков выпавших за год составила 492 мм, что почти соответствует среднегодовым значениям данного показателя. При этом температура воздуха в среднем за год превысила климатическую норму на 0,7° С, а ГТК составил 0,79. Данные условия являлись не благоприятными для развития растений гороха и существенно снижали его продуктивность.

Наиболее благоприятными для роста и развития растений были 2008 и 2009 гг. В данные периоды проведения экспериментов сумма осадков за год составляла 480, 493 мм, что весьма близко к среднегодовым значениям. При этом среднегодовая температура воздуха была ниже или соответствовала многолетним значениям. ГТК составил 0,94 и 0,93 соответственно.

Таблица 2

Метеорологические условия в период проведения исследований (2006-2015 гг.)

Год	За год		За период вегетации гороха		
	Количество осадков, мм	Температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм	Сумма активных температур, °С	ГТК
2006	433	10,1	182	1353	1,34
2007	318	11,8	63	1401	0,45
2008	480	10,4	143	1513	0,94
2009	493	10,1	114	1221	0,93
2010	408	10,7	46	1305	0,35
2011	487	9,4	113	1220	0,92
2012	492	10,3	118	1507	0,79
2013	311	11,2	59	1486	0,39
2014	500	11,1	172	1374	1,25
2015	527	11,6	209	1309	1,59
В среднем на 10 лет	445	10,7	122	1369	0,90
Среднегодовое	500	9,4	-	-	-

Наибольшая влагообеспеченность растений гороха отмечалась в 2006, 2014 и 2015 годах. ГТК составил 1,34, 1,25 и 1,59. Значительное количество осадков, выпавших в период вегетации гороха, в сочетании с повышенной температурой воздуха и суммой активных температур, привели к образованию большой вегетативной массы растений, частичному полеганию стеблестоя и снижению урожайности.

Отзывчивость гороха на все виды удобрений была высокой (табл. 3). Их применение в зависимости от дозы статистически достоверно увеличивало урожайность на 1,1-3,7 ц/га.

Максимальная прибавка урожая, по сравнению с контролем, получена от внесения фосфорных удобрений в дозе P_{40} – 3,7 ц/га, и от полного удобрения в дозе $N_{30}P_{40}K_{30}$ – 3,6 ц/га. Внесение удобрений в дозах N_{30} , K_{30} , $N_{30}K_{30}$ и $P_{40}K_{30}$ увеличивало урожайность на 1,9-2,6 ц/га. В варианте, где непосредственно под горох не вносили удобрения, урожайность, по сравнению с контролем, была выше на 1,1 ц/га. Предположительно данный факт можно объяснить наличием последствия внесенных под предшествующие культуры удобрений. На несколько большую величину возростал данный показатель от совместного применения азотных и фосфорных удобрений в дозе $N_{30}P_{40}$ – 1,6 ц/га.

Таблица 3

Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха и окупаемость 1 кг д.в. удобрений, (среднее за 2006-2015 гг.)

Фон питания	Урожайность, ц/га	Прибавка зерна к контролю	Окупаемость, кг/кг д.в.
Без удобрений (контроль)	18,1	-	-
N_{30}	20,2	2,1	9,9
P_{40}	21,8	3,7	13,1
K_{30}	20,3	2,2	10,4
$N_{30}P_{40}$	19,7	1,6	3,3
без удобрений	19,2	1,1	-
$N_{30}K_{30}$	20,0	1,9	4,5
$P_{40}K_{30}$	20,7	2,6	5,3
$N_{30}P_{40}K_{30}$	21,7	3,6	5,1
НСР	0,35		

Наибольшее значение окупаемости удобрений было отмечено при одностороннем применении фосфорных удобрений (вариант 3), которое составило 13,1 кг/кг д.в. Несколько меньшая величина данного показателя получена при применении калийных удобрений в дозе 30 кг д.в./га (вариант 4) – 10,4 кг/кг д.в. Наименьшие значения данного показателя отмечались при совместном внесении азот- и фосфорсодержащих удобрений – 3,3 кг/кг д.в.

Эффективность применяемых удобрений, кроме урожайности, так же характеризуется динамикой содержания основных питательных веществ в растениях. Наиболее контрастные варианты по содержанию питательных веществ в растениях представлены в таблице 4.

Таблица 4

Влияние удобрений на содержание элементов питания в горохе в зависимости от фазы вегетации, (2007-2009 гг.)

Вариант удобрений, фаза вегетации	Общий азот,	P_2O_5 , %	K_2O , %
Стеблевание			
Без удобрений	4,10	0,94	4,30
$P_{40}K_{30}$	4,09	1,15	4,53
$N_{30}P_{40}K_{30}$	4,12	1,08	4,54
Бутонизация			
Без удобрений	2,92	0,76	2,51
$P_{40}K_{30}$	2,97	0,90	2,78
$N_{30}P_{40}K_{30}$	2,94	0,79	2,71
Полная спелось (зерно)			
Без удобрений	3,67	0,93	1,20
$P_{40}K_{30}$	3,76	1,06	1,27
$N_{30}P_{40}K_{30}$	3,98	1,04	1,24
Полная спелось (солома)			
Без удобрений	0,94	0,27	1,67
$P_{40}K_{30}$	1,03	0,30	2,04
$N_{30}P_{40}K_{30}$	1,06	0,29	2,13

Содержание основных элементов питания в горохе зависело от фона удобрения и фазы вегетации. Так, содержание азота колебалось в среднем от 0,94 до 4,12 %, фосфора – 0,27 - 1,15, калия – 1,20-4,54 %. Самое высокое содержание азота, фосфора и калия отмечено в фазу стеблевания гороха – 4,12 %, 1,15, 4,54 % соответственно. В фазу бутонизации процентное содержание элементов питания в растениях гороха уменьшилось, накопление и нарастание вегетативной массы увеличилось.

Внесение минеральных удобрений повышало относительное содержание макроэлементов в растениях гороха. В среднем по фазам развития гороха, увеличение содержания азота в растениях обеспечивалось при внесении сочетания фосфора и калия и при полной дозе удобрений. В фазу бутонизации гороха прибавка относительно контроля на варианте $P_{40}K_{30}$ составила 1,7%, на вариантах $N_{30}P_{40}K_{30}$ – несколько ниже. Наибольшие прибавки увеличения содержания азота получены в соломе гороха при полном удобрении - 24,7 %. В растениях гороха для всех вариантов опыта динамика содержания фосфора имела тенденцию снижения его концентрации в процессе вегетации растений с достижением минимальных значений к полной спелости в соломе и увеличению в зерне. Минеральные удобрения, вносимые под горох, значительно повысили содержание фосфора на всех вариантах удобрений и обработок почвы от 15 до 30 % в фазу стеблевания. В остальные фазы разница как относительно контроля, так и между изучаемыми вариантами была менее существенной. Содержание калия в культурных растениях неуклонно снижалось на протяжении всего вегетационного периода растений гороха. При внесении полного минерального удобрения отмечалась наибольшая концентрация калия в растениях гороха во все фазы его развития. В соломе гороха, в отличие от других элементов, калия содержалось больше чем в зерне и составило 1,67-2,13 %.

В процессе проведения исследований нами была проведена оценка качественных показателей получаемого зерна гороха. Наиболее контрастные варианты представлены в таблице 5.

Таблица 5

Влияние удобрений на некоторые хозяйственно ценные признаки гороха

Вариант внесения удобрений	Масса 1000 зерен, г	Сбор белка, т/га	Содержание белка, %
Без удобрений	192,6	0,41	22,9
$P_{40}K_{30}$	196,8	0,48	23,5
$N_{30}P_{40}K_{30}$	194,8	0,54	24,9

Анализ полученных данных показал, что максимальное влияние на качественные показатели зерна гороха оказывает внесение полного минерального удобрения ($N_{30}P_{40}K_{30}$). Применение данной дозировки способствовало получению наибольшему содержанию белка в зерне и сбору белка с урожаем.

Выводы

1. В условиях Приазовской зоны Ростовской области при возделывании гороха внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{30}P_{40}K_{30}$ обеспечивает урожайность 21,7 ц/га, повышает содержание белка в урожае до 24,9% и выход белка с 1 га.

2. Наибольшие значения окупаемости удобрений получены при внесении фосфорных, калийных, азотных удобрений в дозах P_{40} , K_{30} , N_{30} – от 13,1 до 9,9 кг/кг д.в.

Литература

1. Заболотских В.В. Влияние минимизации обработки почвы на урожайность гороха и агроэкологические параметры чернозема южного карбонатного Северного Казахстана. // Автореферат на соискан. уч. степ. канд. с.х. наук, Красноярск, 2014. – 19 с.
2. Воскобойников А.В. Влияние различных видов и сочетаний минеральных удобрений на формирование урожая зерна зимующего гороха на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Автореферат на соискан. уч. степ. канд. с.х. наук, Ставрополь, 2013. – 23 с.

3. Авилов А.С. Продуктивность гороха и злаково-бобовой травосмеси в севообороте в зависимости от способа основной обработки почвы и удобрения // Научные аспекты земледелия и животноводства: сб. науч. трудов. Пос. Рассвет, ДЗНИИСХ, 2009. – С. 93-96.
4. Парамонов А.В. Влияние некоторых приемов агротехники на урожайность культур кормового севооборота // Известия Оренбургского ГАУ. 2015. № 3 (53). – С. 50–53.
5. Шевченко Н.А., Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Влияние агротехнических условий и агротехнических приемов на качество зерна озимой пшеницы // Проблемы и перспективы производства сельскохозяйственных культур в южном регионе Российской Федерации: мат. междунар. научно-практич. конф., посвящ. 110-летию юбилею Северо-Донецкой сельскохозяйственной опытной станции. Новочеркасск: Лик, 2014. – С. 67-69.
6. Целуйко О.А., Медведева В.И., Поволоцкая Ю.С. Зависимость химического состава зерна сельскохозяйственных культур от агротехники // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4(48). – С. 37-40.
7. Коробова Н.А. Новые сорта зернового гороха донской селекции // Известия Оренбургского ГАУ. 2015. № 3 (53). – С. 62–65.
8. Лысенко А.А., Коробов А.П., Шапошникова Ю.В. Влияние погодных условий на урожайность и показатели структуры урожайности сортов гороха в условиях Приазовской зоны Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №3. (65). – С. 37-40.
9. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометиздат, 1972. – 252 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Номер №0710-2019-0026 научного задания в соответствии, с которым написана данная статья.

EFFECT OF LONG-TERM USE FERTILIZERS ON PEA YIELD

O. A. Tseluiko, A.V. Paramonov

FSBSI «THE FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTRE OF ROSTOV»

Abstract: *The article presents experimental data on the yield of pea grain, depending on the long-term use of fertilizers and their impact on some economically valuable features. Studies were conducted on ordinary Chernozem in the Azov zone of the Rostov region. The influence of fertilizers on the content of nutrients in plants, productivity and quality of pea grain is considered. Found that in this soil-climatic zone for a long period of mineral fertilizers in the dose of N30P40K30 helps to produce a crop of peas highest protein content in grain to 24.9% and protein harvest from 1 ha. Maximum yield of the target culture were obtained with mineral fertilizers in doses of P40 and N30P40K30 is 21.8 and 21,7 kg/ha respectively. The highest values of fertilizer payback were obtained by applying phosphorus, potassium, nitrogen fertilizers at doses of P40, K30, N30 from 13,1 to 9,9 kg/kg of active substance.*

Keywords: peas, grain, fertilizer doses, yield, payback.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОИ

С.С. РЯБУХА, П.В. ЧЕРНЫШЕНКО, С.И. СВЯТЧЕНКО, И.Н. БЕЗУГЛЫЙ,
кандидаты сельскохозяйственных наук
Т.А. ШЕЛЯКИНА, младший научный сотрудник

ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА ИМЕНИ В.Я. ЮРЬЕВА НААН УКРАИНЫ
E-mail: sergijrabuha@gmail.com

Установлены уровни проявления признаков урожайности и биохимических качеств семян. В среднем за 2011-2017 гг. урожайность составляла 1,40 т/га, содержание в семенах белка 34,8 %, содержание масла – 18,1 %, суммарное содержание белка и масла – 52,9 %. Выявлена значительная дифференциация по уровню проявления признаков урожайности и биохимических качеств семян в зависимости от условий года. Наилучшие условия для формирования урожая семян сои (2,57 т/га) сложились в 2016 г. ($I_j=1,18$), а для накопления белка (38,2%), масла (19,2%) и их суммарного количества (57,4%) в 2014 г. ($I_j=3,36$, $I_j=1,13$ и $I_j=4,49$, соответственно).

Выделены генотипы с высоким уровнем пластичности по отдельным признакам и их комплексу, представляющие ценность для селекции и практического использования. Селекционные номера КСИ 17-17 (Харьковская 35 / 856-344), КСИ 35-17 (Харьковская 54 / Ходсон) показали высокую пластичность по всем изученным признакам. Селекционный номер КСИ 20-17 (Харьковская 35 / Киевская 27) сочетает высокую пластичность по урожайности семян, содержанию в семенах белка и масличности семян. Сорт Эстафета и селекционные номера КСИ 54-17 (отбор из Харьковской 100) и КСИ 41-17 (Pastator Schworke) проявили высокую пластичность по урожайности и суммарному содержанию белка и масла в семенах. Селекционные номера КСИ 26-17 (Витязь 50 / Харьковская скороспелая), КСИ 53-17 (Терезинская 24 / Diermona), КСИ 23-17 (3836 / 76-130), КСИ 36-17 (Харьковская зернокормовая / Юг 30) показали высокую пластичность по содержанию белка, масличности и суммарному содержанию белка и масла в семенах. Селекционный номер КСИ 33-17 (Узколистая / мутант 82-205) является высокопластичным по содержанию белка и суммарному содержанию белка и масла в семенах. Сорт Кобза и селекционный номер КСИ 48-17 (отбор из Романтики) выявили высокий уровень пластичности по признакам содержания белка и масличности семян.

Ключевые слова: соя, сорт, урожайность, белок, масло, содержание, пластичность, стабильность.

Соя является стратегической культурой для украинского земледелия. Её можно высевать на значительной территории «соевого пояса» Украины, который включает Лесостепь, северную, центральную и юго-западную Степь, лесостепные районы Полесья и орошаемые земли южной Степи, где возможен дальнейший рост её площадей до 4 млн га, увеличение производства семян до 10 млн т и поступления биологического азота свыше 450-600 тыс. т. [1]. Экспортно ориентированная отрасль производства и переработки сои имеет важное значение для успешного развития аграрного сектора Украины и укрепления экономики страны. Одним из важнейших условий дальнейшего прогресса отрасли соеопроизводства является наличие современных сортов культуры, пригодных для возделывания в различных экологических условиях.

Важнейшими характеристиками сорта, как средства производства, являются показатели экологической стабильности и пластичности [2-4]. Пластичность и стабильность характеризуют гомеостатичность сорта по отношению к варьированию условий выращивания и показывают его способность к адаптации [5].

S.A. Eberhart и W.A. Russell [6], определяют экологическую пластичность селекционного признака образца, как его среднюю реакцию на изменение условий среды, стабильность и устойчивость. Авторы предложили оценивать экологическую пластичность сортов по двум показателям – коэффициенту регрессии и среднеквадратическому отклонению от линий регрессии (вариансе стабильности). 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. На основании испытания сортов сои в разных гидротермических условиях выращивания можно прогнозировать генетически обусловленную степень стабильности хозяйственно значимых признаков и выделить высокопластичные генотипы.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили на полях научного севооборота Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН в 2011-2017 гг. по предшественнику рожь озимая в соответствии с общепринятыми методиками [7]. Технология выращивания сои – общепринятая для зоны, учётная площадь делянки – 25 м². Содержание белка в семенах определяли методом Къельдаля согласно ГОСТ 10846-91 [8] и на приборе «Инфралюм ФТ-10». Определение содержания масла в семенах проводили методом сухого обезжиренного остатка (гравиметрическим методом) в модификации С.В. Рушковского [9] и на приборе «Инфралюм ФТ-10». Материалом для исследований были пятьдесят образцов сои из питомника конкурсного сортоиспытания, которые включали перспективные селекционные номера и сорта собственной селекции, занесенные в «Государственный реестр сортов растений, пригодных к распространению в Украине» (Госреестр).

Оценка экологической пластичности селекционного материала и варианты её стабильности в селекции основывается на дисперсионном и регрессионном анализе, что позволяет оценить реакцию растений в различных условиях выращивания [10]. Оценку экологической пластичности селекционного признака и варианты его стабильности проводили согласно методики и формул изложенных в работах S.A. Eberhart, W.A. Russel [6], В.З. Пакудина, Л.М. Лопатиной [11].

Коэффициент регрессии (или коэффициент экологической пластичности) (b_i) характеризует среднюю реакцию генотипа на изменение условий среды и показывает пластичность определённого признака, что позволяет прогнозировать его изменчивость в пределах изменений конкретных условий в опыте.

В наших исследованиях изучались важнейшие хозяйственные признаки селекционных образцов сои: урожайность семян, содержание в семенах белка, масла и их суммарного количества в зависимости от гидротермических условий периода вегетации. Гидротермические показатели в период вегетации сои за годы исследований существенно отличались от средних многолетних значений, что хорошо отображает региональные особенности климата и позволило получить объективные результаты (табл. 1).

Средняя температура воздуха и средняя сумма эффективных температур были выше средней многолетней нормы во все годы исследований.

Сумма осадков за период вегетации сои превышала норму в 2011, 2013, 2014, 2016 гг. и была ниже нормы в 2012, 2015 и 2017 гг.

Относительная влажность воздуха была ниже нормы во все годы проведения исследований.

Таблица 1

Гидротермические условия вегетационного периода сои, 2011-2017 гг.

Показатели за период вегетации (апрель-сентябрь)	Год							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	норма
Средняя температура воздуха, °С	18,3	19,3	19,1	18,5	18,9	18,1	18,3	17,1
Сумма эффективных температур, °С	1594,4	1787,7	1573,1	1634,5	1699,4	1607,0	1584,8	1206,0
Сумма осадков, мм	556,4	222,1	376,8	391,8	271,8	371,4	170,5	304,6
Относительная влажность воздуха, %	62	59	62	60	57	63	55	65

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлен средний за 2011-2017 гг. уровень проявления признаков у образцов экспериментальной выборки: урожайность – 1,40 т/га, содержание в семенах белка – 34,8 %, содержания в семенах масла – 18,1%, суммарное содержание белка и масла – 52,9. Анализ полученных результатов показал наличие значительной дифференциации по уровню проявления признаков урожайности и биохимических качеств семян в зависимости от условий года. Наиболее благоприятные для формирования урожайности условия сложились в 2016 г. (индекс условий года $I_j=1,18$), когда уровень урожайности достиг 2,57 т/га. Минимальная урожайность была зафиксирована в 2012 и 2017 гг. – 0,85 т/га и 0,84 т/га при значениях $I_j=-0,55$ и $I_j=-0,56$, соответственно. Значения коэффициента регрессии (b_i) у образцов выборки были в пределах 0,90-1,40, а варианты стабильности (Si^2) – 0,50-0,75 (табл. 2).

Таблица 2

Уровни проявления хозяйственно ценных признаков, пластичность и стабильность селекционного материала сои

Признак, показатель	Годы								Пластичность (коэффициент регрессии) b_i (min-max)	Стабильность (варианса стабильности) Si^2 (min-max)
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	x		
Урожайность, т/га	1,77	0,85	1,20	1,38	1,18	2,57	0,84	1,40	0,90-1,40	0,50-0,75
Индекс условий года, I_j	0,37	-0,55	-0,20	-0,02	-0,22	1,18	-0,56	-	-	-
Содержание белка в семенах, %	34,3	32,9	29,9	38,2	37,4	33,9	37,1	34,8	0,01-1,49	2,07-4,36
Индекс условий года, I_j	-0,49	-1,90	-4,91	3,36	2,54	-0,91	2,31	-	-	-
Содержание масла в семенах, %	17,7	18,8	19,1	19,2	16,8	17,5	17,3	18,1	1,22-3,29	0,68-1,55
Индекс условий года, I_j	-0,37	0,73	1,02	1,13	-1,22	-0,57	-0,72	-	-	-
Содержание белка и масла в семенах, %	52,0	51,7	49,0	57,4	54,2	51,4	54,5	52,9	0,13-1,55	2,18-4,23
Индекс условий года, I_j	-0,86	-1,17	-3,88	4,49	1,32	-1,47	1,59	-	-	-

Оптимальные условия для формирования биохимического состава семян сои сложились в 2014 г. При этом, среднее содержание белка достигало 38,2%, а значение индекса условий года $I_j=3,66$. Максимальная масличность семян была на уровне 19,2 % при значении $I_j=1,13$. Суммарное содержание белка и масла достигало 57,4%, при индексе условий года $I_j=4,49$.

Минимальное содержание белка (29,9%) было в 2013 г., о чем свидетельствует показатель $I_j=-4,91$. Самая низкая масличность семян (16,8%) наблюдалась в 2015 г. при значении $I_j=-1,22$. Минимальное суммарное количество белка и масла – 49,0% – накопилось в 2013 г. при показателе индекса условий года $I_j=-3,88$.

Значения коэффициента пластичности по признаку содержания белка в семенах у образцов выборки находилось в пределах 0,01-1,49, что указывает на значительную дифференциацию генотипов. Вариация стабильности при этом варьировала на уровне 2,07-4,36. Значения b_i у образцов выборки по содержанию масла в семенах были в пределах 0,22-3,29, а значения Si^2 – 0,68-1,55. Для признака суммарного содержания в семенах белка и масла значения b_i составляли 0,13-1,55, а показатели Si^2 – 2,18-4,23.

Анализ образцов экспериментальной выборки по значению коэффициента пластичности позволил выделить наиболее пластичные по урожайности образцы сои (табл. 3).

При этом значения коэффициента пластичности были в пределах 1,20-1,40, а уровень урожайности варьировал от 1,33 т/га до 1,53 т/га.

Наибольшей способностью увеличивать урожайность при улучшении гидротермических условий характеризуются: селекционные номера – КСИ 17-17 ($b_i=1,40$), КСИ 24-17 ($b_i=1,32$), КСИ 19-17 ($b_i=1,28$) и др.; внесенные в Госреестр сорта – Спритна ($b_i=1,29$), Байка ($b_i=1,27$), Эстафета ($b_i=1,25$).

Таблица 3

Высокопластичные по урожайности образцы сои, 2011-2017 гг.

Сорт, селекционный номер	Урожайность, т/га	Пластичность (коэффициент регрессии) b_i	Стабильность (варианса стабильности) Si^2
КСИ 17-17 (Харьковская 35 / 856-344)	1,42	1,40	0,75
КСИ 24-17 (Харьковская 62 / Ходсон)	1,49	1,32	0,73
Спритна	1,41	1,29	0,70
КСИ 19-17 (Харьковская 35 / Fiskeby)	1,37	1,28	0,69
Байка	1,38	1,27	0,70
Эстафета	1,33	1,25	0,68
КСИ 54-17 (отбор из Харьковской 100)	1,40	1,25	0,67
КСИ 35-17 (Харьковская 54 / Ходсон)	1,47	1,25	0,68
КСИ 41-17 (Pastator Schworke)	1,36	1,22	0,67
КСИ 25-17 (отбор из линии № 32)	1,45	1,22	0,65
КСИ 43-17 (Витязь 50 / Мрия)	1,43	1,21	0,66
КСИ 55-17 (Нива, обработка ДЭС 0,05 %)	1,44	1,20	0,65
КСИ 20-17 (Харьковская 35 / Киевская 27)	1,53	1,20	0,64

Выделились образцы с наиболее высокой пластичностью по содержанию белка в семенах (табл. 4).

Значения коэффициента пластичности в пределах данной группы составляли 1,49-1,28, при содержании белка 33,98-35,50 %.

Наиболее высокопластичными генотипами по содержанию белка в семенах являются селекционные номера: КСИ 26-17 ($b_i=1,49$), КСИ 33-17 ($b_i=1,44$), КСИ 17-17 ($b_i=1,42$), КСИ 35-17 ($b_i=1,41$).

К группе высокопластичных генотипов по данному признаку относится и внесенный в Госреестры Украины и РФ сорт Кобза ($b_i=1,31$).

Таблица 4

Высокопластичные по содержанию белка в семенах образцы сои, 2011-2017 гг.

Сорт, селекционный номер	Содержание белка, %	Пластичность (коэффициент регрессии) b_i	Стабильность (варианса стабильности) S_i^2
КСИ 26-17 (Витязь 50 / Харьковская скороспелая)	34,71	1,49	4,29
КСИ 33-17 (Узколистая / мутант 82-205)	35,28	1,44	4,36
КСИ 17-17 (Харьковская 35 / 856-344)	34,57	1,42	3,95
КСИ 35-17 (Харьковская 54 / Ходсон)	34,27	1,41	4,31
КСИ 53-17 (Терезинская 24 / Diermona)	34,86	1,38	3,85
КСИ 36-17 (Харьковская зернокормовая / Юг 30)	34,55	1,37	3,90
КСИ 20-17 (Харьковская 35 / Киевская 27)	34,68	1,32	3,66
КСИ 23-17 (3836 / 76-130)	33,98	1,32	3,73
Кобза	35,34	1,31	3,96
КСИ 48-17 (отбор из Романтики)	35,50	1,28	3,68

В таблице 5 представлены наиболее пластичные образцы сои по признаку масличности семян, со значением коэффициента пластичности 2,41-3,29, при уровне масличности 17,85-18,63 %.

Таблица 5

Высокопластичные по содержанию масла в семенах образцы сои, 2011-2017 гг.

Сорт, селекционный номер	Содержание масла, %	Пластичность (коэффициент регрессии) b_i	Стабильность (варианса стабильности) S_i^2
КСИ 35-17 (Харьковская 54 / Ходсон)	18,18	3,29	1,55
КСИ 26-17 (Витязь 50 / Харьковская скороспелая)	18,63	2,70	1,27
КСИ 53-17 (Терезинская 24 / Diermona)	18,24	2,66	1,33
КСИ 17-17 (Харьковская 35 / 856-344)	17,92	2,59	1,23
Кобза	17,85	2,57	1,32
КСИ 48-17 (отбор из Романтики)	18,10	2,55	1,27
КСИ 23-17 (3836 / 76-130)	18,59	2,52	1,19
КСИ 36-17 (Харьковская зернокормовая / Юг 30)	18,05	2,48	1,16
КСИ 20-17 (Харьковская 35 / Киевская 27)	18,20	2,46	1,19
КСИ 16-17 (Волгоградка / Мрия)	18,06	2,41	1,16
КСИ 37-17 (Успех / Мрия)	18,38	2,41	1,15

Наиболее пластичным по признаку масличности семян оказался селекционный номер КСИ 35-17 ($b_i=3,29$). К высокопластичным по данному признаку относятся также селекционные номера: КСИ 26-17 ($b_i=2,70$), КСИ 53-17 ($b_i=2,66$), КСИ 17-17 ($b_i=2,59$) и др., а также сорт Кобза ($b_i=2,57$).

Экономическая эффективность производства и переработки сои определяется уровнем урожайности и содержанием в их семенах важнейших биохимических составляющих – белка и масла. Важным критерием в комплексе производство – переработка семян сои является показатель совокупного сбора белка и масла [12]. Он определяется как урожайностью, так и

суммарным содержанием белка и масла в семенах. Анализ опытной выборки по данному показателю позволил выделить группу образцов с наибольшей пластичностью по суммарному содержанию в семенах белка и масла. Значение коэффициента пластичности составляло 1,19-1,55 при уровне проявления признака 52,57-53,34 % (табл. 6).

Таблица 6

Высокопластичные по суммарному содержанию белка и масла в семенах образцы сои, 2011-2017 гг.

Сорт, селекционный номер	Содержание белка и масла, %	Пластичность (коэффициент регрессии) b_i	Стабильность (варианса стабильности) S_i^2
КСИ 53-17 (Терезинская 24 / Diermona)	53,11	1,55	4,23
КСИ 26-17 (Витязь 50 / Харьковская скороспелая)	53,34	1,43	4,02
КСИ 33-17 (Узколистая / мутант 82-205)	53,24	1,41	4,03
КСИ 36-17 (Харьковская зернокормовая / Юг 30)	52,68	1,36	3,92
КСИ 41-17 (Pastator Schworke)	53,09	1,35	3,9
КСИ 23-17 (3836 / 76-130)	52,57	1,24	3,42
Эстафета	52,60	1,23	3,41
КСИ 54-17 (отбор из Харьковской 100)	52,93	1,23	3,32
КСИ 35-17 (Харьковская 54 / Ходсон)	53,04	1,19	3,35
КСИ 59-17 (отбор из линии № 31)	52,50	1,17	3,33
КСИ 17-17 (Харьковская 35 / 856-344)	52,49	1,16	3,19

К наиболее пластичным по содержанию белка и масла генотипам сои относятся селекционные номера КСИ 53-17 ($b_i=1,55$), КСИ 26-17 ($b_i=1,43$), КСИ 33-17 ($b_i=1,41$), КСИ 36-17 ($b_i=1,36$) и др., а также зарегистрированный сорт Эстафета ($b_i=1,23$).

Анализ результатов изучения пластичности селекционных образцов сои показал, что отдельные генотипы сочетают высокую пластичность по комплексу признаков. Так, селекционные номера КСИ 17-17, КСИ 35-17 оказались высокопластичными по всему комплексу изучаемых признаков. Селекционный номер КСИ 20-17 сочетает высокую пластичность по урожайности семян, содержанию в семенах белка и масличности семян. Сорт Эстафета и селекционные номера КСИ 54-17 и КСИ 41-17 проявили высокую пластичность по признакам урожайности и суммарного содержания белка и масла в семенах.

Селекционные номера КСИ 26-17, КСИ 53-17, КСИ 23-17, КСИ 36-17 показали высокую пластичность по всем признакам качества семян: содержанию белка, масличности и суммарному содержанию белка и масла в семенах.

Селекционный номер КСИ 33-17 является высокопластичным по содержанию белка и суммарному содержанию белка и масла в семенах.

Сорт Кобза и селекционный номер КСИ 48-17 выявили высокий уровень пластичности по признакам содержания белка и масличности семян.

Выделившиеся по отдельным хозяйственно ценным признакам и их комплексу генотипы представляют ценность как исходный материал для селекции сои на высокую пластичность.

Заключение

Средняя за 2011-2017 гг. урожайность сои составила 1,40 т/га, содержание в семенах белка – 34,8 %, содержания в семенах масла – 18,1%, суммарное содержание белка и масла – 52,9 %. Выявлена значительная дифференциация по уровню проявления признаков урожайности и биохимических качеств семян в зависимости от условий года.

Оптимальные условия для формирования урожайности сои (2,57 т/га) сложились в 2016 г. ($I_j=1,18$). Для накопления белка (38,2 %), масла (19,2 %) и их суммарного количества (57,4 %) наиболее благоприятные условия сложились в 2014 г., когда значения индекса

условий года составляли: $I_j=3,36$ – для содержания белка, $I_j=1,03$ – для содержания масла, $I_j=4,49$ – для суммарного содержания белка и масла.

По результатам изучения пластичности селекционных образцов сои выделены генотипы сочетающие высокую пластичность, как по отдельным признакам, так и по их комплексу. Селекционные номера КСИ 17-17 (Харьковская 35 / 856-344), КСИ 35-17 (Харьковская 54 / Ходсон) показали высокую пластичность по всем изученным признакам. Селекционный номер КСИ 20-17 (Харьковская 35 / Киевская 27) сочетает высокую пластичность по урожайности семян, содержанию в семенах белка и масличности семян. Сорт Эстафета и селекционные номера КСИ 54-17 (отбор из Харьковской 100) и КСИ 41-17 (Pastator Schworke) проявили высокую пластичность по урожайности и суммарному содержанию белка и масла в семенах. Селекционные номера КСИ 26-17 (Витязь 50 / Харьковская скороспелая), КСИ 53-17 (Терезинская 24 / Diermona), КСИ 23-17 (3836 / 76-130), КСИ 36-17 (Харьковская зернокормовая / Юг 30) показали высокую пластичность по содержанию белка, масличности и суммарному содержанию белка и масла в семенах. Селекционный номер КСИ 33-17 (Узколистая / мутант 82-205) является высокопластичным по содержанию белка и суммарному содержанию белка и масла в семенах. Сорт Кобза и селекционный номер КСИ 48-17 (отбор из Романтики) проявили высокий уровень пластичности по признакам содержания белка и масличности семян.

Выделенные селекционные образцы представляют ценность как исходный материал для селекции сортов сои с высокой пластичностью.

Литература

1. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, – 2012. Вип. 71. – С. 12-26.
2. Жученко А.А. Адаптивная селекция растений. Селекция продуктивных сортов. Биология. М.: Знание, 1986. № 12. – С. 4-30.
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. 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., Чайка Н. В., Капустин Ю. С. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2010. – 435 с.
6. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. – 1966. V. 6. – № 1. – P. 36-40.
7. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. К., – 2000. Вип. 1. – 100 с.
8. ГОСТ 10846-91. Зерновые, бобовые и масличные культуры . Сборник Госстандартов. – М., Изд-во стандартов, 1991. – С. 156-161.
9. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е перераб. и дополн. Под ред. д-ра биол. наук А.И. Ермакова. Л.: «Колос», Ленинград. отделение. – 1972. – 456 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.
11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109-113.
12. Лисицын А.Н. Современные требования масложировой отрасли к составу, технологическим и биологическим свойствам маслосодержащего сырья. Сборник докладов междунар. научно-практич. конференции (г. Краснодар, ВНИИМК). Краснодар, – 2003. – С. 11-18.

EVALUATION OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF MODERN SOYBEAN BREEDING MATERIAL

S.S. Ryabuha, P.V. Chernyishenko, S.I. Svyatchenko, I.N. Bezuglyiy, T.A. Shelyakina
PLANT PRODUCTION INSTITUTE ND. A. V. YA. YURYEV OF NAAS UKRAINE

Abstract: The levels of manifestation of traits of yield and biochemical qualities of seeds are established. On average for 2011-2017 the yield was 1,40 t/ha, the protein content in the seeds was 34,8 %, the oil content was 18,1 %, and the total protein and oil content was 52,9 %. Significant differentiation by the level of manifestation of signs of productivity and biochemical qualities of seeds depending on the conditions of the year was revealed. The best conditions for the formation of a soybean seed crop (2,57 t/ha) in 2016 ($I_j = 1,18$), and for the accumulation of protein (38,2 %), oil (19,2 %) and their total amount (57,4 %) in 2014 ($I_j = 3,36$, $I_j = 1,13$ and $I_j = 4,49$, respectively) were established.

Genotypes with a high level of plasticity according to individual traits and their complex, which are of value for breeding and practical use, have been identified. Breeding numbers KSI 17-17 (Harkovskaya 35 / 856-344), KSI 35-17 (Harkovskaya 54 / Hodson) showed high plasticity according to all the studied traits. The breeding number KSI 20-17 (Harkovskaya 35 / Kievskaya 27) combines high plasticity in terms of seed yield, protein content and oil content in seeds. Variety Estafeta and breeding numbers KSI 54-17 (selection from Harkovskoy 100) and KSI 41-17 (Pastator Schworke) showed high plasticity in terms of yield and total protein and oil content in seeds. Breeding numbers KSI 20-17 (Vityaz 50 / Harkovskaya skorospelaya), KSI 53-17 (Terezinskaya 24 / Diermona), KSI 23-17 (3836 / 76-130), KSI 36-17 (Harkovskaya zernokormovaya / Yug 30) showed high plasticity in terms of protein, oil content and total protein and oil in seeds. Breeding number KSI 33-17 (Uzkolistaya / mutant 82-205) is highly plastic in terms of protein content and total protein and oil content in seeds. Variety Kobza and breeding number KSI 48-17 (selection from Romantics) revealed a high level of plasticity based on protein content and oil content of seeds.

Keywords: soybean, variety, yield, protein, oil, content, plasticity, stability.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11133

УДК 633.12: 581.144.4: 581.132

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТЬИЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПАРОВ ВОДЫ ЛИСТЬЯМИ РАСТЕНИЙ СОИ GLYCINE MAX (L.) MERR.

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук
Е.И. ЧЕКАЛИН, В.В. ЗАЙКИН, Н.Б. САЛЬНИКОВА*,
кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА», E-mail: amelin_100@mail.ru

* ТУЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
– ФИЛИАЛ ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

В условиях полевых и вегетационных опытов на интактных растениях в режиме реального времени изучен характер проявления устьичной проводимости паров воды листьями растений сои *Glycine max* (L.) Merr. Показано, что наиболее высокая активность устьиц листьев отмечается в период плодообразования и массового налива семян, а затем она начинает медленно снижаться, достигая минимальных значений к фазе зеленой спелости бобов, что положительно коррелирует с проявлением у растений интенсивности транспирации и фотосинтеза. В вегетационных опытах коэффициент корреляции между устьичной

проводимостью, интенсивностью транспирации и интенсивностью фотосинтеза листьев составлял соответственно +0,78 и +0,63, а в полевых условиях его значение по фазам роста варьировало от 0,48 до 0,62. При этом, наиболее активны верхние листья растений, устьичная проводимость которых максимально проявлялась с 8:00 до 10:00 часов, а затем заметно снижалась, достигая минимума к 17:00. На устьичную проводимость листьев сои существенное влияние оказывают и погодные условия их вегетации, в частности водный режим. В специальных вегетационных опытах показано, что при уменьшении влажности почвы с 70 до 30% от полной влагоемкости, устьичная проводимость водяных паров снижается в 1,97 раз в фазу плоского боба, и в 2,75 раз в фазу зеленой спелости бобов. В годы исследований ее значение у опытных растений изменялась от 0,31 до 1,45 моль H_2O m^2/c . Наиболее значимые показатели были зарегистрированы в 2016 и 2017, а наименьшие – в 2015 и 2018 годы, когда во время вегетации растений отмечалось пониженное количество атмосферных осадков - гидротермический коэффициент увлажнения составлял 0,70 и 0,83, соответственно.

Ключевые слова: растения сои, физиология, устьичная проводимость паров воды, интенсивность фотосинтеза, интенсивность транспирации.

Устьичная проводимость листьев является важным механизмом регулирования и обеспечения эффективности процессов транспирации и фотосинтеза [1] и вследствие этого существенно может влиять на интенсивность роста растений и формирование ими конечного урожая [2, 3]. Известно, что транспирация листьев защищает от перегрева и обезвоживания в сухую и жаркую погоду, обеспечивая передвижение поглощённых корнями минеральных веществ из почвы вверх по растению [4], а за счет их фотосинтетической деятельности может формироваться до 95% сухого вещества урожая сельскохозяйственных культур [5]. Поэтому, представляется весьма актуальным проводить учет устьичной проводимости листьев культурных растений, чтобы эффективно влиять не только на их транспирационную и фотосинтетическую активность, но и, в целом, на продукционный процесс [6].

С учетом этого нами были проведены многолетние полевые эксперименты по выявлению видовых особенностей устьичной проводимости паров воды листьями растений сои, результатам которых и посвящена данная научная статья.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в рамках тематического плана ЦКП Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с Тульским НИИСХ (филиал ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»). Объектом физиологического анализа служили 65 коллекционных образцов ВИР, привлеченных из стран с широким возделыванием культуры: России, Белоруссии, Украины, Канады, США, Швеции, Бельгии, Великобритании, Польши, Германии, Франции, Молдовы, Румынии, Чехословакии, Словакии, Югославии, Японии.

Опытный материал выращивался в полевых условиях Тульского НИИСХ на делянках площадью 10 m^2 , повторность – 4-х кратная, размещение рендомизированное. Посев осуществлялся селекционной сеялкой из расчета 600 тыс. всхожих семян на га. Уход за посевами выполняли в соответствии с рекомендуемыми для региона мероприятиями.

Устьичную проводимость паров воды, интенсивность транспирации и фотосинтеза листьев у опытных сортообразцов оценивали по оригинальной методике немецкой фирмы Heinz Walz GmbH с помощью переносного газоанализатора марки GFS-3000 FL. Учет проводили в полевых условиях с 8:00 до 11:00 часов дня в режиме реального времени на интактных растениях в разные фазы роста на центральной листовой пластине тройчатого листа, расположенного на 4 сверху узле главного побега растений.

Погодные условия в период роста и развития растений в годы исследований были различными. Вегетационные периоды 2015 и 2018 гг. были с недостаточным увлажнением (Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова составлял 0,70 и 0,83, соответственно). Тогда как в 2016 и 2017 гг. наблюдалось относительно избыточное

увлажнение – ГТК был равен 1,59 и 1,68. Метеорологические условия в период вегетации растений в 2017 году были наиболее оптимальными для культуры – отмечалась относительно теплая и влажная погода.

Математическую и статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью современных компьютерных программ с учетом методических рекомендаций Б.А. Доспехова (1985).

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования подтвердили, что величина устьичной проводимости листьев растений существенно зависит от видовых их особенностей и условий произрастания. По данным вегетационных опытов, у растений сои вида *Glycine max* (L.) Merr. наиболее заметно проявляется активность устьица листьев в период плодообразования и массового налива семян, а затем начинает медленно снижаться, достигая минимальных значений к фазе зеленой спелости бобов.

В фазу плоского боба значение данного показателя у опытных растений сои была в среднем на 20, 92, 82 и 115%, соответственно больше по сравнению с фазами роста «5-6 настоящих листьев», «бутонизация», «цветение» и «зеленая спелость бобов».

Выявленные в онтогенезе растений различия по устьичной проводимости листьев, были тесно связаны с характером проявления у них транспирационной и фотосинтетической активности. Согласно полученным экспериментальным данным, наиболее высокая интенсивность транспирации и фотосинтеза также отмечалась в период плодообразования и массового налива семян (рис. 1).

Коэффициент корреляции между устьичной проводимостью, транспирационной и фотосинтетической активностью листьев составлял в среднем +0,78 и +0,63 соответственно, а в полевых опытах его значение по фазам роста варьировало от 0,48 до 0,62.

По нашему мнению, установленная положительная связь между рассматриваемыми показателями обусловлена, прежде всего, особенностями донорно-акцепторных отношений между фотоассимилирующими и запасными центрами, которые в период генеративного развития смещаются в пользу полезно хозяйственных органов, из-за чего резко возрастает на листья плодовая нагрузка и как ответная реакция – их транспирационная и фотосинтетическая активность.

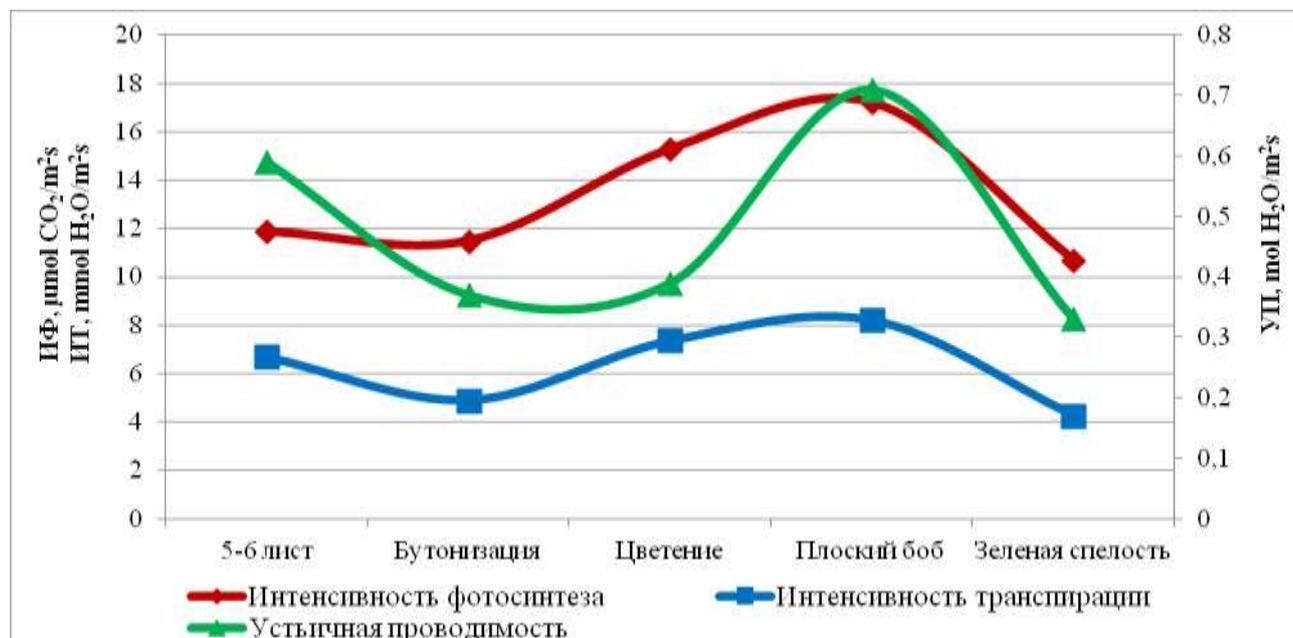


Рис. 1. Изменение устьичной проводимости (УП), интенсивности фотосинтеза (ИФ) и транспирации (ИТ) в онтогенезе растений сои при 70% влажности почвы от ПВ, данные вегетационного опыта 2015-2016 гг.

Показано также, что у растений сои, как и других сельскохозяйственных культур, наибольшей устьичной проводимостью, интенсивностью транспирации и фотосинтеза, обладают листья, расположенные в верхнем ярусе растений. Величина данного показателя у нижних листьев была в среднем 2,3 раза меньше, чем у листьев средних ярусов, и в 2,4 раза – по сравнению с верхними (рис. 2).

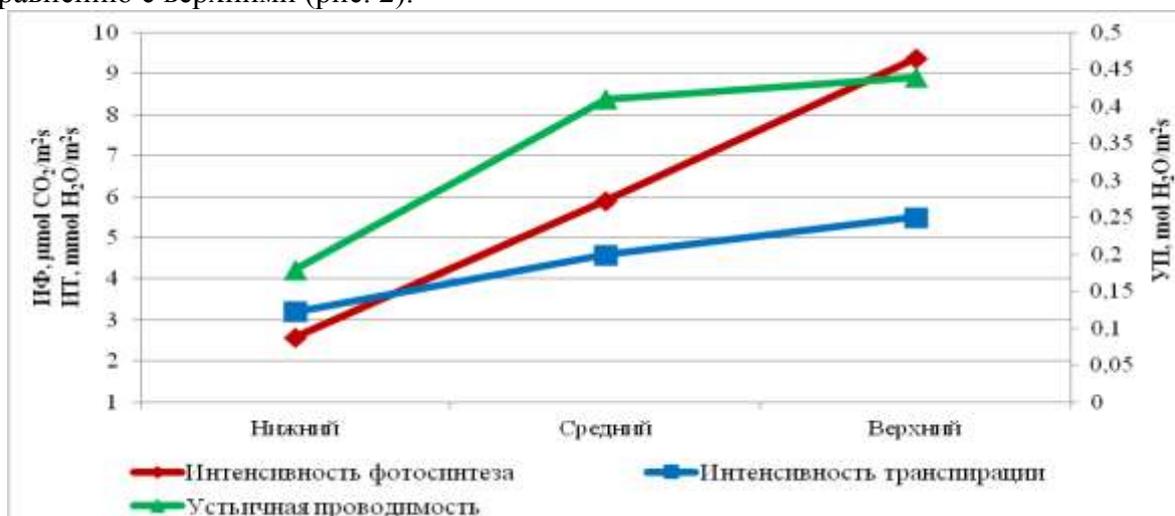


Рис. 2. Устьичная проводимость паров воды (УП, моль $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{с}$), интенсивность фотосинтеза (ИФ, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{с}$) и интенсивность транспирации (ИТ, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{с}$) разных по расположению листьев растений сои в фазу плоского боба, 2017-2018 гг.

Во многом схожие результаты по ярусной устьичной активности листьев у культурных растений приводят и другие ученые [7, 8].

Различная устьичная проводимость у листьев разных ярусов растений объясняется в основном разными внешними условиями их функционирования и физиологическим возрастом [8]. Нижние листья более затененные и старые по возрасту, из-за чего в период налива семян в них начинают активно проявляться процессы деструктуризации, что приводит, в частности, к резкому ухудшению устьичной проводимости и, как следствие, снижению их транспирационной и фотосинтетической активности. Тогда как верхние более молодые листья, не только лучше освещены и обеспечены углекислым газом, но и несут основную плодовую нагрузку, что приводит к увеличению интенсивности их работы. Коэффициент корреляции ИФ с ИТ и УП был достаточно высоким и колебался по ярусам от 0,93 до 0,98, соответственно.

В течение светового дня, максимальное значение устьичной проводимости отмечалась в период между 8 и 10-ю часами по московскому времени, а затем она устойчиво снижалась, достигая минимума к 17:00. В 9:⁰⁰ ее величина составляла 0,92 моль $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{с}$, тогда как в 11:³⁰ она была меньше на 19,6%, в 13:⁰⁰ – на 21,7%, в 15:⁰⁰ – на 48,9%, а в 17:⁰⁰ – на 64,1% (рис. 3).

Низкая активность устьичной проводимости в ранние утренние часы (до 8:⁰⁰) очевидно обусловлена невысокой интенсивностью света и насыщенностью клеток водой, а резкий спад ее в послеобеденное время (после 13:⁰⁰ часов) – экстремальным воздействием на листья температуры воздуха, которая достигает к этому времени максимальных значений, приводя к потере тургора клетками и эффективности фотосинтеза, что заставляет растения экономить воду на транспирацию, на поддержание которой может затрачиваться более 60% образуемой энергии. В тоже время, снижение устьичной проводимости в вечернее время может быть связано с закрыванием устьиц в ночное время [9].

То есть, фотосинтез и транспирация листьев взаимосвязаны между собой устьичной проводимостью, которая определяет активность и эффективность их протекания, и в следствие этого существенно может влиять на интенсивность роста растений и формирование ими конечного урожая [1, 2, 10].

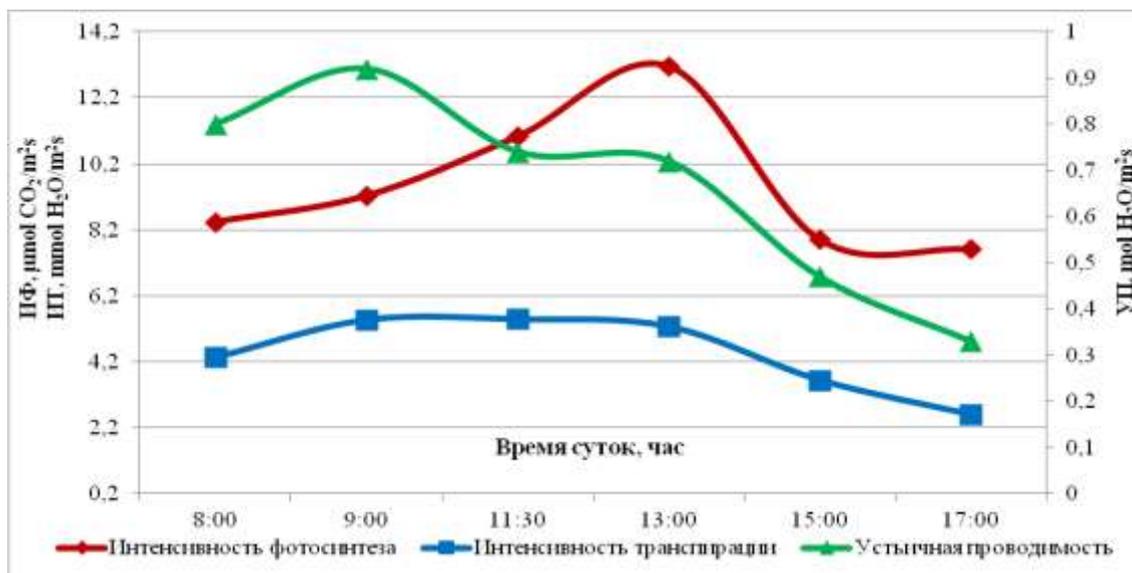


Рис. 3. Дневной ход устьичной проводимости (УП) молекул воды листьями растений сои в фазу цветения, 2017 г.

При этом важно учитывать, что на самую устьичную проводимость листьев растений существенное влияние могут оказывать погодные условия их вегетации, в частности водный режим. В годы исследований ее значение у опытных растений изменялась от 0,31 до 1,45 моль $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{c}$. Наиболее значимые показатели были зарегистрированы в 2016 и 2017, а наименьшие – в 2015 и 2018 годы, когда во время вегетации растений отмечалось пониженное количество атмосферных осадков – гидротермический коэффициент увлажнения составлял 0,70 и 0,83, соответственно.

Во многом схожие экспериментальные данные получены по фотосинтетической и транспирационной активности листьев. В условиях 2015 года ИФ и ИТ составляла всего 2,57 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ и 3,70 $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$, что было в среднем в 4,2 и 2,1 раза меньше по сравнению с 2016-2018 годами, соответственно (рис. 4).

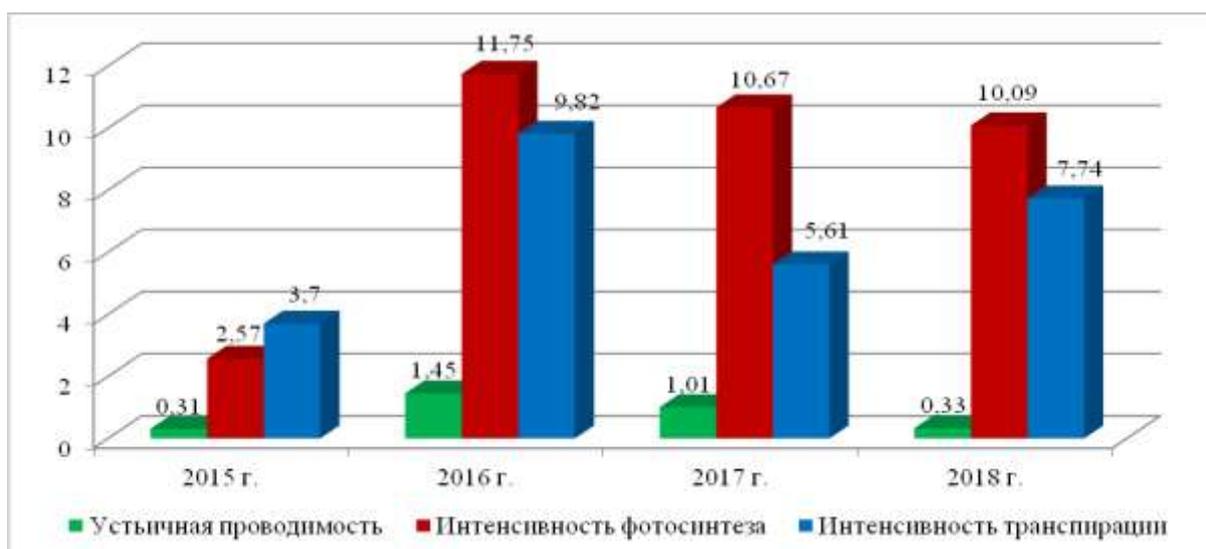


Рис. 4. Проводимость паров воды устьицами (УП, моль $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{c}$), интенсивность фотосинтеза (ИФ, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) и интенсивность транспирации (ИТ, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$) листьев растений сои, фаза плодообразования

В специальных вегетационных опытах показано, что при уменьшении влажности почвы с 70 до 30% от полной влагоемкости (ПВ), устьичная проводимость водяных паров снижается в 1,97 раз в фазу плоского боба, и в 2,75 раз в фазу зеленой спелости бобов (табл.). В конечном итоге это приводит к повреждению фотосинтезирующего аппарата вследствие нарушения баланса между поглощенной и преобразованной солнечной энергии [11, 12].

Таблица

Значение устьичной проводимости паров воды (УП) в зависимости от влажности почвы* у сортов сои в разные фазы роста, вегетационный опыт 2015-2016 гг.

Сорт	УП, mol H ₂ O/m ² s			
	фаза плоского боба		фаза зеленой спелости	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Свапа	0,77	0,39	0,34	0,13
Припять	0,65	0,36	0,31	0,11
Среднее	0,71	0,38	0,33	0,12
НСР₀₅	0,07	0,11	0,09	0,04

*Контроль – 70% от ПВ, опыт – 30% от ПВ

Заключение

Таким образом, устьичная проводимость листьев сои выступает важным регулятором фотосинтеза и транспирации, без которых невозможны рост и развитие растений. Ее воздействие на процессы осуществляется посредством открытия и закрытия устьица листьев в зависимости от складывающихся погодных условий вегетации [11].

У листьев растений сои устьичная проводимость, интенсивность фотосинтеза и транспирации очень тесно взаимосвязаны, степень и характер проявления которых существенным образом зависит от биологических особенностей культуры, места расположения листьев на растении, времени суток, фазы роста и периода развития, что необходимо учитывать при оценке генетических ресурсов культуры по показателям фотосинтетической и транспирационной активности.

Литература

1. Atkinson C.J., Policarpo M., Webster A.D., Kingswell G. Drought tolerance of clonal Malus determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential // Tree Physiology. – 2000. Vol. 20. – Is. 8 – P. 557-563. Doi: <https://doi.org/10.1093/treephys/20.8.557>
2. Li F., Cohen S., Naor A., Shaozong K, Erez A. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks / // Agricultural Water Management. – 2002. – Vol. 55. – P. 1-14. – Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00184-6).
3. Ort D.R., Merchant S.S., Alric J., Barkan A. et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand // PNAS. – 2015. – V. 112. – №. 28. – P. 8529–8536. – Doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>.
4. Лебедев С.И. Физиология растений // – М.: Агропромиздат. – 1988. – 544 с.
5. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений // Пушино: НЦ БИ АН СССР, – 1979. – Т.3. – 37 с.
6. Farquhar G.D. Ehleringer J.R., Hubick K.T Carbon isotope discrimination and photosynthesis // Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. – 1989. – V. 40. – P. 503-537.
7. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Особенности устьичной проводимости молекул воды листьями растений гречихи посевной *Fagopyrum Esculentum* Moench.. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4(28). – С. 54-59.

8. 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.
9. Дустов Н.Ш., Акназаров О.А. Дневной и сезонный ход интенсивности транспирации листьев персика (*Persica vulgaris* Mill.) в условиях Западного Памира // Доклады академии наук республики Таджикистан. – 2013. – № 1. – Т. 56. – С. 65-71.
10. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D., Lu Z.-M., Condon A.G., Saavedra A.L Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthesis rate, and cooler canopies // Crop Science. – 1998. – Vol. 38. – N.6. – P. 1467–1475. – Doi: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800060011x.
11. Bertolli S.C., Rapchan G.L., Souza G.M Photosynthetic limitations caused by different rates of water-deficit induction in *Glycine max* and *Vigna unguiculata* // Photosynthetica. – 2012. – N 50 (3). – P. 329-336. – Doi: 10.1007/s11099-012-0036-4.
12. Lawlor D.W., Tezara W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes // Annals of Botany. – 2009. – Vol. 103. – Is. 4. – P. 561–579. – Doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn244>.

SPECIFIC FEATURES OF STOMATAL CONDUCTIVITY OF WATER VAPOR BY LEAVES OF PLANTS *GLYCINE MAX* (L.) MERR.

A.V. Amelin, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin, N.B. Salnikova*

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL ESTABLISHMENT OF HIGHER EDUCATION «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

*TULA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — BRANCH OF FSBSI FRC «NEMCHINOVKA»

Abstract: *Stomatal conductance of water vapor by plant leaves of *Glycine max* (L.) Merr was studied under the conditions of field and vegetation experiments on intact plants. It was shown that the highest activity of leaf stomata is observed during the period of fruit formation and filling of seeds, and then it begins to slowly decrease, reaching minimum values for the phase of green ripeness of beans, which positively correlates with transpiration and photosynthesis of plants. In vegetation experiments, the correlation coefficient between stomatal conductance, transpiration rate, and leaf photosynthesis rate was +0,78 and +0,63, respectively, and in the field, its value in the growth phases varied from 0,48 to 0,62. The upper leaves of plants are most active, stomatal conductance was maximally from 8:00 to 10:00 tame, and then markedly decreased, reaching a minimum by 17:00. The stomatal conductance of soybean leaves is also significantly affected by the weather conditions of their vegetation, in particular, the water regime. In special vegetation experiments, it was shown that when the soil moisture decreases from 70 to 30% of the total moisture capacity, stomatal conductance of water vapor decreases 1,97 times in the phase of a flat bean, and 2,75 times in the phase of green ripeness of beans. During the years of research, its value in experimental plants varied from 0,31 to 1,45 mol H₂O m² / s. The most significant indicators were recorded in 2016 and 2017, and the lowest – in 2015 and 2018, when during the vegetation of plants a reduced amount of precipitation was noted – the hydrothermal coefficient of moistening was 0,70 and 0,83, respectively.*

Keywords: soybean plants, physiology, stomatal conductivity of water vapor, rate of photosynthesis, rate of transpiration.

ПОИСК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИНОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ

А.Г. ВАСИЛЬЧИКОВ, кандидат биологических наук

А.С. АКУЛОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Исследования проведены в 2018-2019 гг. Изучена отзывчивость новых линий сои (Л-85 и ЛС-10) на инокуляцию набором новых активных штаммов ризобий 634, 645, 650 в сравнении со стандартом Ланцетная на темно-серой лесной среднесуглинистой почве. Схема опыта включала: контроль (без инокуляции и внесения удобрений); варианты с инокуляцией штаммами 634, 645 и 650, а также вариант с внесением минерального азота в дозе 60 кг д. в./га. Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10 м². Посев проводили сеялкой СКС-6-10 широкорядным способом (ширина междурядий 45 см) во вторую декаду мая. Норма высева – 600 тыс. всхожих семян/га. Как инокуляция семян, так и внесение минерального азота в дозе 60 кг/га вызывали повышение урожайности сои. По итогам двухлетних испытаний лучшие результаты были отмечены при сочетании сорта Ланцетная и линии ЛС-10 со штаммом 634 (+2,7 и +1,4 ц/га) и линии Л-85 со штаммом 650 (+2,2 ц/га). Наиболее эффективным из испытанных штаммов был штамм 634.

Ключевые слова: соя, инокуляция, азотфиксация, штамм.

Соя – уникальная по биологическим и хозяйственным свойствам сельскохозяйственная культура многогранного использования. 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. Поэтому увеличение производства сои прямо связано со стратегией импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны.

В последние годы мировое производство сои колеблется в районе 340-350 миллионов тонн [2]. Производство сои в России продолжает сохранять положительную динамику: 3,6 млн. тонн в 2017 году, 4 млн. тонн в 2018 и более 4,5 млн. тонн в 2019 году. При этом основной рост производства сои происходит за счет увеличения посевов в Центральном регионе России (Курская, Белгородская, Орловская области) [3]. Ценность сои, помимо пищевых и кормовых достоинств, определяется тем, что она способна покрывать свои потребности в азоте благодаря формированию симбиоза с клубеньковыми бактериями. Симбиоз сои с клубеньковыми бактериями – одна из наиболее эффективных растительно-микробных систем, формирующих процесс биологической азотфиксации, имеющий огромное экологическое и практическое значение. Инокуляция растений высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий повышает продуктивность бобовых в среднем на 10-25% [4].

При активном связывании симбиотического азота соя может поглощать из воздуха до 200 кг/га азота, удовлетворяя на 60-70% потребность в нём и восполняя почвенные запасы азота за счет растительных остатков [5, 6]. Эффективным способом повышения продуктивности сои является поиск новых более активных штаммов ризобий и бактериализация семян препаратами, изготовленными на основе этих штаммов. Наличие такого явления как

сорто-штаммовая специфичность позволяет подобрать штаммы, наиболее эффективно взаимодействующие с определенными сортами сои [7].

В связи с этим, выявление сортообразцов, наиболее подходящих для почвенно-климатических условий конкретного региона, разработка энергетических и экономически выгодных приемов повышения продуктивности сои, на основе оптимизации условий симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов за счет инокуляции семян активным штаммом ризобий является актуальной задачей.

Методика исследований

Исследования проводили в 2018-2019 гг. в полевых условиях на опытном участке лаборатории генетики и биотехнологии с использованием Методики полевого опыта [8]. Была проведена оценка отзывчивости на нитрагинизацию двух перспективных линий сои селекции ФНЦ ЗБК (Л-85 и ЛС-10). В качестве контроля использовали сорт Ланцетная. На каждом сорте закладывали следующие варианты: 1. – контроль без инокуляции, 2. – с внесением минерального азота в дозе 60 кг действующего вещества на гектар, варианты 3, 4, 5 – с инокуляцией штаммами 634, 645 и 650.

Почва опытного участка темно-серая лесная тяжелосуглинистая с пахотным слоем 28-30 см. Уровень плодородия характеризовался следующими показателями: рН солевой вытяжки 4,9-5,0, содержание гумуса 5,0-5,4%, содержание подвижных форм питательных веществ на 100 г почвы: P₂O₅ по Кирсанову 11,4-14,5 мг, K₂O по Кирсанову 5,7-12,3 мг. Предшественник – озимая пшеница. Зяблевая вспашка проводилась в сентябре на глубину 23-25 см. Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10 м². 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. Предпосевная обработка почвы включала ранневесеннее боронование, основную и предпосевную культивации. Посев проводили в середине второй декады мая. Формирование симбиотического аппарата оценивали по количеству и массе клубеньков на корнях растений. Учёт урожая семян – поделяночно, путем сплошного обмолота комбайном Сампо-130. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову [8], методом дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта. Для расчета экономической эффективности использовали средние оптовые цены: стоимость семян сои – 22000 руб./т, аммиачной селитры – 1500 руб./ц, гектарная доза ризотрифина – 500 руб.

Результаты исследований

Климатические условия вегетационного периода 2018 года по температурному режиму характеризовались теплой погодой. Средняя температура воздуха на протяжении всего периода вегетации была выше среднегодовой на 1,1-4,0⁰С. Количество осадков за вегетационный период сои составило 201,6 мм, или 70% от среднегодового уровня, что является недостаточным для оптимального развития сои, однако характер их выпадения был достаточно благоприятным. Обильные осадки июля (109 мм или 136% от среднегодового уровня) в период формирования репродуктивных органов способствовали закладке достаточно высокого урожая. Засушливые условия августа оказали негативное влияние на размер полученного урожая, но в то же время, высокая температура воздуха способствовала более быстрому созреванию сои.

В 2019 году климатические условия характеризовались высокой контрастностью. Если в первой половине вегетации средняя температура воздуха по месяцам была выше среднегодовой на 2,4-3,9⁰С, то во второй половине этот показатель составлял – 0,7- (+0,2⁰С). Количество и характер распределения осадков носило скорее неблагоприятный характер для формирования высокого урожая сои (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия в период вегетации сои в 2018-2019 гг.

Показатели		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Ср. многолетние осадки, мм		53	61	80	67	57
Ср. многолетняя температура, t°		13.0	16.9	18.5	17.1	11.7
Осадки, мм	2018	31,9	16,1	109,0	16,5	41,5
	2019	105,9	37,6	85,9	37,8	43,9
Ср. температура	2018	17,0	18,0	20,5	19,7	16,0
	2019	16,2	20,7	17,3	17,2	12,8

Сумма осадков составила 218,5 мм, или 76% от среднемноголетнего уровня, а характер их выпадения был недостаточно оптимальным. Обилие осадков в первой половине мая несколько затянули сроки посева, однако пополнили запасы почвенной влаги. Условия июня по гидротермическому коэффициенту характеризовались как сильно засушливые, что препятствовало оптимальному формированию вегетативной массы. Обильные осадки июля (86 мм или 107% от среднемноголетнего уровня) в период формирования репродуктивных органов способствовали закладке достаточно высокого урожая, однако понижение температуры в две первые декады июля до 16,3⁰С, а в первую декаду августа – до 14,9⁰С оказало явно негативное воздействие. К этому стоит приплюсовать засушливые условия августа, которые лимитировали формирование урожая, хотя и ускорили созревание сои.

Эффективность симбиотических растительно-микробных систем, изучаемых в ходе полевых опытов, в значительной мере определяется теми же факторами, которые влияют на развитие сои.

В 2019 году учет формирования симбиотической системы был проведен, как и в 2018 в фазу цветения (линия ЛС-10) – формирования бобов нижнего яруса (сорт Ланцетная).

В результате длительного возделывания сои в почве опытного участка к моменту проведения опытов сформировалась многочисленная местная популяция клубеньковых бактерий, что подтверждается формированием на корнях растений контрольного варианта клубеньков в том же количестве, что и на инокулированных (табл. 2).

Применение более активных штаммов по сравнению с местными клубеньковыми бактериями, может проявляться как в повышении урожайности, так и по влиянию на содержание белка в семенах сои. Необходимо отметить, что в 2019 году редуцирующее влияние внесения минерального азота на формирование азотфиксирующих клубеньков было менее выраженным, чем в 2018 году (табл. 2).

Уборка сои проводилась при наступлении полной спелости прямым способом комбайном Сампо 130. Сорт Ланцетная и линия Л-85 были убраны 7 сентября в 2018 году и 9 сентября в 2019 году, линия ЛС-10 соответственно 19 и 24 сентября.

Таблица 2

Влияние инокуляции на показатели симбиотической активности сортов сои

Варианты	Ланцетная				Л-85				ЛС-10			
	Кол-во клубеньков		Масса клубеньков		Кол-во клубеньков		Масса клубеньков		Кол-во клубеньков		Масса клубеньков	
	шт/р.		мг/р.		шт/р.		мг/р.		шт/р.		мг/р.	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Контроль	26	16	315	197	64	28	768	680	28	22	384	487
N ₆₀	24	21	214	321	55	25	619	421	20	22	182	422
Штамм 634	38	26	343	471	72	28	947	431	25	24	368	500
Штамм 645	30	18	394	300	73	25	970	460	29	19	320	478
Штамм 650	25	18	352	342	50	25	689	560	30	21	297	549

По фактору сорта наиболее урожайной по итогам двух лет была линия ЛС-10 – 26,5 ц/га (табл. 3). По фактору инокуляции как обработка инокулянтами, так и внесение минерального азота оказало достоверно положительное влияние на урожай семян, по сравнению с контролем.

По итогам двухлетних испытаний лучшие результаты были отмечены при сочетании сорта Ланцетная и линии ЛС-10 со штаммом 634 (+2,7 и +1,4 ц/га) и линии Л-85 со штаммом 650 (+2,2 ц/га).

Наиболее эффективным из испытанных штаммов по итогам двух лет оказался штамм 634. Средний урожай на трех сортах при инокуляции этим штаммом составил 25,8 ц/га при урожае на контроле 24,2 ц/га (+1,6 ц/га) (табл. 3).

Таблица 3

Влияние инокуляции на урожайность сортов сои (ц/га)

Варианты	Ланцетная		Л-85		ЛС-10		Ср. за 2018-2019 гг.			Ср. по варианту
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	Ланцетная	Л-85	ЛС-10	
Контроль	23,6	20,6	25,1	24,2	28,1	23,4	22,1	24,6	25,8	24,2
N ₆₀	24,5	23,4	27,0	26,3	28,9	24,2	24,0	26,6	26,6	25,7
Штамм 634	26,7	23,0	25,3	25,5	29,9	24,4	24,8	25,4	27,2	25,8
Штамм 645	24,4	21,3	26,0	25,3	29,8	23,7	22,8	25,6	26,8	25,1
Штамм 650	24,9	22,2	27,7	26,0	29,1	23,4	23,6	26,8	26,2	25,5
Среднее по сорту	24,8	22,1	26,2	25,5	29,2	23,8				
Среднее за 2 года	23,4		25,8		26,5					
НСР ₀₅ 2018	Для сорта 0,97, для штамма – 1,25 ц/га									
НСР ₀₅ 2019	Для сорта 0,86, для штамма – 1,10 ц/га									

Превышение спроса над предложением, которое обеспечивает на сегодняшнем этапе сельскохозяйственное производство, создает довольно комфортный уровень цен на соевые бобы.

Рентабельность производства составляет около 100% при урожайности 15 ц/га и увеличивается при её росте, который может обеспечиваться либо интенсификацией технологий возделывания, либо введением в культуру более урожайных сортов, либо сочетанием обоих этих факторов.

В наших опытах наибольший уровень рентабельности отмечен на варианте с инокуляцией линии ЛС-10 ризоторфином на основе штамма 634 – 190% (табл. 4).

Применение минерального азота понижало рентабельность до 158%. При этом фактический экономический эффект уходил в минус, что подтверждается многими исследованиями о неэффективности применения азотных удобрений на сое при высоком уровне симбиотической азотфиксации.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения инокулянтов на сое (ср. за 2018-2019 гг.)

Показатели	Контроль	N ₆₀	Штамм 634	Штамм 645	Штамм 650
Сорт Ланцетная					
Урожайность, ц/га	22,1	24,0	24,8	22,8	23,6
Стоимость валовой продукции, руб./га	48620	52800	54560	50160	51920
Производственные затраты, руб./га	20100	22650	20600	20600	20600
Себестоимость, руб./ц	909,5	943,8	830,6	903,5	872,9
Условно чистый доход, руб./га	28520	30150	33960	29560	31320
Уровень рентабельности, %	142	133	165	143	152
Фактический экономический эффект, руб./га		1630	5440	1040	2800

Продолжение табл. 4

Л-85					
Урожайность, ц/га	24,6	26,6	25,4	25,6	26,8
Стоимость валовой продукции, руб./га	54120	58520	55880	56320	58960
Производственные затраты, руб./га	20100	22650	20600	20600	20600
Себестоимость, руб./ц	817,1	851,5	820,7	804,7	768,7
Условно чистый доход, руб./га	34020	35870	35280	35720	38360
Уровень рентабельности, %	169	158	171	173	186
Фактический экономический эффект, руб./га		1850	1260	1700	4340
ЛС-10					
Урожайность, ц/га	25,8	26,6	27,2	26,8	26,2
Стоимость валовой продукции, руб./га	56760	58520	59840	58960	57640
Производственные затраты, руб./га	20100	22650	20600	20600	20600
Себестоимость, руб./ц	779,1	815,5	757,4	768,7	786,3
Условно чистый доход, руб./га	36660	35870	39240	38360	37040
Уровень рентабельности, %	182	158	190	186	180
Фактический экономический эффект, руб./га		-890	2580	1700	380

Заключение

По результатам двухлетних исследований, получены экспериментальные данные об эффективности использования оригинальных штаммов ризобий и на их основе созданы высокопродуктивные растительно-микробные системы для применения в ресурсосберегающих технологиях производства сои. Лучшие результаты были отмечены при сочетании сорта Ланцетная и линии ЛС-10 со штаммом 634 (+2,7 и +1,4 ц/га) и линии Л-85 со штаммом 650 (+2,2 ц/га). Наиболее эффективным из испытанных штаммов оказался штамм 634.

Литература

1. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Лукомец В.М. Соя на Кубани Краснодар: ВНИИМК, – 2009. – 320 с.
2. Урожай сои в 2019-20МГ ожидается на прошлогоднем уровне [Электронный ресурс]. URL: newsland.com/user/3759557959/content/urozhai-soi-v-2019-20-mg-ozhidaetsia-na-proshlogodnem-urovne/6916326 (дата обращения 6.11.2019 г.)
3. Урожай сои в России в 2019 году [Электронный ресурс]. URL <https://www.oilworld.ru/> (дата обращения 6.11.2019г)
4. Тихонович И.А., Борисов А.Ю., Васильчиков А.Г. и др. Специфичность микробиологических препаратов для бобовых культур и особенности их производства //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 3. – С.11-17.
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. дисс. на соискание ученой степени доктора с. х. наук. М., 2002. – 43 с.
7. Тильба В.А., Шабалдас О.Г. Использование биологического азота как средства биологизации системы земледелия // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 2. – С. 96-100.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва. Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

SEARCH FOR HIGHLY EFFECTIVE INOCULANTS FOR PROMISING SOYBEAN VARIETIES

A.G. Vasilchikov, A.S. Akulov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: The studies were conducted in 2018-2019. We studied the responsiveness of new soybean lines (L-85 and LS-10) to inoculation with a set of new active rhizobia strains 634, 645, 650 in comparison to the Lancetnaya standard on dark gray forest loamy soil. The experimental design included: control (without inoculation and fertilizing); variants with inoculation with strains 634, 645 and 650, as well as a variant with the introduction of mineral nitrogen at a dose of 60 kg as/ha. The repetition of the experiments is fourfold. Area of experimental plots was 10 m². Sowing was carried out with the SKS-6-10 seeder in a wide-row method (row spacing 45 cm) in the second decade of May. The seeding rate is 600 thousand germinating seeds/ha. Both inoculation of seeds and the application of mineral nitrogen at a dose of 60 kg/ha caused an increase in soybean yield. According to the results of two-year tests, the best results were noted when combining the Lancetnaya variety and the LS-10 line with strain 634 (+2,7 and +1.4 c/ha) and the L-85 line with strain 650 (+2,2 c/ha). According to the results of two years, the most effective of the tested strains was strain 634.

Keywords: Soy, inoculation, nitrogen fixation, strains.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11135

УДК 633.352.1:581.48:577.112

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ НЕИЗВЕСТНОГО ОБРАЗЦА ВИКИ ПОСЕВНОЙ СОРТУ ЮБИЛЕЙНАЯ 110 ПО ДАННЫМ МОРФОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОФОРЕЗА БЕЛКОВ СЕМЯН

Э.Э. ЕГГИ, кандидат биологических наук, Т.Г. АЛЕКСАНДРОВА

ФГБНУ ФИЦ «ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

Представлены результаты исследования семян неизвестного образца вики посевной, этикетированного производителем как Юбилейная 110, и одиннадцати российских сортов *Vicia sativa* L., сохраняемых *ex situ* в коллекции ВИР. Образцы оценены по окраске семенной кожуры, ее орнаментации, окраске семядолей и сравнительному анализу полипептидных спектров. Неизвестный образец по морфологическим признакам семян разделили на четыре фракции. Контрастные по внешнему виду фракции 1 (без орнаментации) и 4 (ярко выраженная орнаментация), четко дифференцируемые при компьютерной обработке фотографий семян, различались и по полипептидному составу, сохраняя единообразие спектров внутри фракций. Анализируемые сорта имели специфические особенности полипептидного состава. Окраска семядолей (оранжевая или серовато-коричневая) соответствовала определенному типу спектра в зоне 7S глобулина как у сортов, так и у фракций. Семена неизвестного образца не соответствовали сорту Юбилейная 110 ни по морфологии, ни по белковым спектрам. Они не были идентичны ни одному из взятых в сравнительный анализ сортов. Установлено, что исследованный образец вики – сложная популяция по признакам семян и спектров, а метод SDS электрофореза может служить дополнением к морфологическому контролю семенных партий в семеноводстве и при репродуцировании образцов семенных коллекций этой культуры.

Ключевые слова: *Vicia sativa* L., семенная кожура, семядоли, полипептидные спектры.

Vicia sativa L. – однолетняя трава семейства Бобовых (Fabaceae Lindl.), выращиваемая практически во всех районах РФ (до 67-69° северной широты), ценится за высокое содержание хорошо усвояемого в кормах белка [1]. Коллекция *ex situ* вики посевной ВИР, насчитывает более 2500 образцов и включает 47 районированных сортов (по состоянию на 1.11.2018). При

работе с семенными коллекциями особое внимание уделяется сохранению подлинности и сортовой чистоты регулярно репродуцируемых образцов [2].

Для контроля идентичности оригиналу и чистоты размножаемых образцов коллекции, наряду с морфологическими признаками семян, хорошо зарекомендовали себя белковые электрофоретические спектры. У двудольных растений подобные задачи решаются с помощью SDS электрофореза белков семян [3]. Такие методические разработки в семействе Бобовые в нашем институте осуществлены для идентификации сортов самоопыляемых культур – гороха посевного [3] и люпина узколистного [4], и перекрестноопыляемого козлятника восточного [5].

Методом SDS электрофореза исследовано генетическое разнообразие белков семян для 26 образцов природных популяций испанской коллекции *V. sativa* L. subsp. *amphicarpa* (Dorthe) Asch. et Graebn. [6]. Изменчивость полипептидного состава белков семян для 28 образцов вики посевной и 44 образцов ее близкородственных таксонов изучена на коллекционных образцах ВИР разнообразного географического происхождения и сорнополевых популяциях [7]. В нашем институте были изучены полипептидные спектры семян 12 сортов, районированных в СССР [3]. Исследования гетерогенности и полиморфизма полипептидных спектров семян современных российских сортов вики посевной (*V. sativa* subsp. *sativa*) не проводились. В настоящей работе рассматривается возможность использования метода SDS электрофореза для идентификации сортов вики посевной, являющейся факультативным самоопылителем.

Поводом к проведению сортовой идентификации вики посевной послужило обращение в отдел биохимии Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) агронома из Архангельской области с предложением определить соответствие семенного материала (далее образец X) сорту Юбилейная 110, полученного из Илишевского района Башкортостана.

Цель работы: провести сравнение семян неизвестного образца X по морфологии и полипептидному составу с семенами ряда районированных в РФ сортов вики посевной и определить возможность применения метода SDS электрофореза для идентификации семян сортов этого вида.

Материалы и методы

Материал для исследования: семена образца X, а также образцы оригинальных (поступивших в коллекцию ВИР от оригинатора/патентообладателя) семян сортов вики посевной:

- Юбилейная 110 – сорт получен индивидуальным отбором из сложной гибридной популяции (Льговская 60 x Орловская 88) x (Warrior x Languedoc 159), оригинаторы – ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ООО «Агрокомплекс «Кургансемена», год включения в реестр – 2007, регионы допуска – Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Уральский, Западно-Сибирский [8, 9];

- Ассорти, Льговская 22, Никольская, Вера, Лос 5 – сорта, рекомендованные для возделывания в республике Башкортостан;

- Льговская 60, Красноуфимская 49 – сорта, предлагаемые в Башкортостане к продаже;

- Валентина, Луговская 98, Спутница – сорта, недавно районированные в РФ.

Белки экстрагировали настаиванием 5 мг муки семян в 140 мкл электродного буфера (трис-глициновый, рН 8,3) в течение 1 часа. Электрофорез проводили в 12,5% ПААГ в диссоциирующей системе с меркаптоэтанолом и додецилсульфатом натрия (SDS электрофорез) по Лаемли [10].

Процедуры электрофореза, обработки гелевых пластин и регистрации спектров подробно описаны для белков двудольных растений на примере семян люпина узколистного [6].

Результаты исследований и обсуждение

Для характеристики семян в данной работе мы исходили из признаков, общепринятых

при описании селекционных достижений [11] и наиболее часто используемых для сортов *Vicia L.*: основная окраска семенной кожуры, ее орнаментация, окраска семядолей.

В таблице 1 эти признакам показаны для семян сортов, взятых в анализ, а на рисунке 1 представлены фотографии семян из случайных выборок этих сортов и неизвестного образца X.

Таблица 1

Характеристика сортов вики посевной по основным морфологическим признакам семени (по описанию оригинаторов/патентообладателей)

Сорт, номер по каталогу ВИР	Семенная кожура		Окраска семядолей
	Основная окраска	Орнаментация	
Юбилейная 110 к-36654 (оригинал-2004)	светло-коричневая	отсутствует	оранжевая
Ассорти к-37474 (оригинал-2013)	60% – серо-коричневая, 40% – голубовато-черная	коричневая – частично диффузная, частично резко выраженная, средней и сильной интенсивности; голубовато-черная – в виде точек и пятен у 50% семян средней интенсивности, у 50% – очень сильной	серовато-коричневая
Валентина ® к-37475 (оригинал-2011)	серо-коричневая	коричневая – средняя, голубовато-черная – очень сильная	серовато-коричневая
Луговская 98 ® к-36652 (оригинал-2005)	серо-зеленая	коричневая – сильная, частично диффузная, частично резко выраженная; голубовато-черная – слабая, в виде точек и пятен	серовато-коричневая
Никольская к-36638 (оригинал-2002)	коричневая	отсутствует	оранжевая
Спутница ® к-37463 (оригинал-2005)	серо-коричневая	коричневая – частично диффузная, частично резко выраженная, средней интенсивности; голубовато-черная – отсутствует	оранжевая
Льговская 22 к-36445 (оригинал-2007)	темно-серая с фиолетовым оттенком	отсутствует	-
Вера к-36499 (репродукция - 2016)	темно-серая с зеленым и розовым оттенком	сетчатый рисунок и лучи около рубчика	-
Лос 5 к-36092 (оригинал-2007)	пастель	отсутствует; рубчик светлый с коричневой точкой	-



Рис. 1. Внешний вид семян образца X и одиннадцати сортов вики посевной

В таблице 1 отсутствуют характеристики давно выведенных сортов Красноуфимская 49 и Льговская 60. Последний сорт в настоящее время исключен из списка селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ [9]. Для этих сортов, как и для сорта Вера, в данной работе использованы не оригинальные семена, а репродукции соответственно 2016 и 2015 гг. Предыдущее исследование показало, что для полноценного анализа полипептидных спектров необходимы семена не старше двадцатилетней давности.

В характеристике семян сорта Юбилейная 110 дано следующее описание: «Семена среднего размера – крупные, округлые. Основная окраска семенной оболочки светло-коричневая. Орнаментация отсутствует. Окраска семядолей оранжевая» [9].

Такое описание полностью соответствует внешнему виду семян оригинального образца Юбилейная 110, представленного на рисунке 1. Семена образца X сопоставимы по форме и размеру с семенами Юбилейная 110, но по окраске семенной кожуры и ее орнаментации не соответствовали такому описанию, а представляли популяцию морфотипов (рис. 1), как по этим признакам, так и по окраске семядолей. Для дальнейшего анализа семена образца X по окраске семенной кожуры разделили на 4 фракции:

фракция 1 ($\approx 39\%$ от общего числа семян) – семенная кожура – светло-коричневая, орнаментация – очень слабая, едва заметная крапчатость, окраска семядолей – оранжевая);

фракция 2 ($\approx 23\%$) – семенная кожура – светло-оливковая, орнаментация – небольшие вкрапления оливкового цвета, окраска семядолей – популяция (преимущественно серовато-коричневая, реже – оранжевая);

фракция 3 ($\approx 27\%$) – с оливковой кожурой и обширной сливающейся черной крапчатостью семенная кожура – оливковая, орнаментация – обширная со сливающейся коричнево-черной крапчатостью, окраска семядолей – популяция (преимущественно серовато-коричневая, реже – оранжевая);

фракция 4 ($\approx 10\%$) – семенная кожура черная, без орнаментации, окраска семядолей – популяция (преимущественно серовато-коричневая, реже – оранжевая; 4* ($\approx 1\%$) – семенная кожура – коричневая с большими черными наплывами и коричневой крапчатостью, окраска семядолей – преимущественно серовато-коричневая.

На рисунке 2 представлены фотографии пяти семян случайной выборки из каждой фракции образца X и пяти семян сорта Юбилейная 110. Слабые при поверхностном взгляде морфологические различия семян (рис.2а) хорошо выражены при увеличении и «просветлении» фотографий (рис. 2 б; компьютерную обработку цифровой фотографии проводили одновременно для всех семян). Семена Юбилейная 110 отличались от семян всех фракций образца X, как по окраске семенной кожуры, так и по отсутствию орнаментации. По внешнему виду наиболее близкой к сорту Юбилейная 110 оказалась фракция 1 (светлокоричневая со слабой крапчатостью). Семядоли всех семян фракции 1 имели оранжевый цвет, такой же как и семядоли всех семян сорта Юбилейная 110 (рис. 2 в). Во фракциях 2, 3 и 4 встречались в подавляющем большинстве серовато-коричневые семядоли; оранжевая окраска семядолей – в единичных случаях.

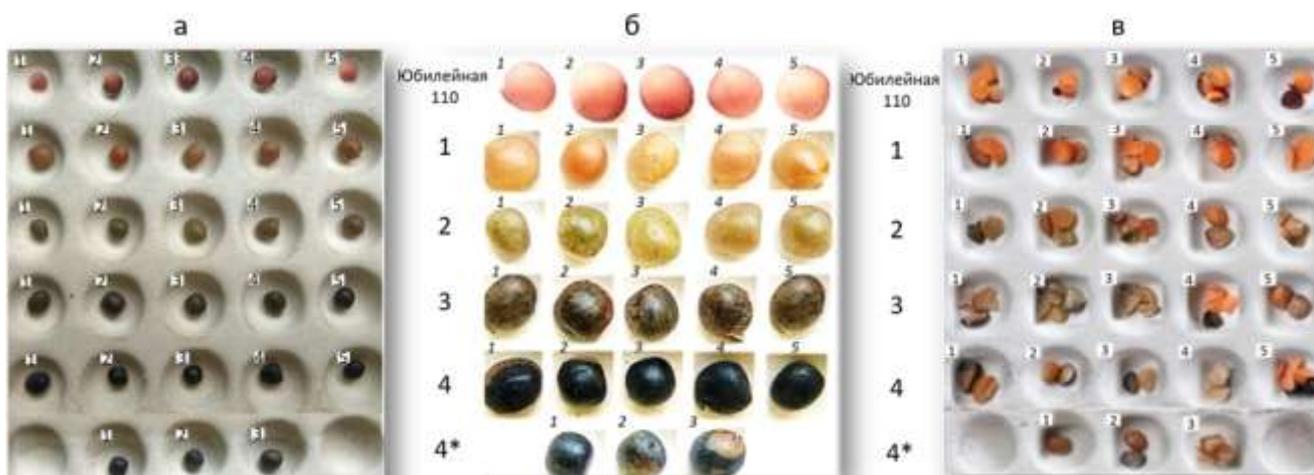


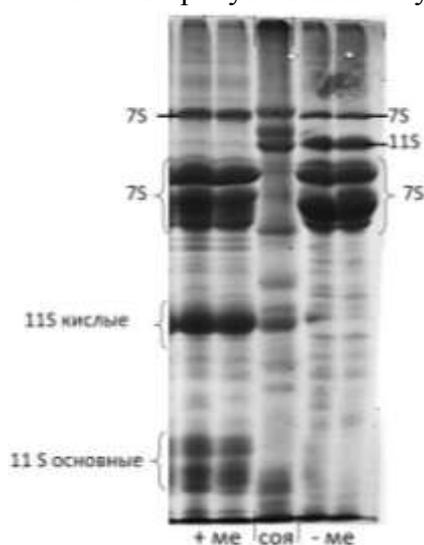
Рис. 2. Сравнение семян Юбилейная 110 с фракциями семян образца X по морфологическим признакам: а – семена Юбилейная 110 и фракций 1- 4(4*) в керамической плашке; б – семена после компьютерной обработки (увеличение и «осветление»); в – семядоли тех же семян (с незначительными остатками семенной кожуры)



Рис. 3. Цифровые фотографии семян образца X и сорта Льговская 60, визуально разделенных на фракции (1-4) по признаку основной окраски семенной кожуры и ее орнаментации

Семена образца **X** внешне похожи на семена Льговская 60 (рис. 1). Их также визуально разделили на четыре фракции и представили на рисунке 3 рядом с фракциями образца **X**. Фракции образца **X** (описанные выше) различаются по основной окраске семенной кожуры и ее орнаментации. У семян всех фракций сорта Льговская 60 основная окраска семенной кожуры коричневая. Различия между фракциями сорта Льговская 60 определяются только разной степенью интенсивности орнаментации. Таким образом, использование цифровых фотографий показало различие между образцами **X** и Льговская 60 по признаку основной окраски семенной кожуры. Забегая вперед отметим, что, хотя сорт Льговская 60 и не однороден по составу полипептидных спектров, он имеет более выровненные спектры, чем образец **X**.

Для анализа полипептидных спектров идентифицировали компоненты, относящиеся к запасным глобулинам. Для этого провели сравнительный анализ спектров белков семян вики посевной в присутствии и отсутствии меркаптоэтанола.



11S глобулин в отсутствие меркаптоэтанола образует группу интенсивных полипептидов с молекулярной массой около 60 kDa. В спектре с меркаптоэтанолом этот белок представлен двумя группами полипептидов с молекулярными массами ≈ 40 и 20 kDa. Это соответственно кислые и основные (название по заряду) полипептиды. Интенсивные компоненты, имеющие одно и то же положение в обоих типах спектров, относятся к 7S глобулинам [3] (рис.4).

Рис. 4. Идентификация запасных глобулинов.

7S и 11S – запасные глобулины двудольных. + me и – me – присутствие и отсутствие меркаптоэтанола.

Сначала мы сравнили (рис. 5) полипептидный состав всех семян, представленных на рисунке 2. Полностью со спектрами сорта Юбилейная 110 не совпали спектры семян ни одной из фракций. В то же время наибольшее по данным признакам сходство с этим сортом имели семена фракции **1** (с наименее выраженной орнаментацией семенной кожуры). Важный признак сходства этих семян – совпадение позиций полипептидов 2 зоны (7S глобулин). Отличия в позициях полипептидов Юбилейная 110 и фракции **1** отмечены на границе 4 и 5 зон спектра (в овале, вытянутом по вертикали).

В таблице 1 отсутствуют характеристики давно выведенных сортов Красноуфимская 49 и Льговская 60. Последний сорт в настоящее время исключен из списка селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ [9]. Для этих сортов, как и для сорта Вера, в данной работе использованы не оригинальные семена, а репродукции соответственно 2016 и 2015 гг. Предыдущее исследование показало, что для полноценного анализа полипептидных спектров необходимы семена не старше двадцатилетней давности.

В характеристике семян сорта Юбилейная 110 дано следующее описание: «Семена среднего размера – крупные, округлые. Основная окраска семенной оболочки светло-коричневая. Орнаментация отсутствует. Окраска семядолей оранжевая» [9].

Такое описание полностью соответствует внешнему виду семян оригинального образца Юбилейная 110, представленного на рисунке 1. Семена образца **X** сопоставимы по форме и размеру с семенами Юбилейная 110, но по окраске семенной кожуры и ее орнаментации не соответствовали такому описанию, а представляли популяцию морфотипов (рис. 1), как по этим признакам, так и по окраске семядолей. Для дальнейшего анализа семена образца **X** по окраске семенной кожуры разделили на 4 фракции:

фракция **1** ($\approx 39\%$ от общего числа семян) – семенная кожура – светло-коричневая, орнаментация – очень слабая, едва заметная крапчатость, окраска семядолей – оранжевая);

фракция 2 (≈23%) – семенная кожура – светло-оливковая, орнаментация – небольшие вкрапления оливкового цвета, окраска семядолей – популяция (преимущественно серовато-коричневая, реже – оранжевая;

фракция 3 (≈27%) – с оливковой кожурой и обширной сливающейся черной крапчатостью семенная кожура – оливковая, орнаментация – обширная со сливающейся коричнево-черной крапчатостью, окраска семядолей – популяция (преимущественно серовато-коричневая, реже – оранжевая;

фракция 4 (≈ 10%) – семенная кожура черная, без орнаментации, окраска семядолей – популяция (преимущественно серовато-коричневая, реже – оранжевая; 4* (≈1%) – семенная кожура – коричневая с большими черными наплывами и коричневой крапчатостью, окраска семядолей – преимущественно серовато-коричневая.

С разной степенью орнаментации семенной кожуры семена фракций 2, 3 и 4 с серовато-коричневыми семядолями, имели другой тип распределения полипептидов 7S глобулина, отличный от спектров этого белка у Юбилейная 110 и фракции 1. Семена 2.4, 3.4 и 4.5, имеющие оранжевые семядоли, имели спектр 7S глобулина такой же, как у Юбилейная 110 и фракции 1. Таким образом, семена с оранжевой и серовато-коричневой окраской семядолей различались по спектрам 7S глобулина независимо от морфологических признаков семенной кожуры. Мы условно обозначили эти типы 7S глобулина, как тип 1X (с оранжевыми семядолями), характерный для фракции 1 образца X и тип 4X (с серовато-коричневыми семядолями), характерный для фракции 4 образца X.

Фракции 2 и 3 по спектрам семян, варибельные внутри фракций, не имели отдельных полипептидов, позволяющих их различать. Семена фракции 4 (орнаментация кожуры интенсивно выражена) в сравнении с семенами фракций 2 и 3 оказались выровненными по спектрам (за исключением семени 4.5).

В спектрах отдельных семян образца X (рис. 5) наблюдали варибельность как интенсивных полипептидов запасных глобулинов (в зонах 2 и 5), так и компонентов слабой интенсивности (в зоне 3).

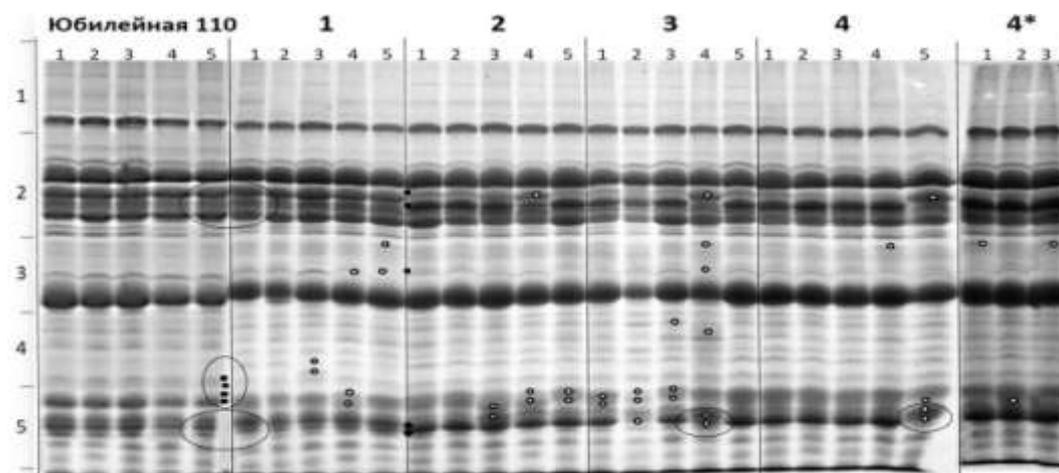


Рис. 5. Электрофоретические спектры семян, представленных на рис.2: Юбилейная 110 и четыре фракции, выделенные в образце X. Белыми точками отмечены варианты в положении полипептидов внутри фракций, черными – различия между фракциями и сортом Юбилейная 110. Вытянутыми по вертикали и горизонтали овалами отмечены соответственно области отличия и сходства фракции 1 с Юбилейная 110. Для удобства анализа, спектры условно разделены на пять зон (цифры 1-5 слева)

На рисунке 6 приведены полипептидные спектры изученных нами сортов вики посевной и образца X. Видно, что все образцы совпадают как по позициям значительного числа компонентов, так и по группированию компонентов в спектрах. Это предопределено их принадлежностью к виду *V. sativa*, и согласуется с утверждением, что стабильность белкового

спектра семян – один из главных признаков, который предложен для идентификации видов наряду с традиционными подходами в биосистематике [12].

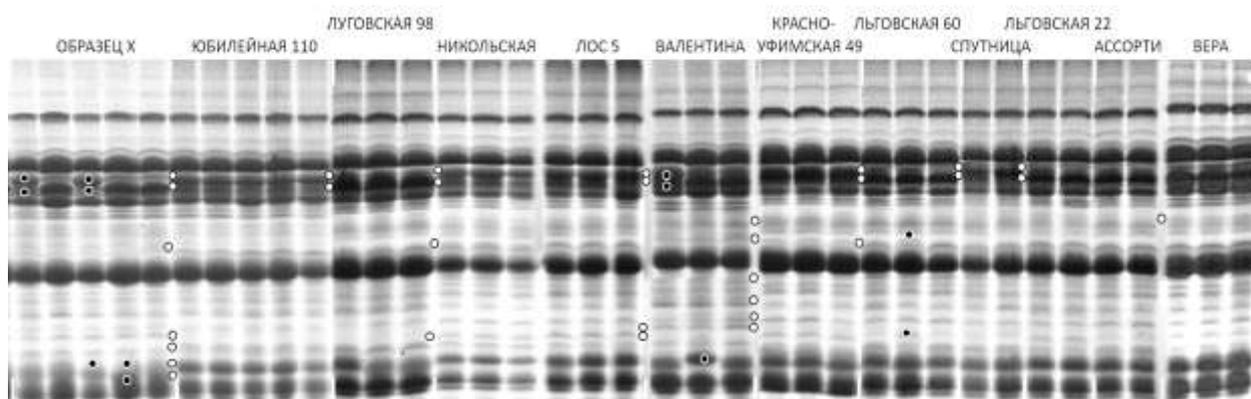


Рис. 6. Электрофоретические спектры семян 11 сортов вики посевной и образца X. Черные точки на белковом компоненте – полипептиды, варьирующие внутри образца; белые точки между компонентами – полипептиды, по которым образцы (сорты) различались

Внутри сортов в большинстве случаев спектры идентичны. На представленной иллюстрации только у сортов Валентина и Льговская 60 обнаружена разнородность семян. Также очевидно, что между собой сорта различались по большему или меньшему числу белковых позиций. Отметим только, что в данной выборке образцов не выявлено различий между парами сортов Никольская – Лос 5 и Льговская 22 – Ассорти. Спектры образца X характеризовались значительной вариабельностью внутри образца, особенно в сравнении с абсолютно однородными спектрами Юбилейная 110. Между собой эти два образца различались не менее, чем по семи позициям.

Мы сопоставили тип 7S глобулина и окраску семядолей внутри четырех фракций сорта Льговская 60, выделенных ранее по окраске семенной кожуры и ее орнаментации (рис. 3). Все семена с оранжевыми семядолями (1.2, 1.4, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5) имели тип спектра 7S глобулина (рис.7), обозначенный выше как 1х. Остальные семена с семядолями иной окраски, включая семя 4.4 с условно коричнево-оранжевыми семядолями, в данном случае имели тип спектра 7S глобулина обозначенный как 4X.

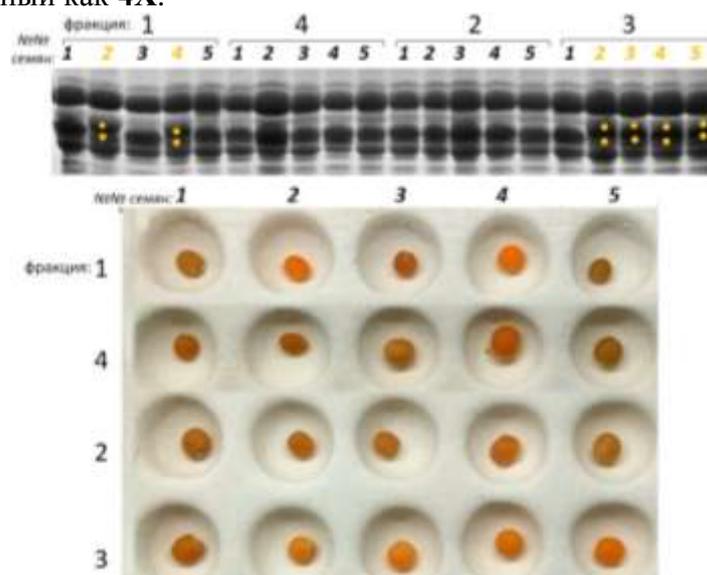


Рис. 7. Сопоставление зоны 7S глобулина и окраски семядолей семян (1-5) сорта Льговская 60, в фракциях 1, 4, 2, 3. Желтыми точками выделены спектры, характерные для семян с оранжевыми семядолями

Таблица 2

Характеристика образцов вики посевной по окраске семядолей и типу 7S глобулина

СОРТ, фракции образца X	Окраска семядолей из описания авторов сорта (табл.1)	Количество семян (шт.) с выявленной окраской семядолей				количество семян (шт.) проанализированных в SDS электрофорезе	тип 7S глобулина
		оранжевая	коричнево	оранжевая	серовато- коричневая		
фракция 1	-	8	0	0	20	1	
Юбилейная 110	оранжевая	4	0	0	20	1	
Спутница	оранжевая	4	0	0	9	1	
Никольская	оранжевая	7	3	0	17	1	
Лос 5	нет информации	11	3	1	15	1	
Красноуфимская 49	нет информации	9	0	0	9	1	
фракция 4	-	1	2	5	23	4	
Луговская 98	серовато- коричневая	0	7	0	15	4	
Ассорти	серовато- коричневая	0	4	2	16	4	
Льговская 22	нет информации	0	4	0	14	4	
Льговская 60	нет информации	0	5	3	8	4	
Валентина	серовато- коричневая	5	0	5	12, 28	1, 4	
Вера	нет информации	1	0	7	3, 9	1, 4	

В таблице 2 сведены данные по окраске семядолей и типу 7S глобулина для семян исследованных образцов *V. sativa*. Из таблицы следует: все взятые в анализ семена сортов и фракций с оранжевыми семядолями имели тип 7S глобулина, обозначенный нами как 1х, семена другой окраски имели тип 7S глобулина, обозначенный 4х. Т.е. окраска семядолей соответствовала определенному типу спектра в зоне 7S глобулина как у сортов, так и у фракций.

В заключение следует сказать, что при анализе образцов оригинальных семян вики посевной было обнаружено: ряд сортов представляют разнородные (несмотря на заявленную однородность) по морфологическим признакам семени популяции (в том числе и по окраске семядолей), что создает сложность для их сортовой идентификации. Представляющие выровненную популяцию по признакам семени сорта вики посевной, могут быть идентифицированы методами анализа морфологии семян и их полипептидных спектров. Определение соответствия неизвестного образца семян вики посевной сорту Юбилейная 110 показало, что исследованный гетерогенный по морфологии и по их белковым спектрам образец семян не является сортом Юбилейная 110.

Выводы

1. Данные SDS электрофореза и морфологический анализ семян, показали, что исследуемый образец не соответствует сорту Юбилейная 110. Образец представляет сложную по морфологии и составу полипептидных спектров популяцию семян *Vicia sativa* L. в отличие от сорта Юбилейная 110, выровненного по морфологическим признакам семени и полипептидному составу спектров.

2. Основная окраска семенной кожуры и ее орнаментация являются важными, но не самодостаточными признаками для первичной идентификации сорта.

3. Не выявлено взаимосвязи окраски семенной кожуры с составом полипептидного спектра семян.
4. Окраска семядолей важный признак для сортовой идентификации вики. Два морфотипа семян по этому признаку у *V. sativa* различались и по спектру 7S глобулина.
5. Полипептидный состав семян сортов вики посевной сортоспецифичен и метод SDS электрофореза может быть использован в качестве контрольного в семеноводстве и для поддержания чистоты коллекционных образцов семян этой культуры.
6. Использование цифровых фотографий – дополнительный метод скрининга семян вики посевной.

Литература

1. Кузнецов И.Ю. Формирование высокопродуктивных агроценозов кормовых культур в республике Башкортостан: диссертация ... доктора с.-х. наук: 06.01.01. ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет. – 2017. – 535 с.
2. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Яньков И.И., Булынец С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. // Методические указания. ВИР. СПб. – 2018. – 143 с. DOI: 10.30901/9785-905954-79-5.
3. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян. Под ред. В. Г. Конарева. СПб. – 2000. – 186 с.
4. Егги Э.Э. Идентификация сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с использованием электрофоретического спектра полипептидов белков семян. // Методические указания ГНУ ВИР Россельхозакадемии. – 2013. – 27с.
5. Егги Э.Э., Гаврилюк И.П. Электрофорез белков семян для сортовой идентификации высокополиморфных культур на примере козлятника восточного (*Galega orientalis* LAM.) // Аграрная Россия. – 2015. – № 11. – С. 14-20.
6. De la Rosa, L., González, J.M. The genetic diversity associated with seed proteins in a collection of Spanish underground vetches (*Vicia sativa* L. subsp. *amphicarpa* (Dorthe) Asch. et Graebn.) // JM Genet Resour Crop Evol (2010) 57: 565. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9494-3>
7. Потокина Е. К. Биосистематика *Vicia aggr. sativa* L.: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.05. ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. Ленинград. – 1990. – 17 с.
8. Каталог сортов сельскохозяйственных культур селекции Всероссийского научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур. К-29. Орёл: ГНУ ВНИИЗБК. – 2012. – 116 с.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (по состоянию на 12 апреля 2018 г.) <https://reestr.gossort.com>.
10. Laemli U. K. Cleavage of structural protein during assembly of the head of bacteriophage // Natura. – 1970. V.227. N4. – 680 p.
11. Описания селекционных достижений. Зернобобовые (горох, чечевица, фасоль, маш, чина, нут, бобы, соя, вика, сера делла, люпин, вигна, арахис). <https://gossort.com/146-opisaniya-selekcionnyh-dostizheniy.html>.
12. Ladizinsky G., Hymowitz T. Seed protein electrophoresis in taxonomic and evolutionary studies. Teor. Appl. Genet. 54. 145-151 (1979).

Работа поддержана бюджетным проектом № 0006-2019-0002 «Научное обеспечение эффективного использования мирового генофонда зернобобовых культур и их диких родичей из коллекции ВИР».

DETERMINATION OF AN UNKNOWN ACCESSION OF COMMON VETCH FOR COMPLIANCE WITH THE VARIETY YUBILEYNAYA 110 ACCORDING TO MORPHOLOGY AND ELECTROPHORESIS OF SEED PROTEIN

E.E. Eggi., T.G. Aleksandrova

E-mail: t.alexandrova@vir.nw.ru

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES»

***Abstract:** The results of the study of seeds of an unknown accession of the common vetch, labeled by the producer as 'Yubileynaya 110', and eleven Russian varieties of *Vicia sativa* L., stored ex situ in the VIR collection, have been presented. Accessions have been evaluated by the color of the seed coat, its ornamentation, the color of the cotyledons, and a comparative analysis of the polypeptide spectra. The unknown accession was divided into four fractions according to the morphological characteristics of the seeds. Contrast fraction 1 (without ornamentation) and 4 (with brightly obvious ornamentation), clearly differentiated with computer processing of photographs of seeds, has differed in their polypeptide composition, preserving the uniformity of the spectra inside the fractions. The analyzed varieties have had specific features of the polypeptide composition. The color of cotyledons (orange or grayish-brown) corresponded to a specific type of spectrum in the 7S globulin zone in both the varieties and the fractions. Seeds of an unknown accession have not matched the variety 'Yubileynaya 110' neither in morphology, nor in protein spectra. They have not been identical to any of the varieties taken in the comparative analysis. It has been shown that this vetch sample on morphology and spectra is a complicated population, and the SDS electrophoresis method may be an addition to the morphological control of seed lots in seed production and reproduction of accessions of seed collection of this crop.*

Keywords: *Vicia sativa* L., seed coat, cotyledons, polypeptide spectra.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11136

УДК 633.353:631.847.1:631.847.211

ИНОКУЛЯЦИЯ СЕМЯН КОРМОВЫХ БОБОВ КАК ПРИЕМ, СПОСОБСТВУЮЩИЙ УЛУЧШЕНИЮ ДИАЗОТРОФНОСТИ КУЛЬТУРЫ, ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА УРОЖАЯ

В.М. КУХАРЧИК,

Л.С. РУТКОВСКАЯ, А.Р. РЫБАК, кандидаты сельскохозяйственных наук

С.Н. ШЕВЧИК

РУП «ГРОДНЕНСКИЙ ЗОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА
НАН БЕЛАРУСИ»

В статье представлены результаты исследований по влиянию инокуляции семян на продуктивность и качество урожая кормовых бобов в условиях западного региона Республики Беларусь. Подобраны инокулянты на основе специфических штаммов клубеньковых бактерий, показана их эффективность и влияние на симбиотическую активность, рост и развитие культуры.

Ключевые слова: кормовые бобы, штамм, инокуляция, клубеньковые бактерии, клубеньки, diazotrophy, урожайность, содержание и сбор белка.

Кормовые бобы относятся к культурам, у которых преобладает автотрофный тип питания, то есть они способны формировать урожай в основном за счет минерального азота, но при этом вклад биологически фиксированного азота в общем балансе при благоприятно

складывающихся для азотфиксации условиях (нейтральная реакция почвенной среды, хорошая обеспеченность растений фосфором, калием, оптимальное увлажнение и аэрация почвы, инокуляция семян) достигает 70-80%, а при ухудшении – падает до 40% и ниже [1]. Симбиотический потенциал кормовых бобов намного больше, чем у других зернобобовых культур. В нормальных, условиях симбиоза интенсивная фиксация азота продолжается от фазы бутонизации и до полного налива семян в бобах верхних ярусов. В среднем за вегетационный период за счет симбиоза кормовыми бобами при благоприятных условиях усваивается из воздуха до 300 кг/га азота, половина которого остаётся последующим культурам [2,3]. Важным условием успешной симбиотической азотфиксации является сам инокулянт, который должен соответствовать требованиям специфичности, конкурентоспособности и эффективности [4]. Для культур новых в определенном районе, не имеющих спонтанных клубеньковых бактерий, инокуляция способствует росту продуктивности до 50-100% [5].

В Республике Беларусь кормовые бобы являются относительно новой культурой, поэтому весьма актуальным остается вопрос подбора соответствующих инокулянтов и их норм применения.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2017-2018 гг. на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси». Почва дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м мореным суглинком. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: pH_{KCl} – 5,2-5,5; содержание P_2O_5 – 221-300 мг/кг; K_2O – 146-247 мг/кг почвы; гумуса – 1,34%. Предшественник – озимые зерновые. Исследования проводили путем закладки полевых опытов, а также лабораторных исследований. Статистическая обработка полученных результатов выполнялась по Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на компьютере [6]. Учетная площадь делянки 25 м², повторность – четырёхкратная.

Посев осуществлялся сплошным рядовым способом селекционной сеялкой «Wintersteiger» с нормой высева 0,6 млн всхожих семян на гектар во второй декаде апреля. Инокуляция семян культуры осуществлялась согласно схемы опыта, представленной в табличном материале непосредственно в день посева. Изолят ростостимулятор БВ-1 был использован посредством внесения в почву после посева. Применяемые изоляты Rh. bob АБ-5 и изолят Rh. bob АБ-3 и ростостимулятор БВ-1 разработаны в ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» на основе специфических рас клубеньковых бактерий, предназначенных для кормовых бобов. Исследования проводились на сорте кормовых бобов Стрелецкие селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур».

Результаты исследований

Учет густоты стояния растений в фазу полных всходов показал, что их количество составило 54-56 шт./м² при полевой всхожести 90-93% (табл. 1). Данные уровни изучаемых показателей являются достаточными для дальнейшего роста и развития культуры.

Анализируя показатель количества растений перед уборкой, который в зависимости от варианта исследований изменялся от 47 до 54 шт./м² можно отметить, что растения кормовых бобов сформировали достаточную густоту к концу вегетации и посевы характеризовались сохраняемостью на уровне 87-98%.

Наименьшими плотность стеблестоя и сохраняемость были на фоне внесения $P_{60}K_{90}$ – 47 шт./м² и 87%, соответственно. Инокуляция семян способствовала увеличению изучаемых показателей, так количество растений увеличилось на 3-7 шт./м², сохраняемость – на 6-11%.

Основным показателем диазотрофности бобовых является образование клубеньковых бактерий, от активности которых в дальнейшем зависит формирование семенной продуктивности. Первый учет количества клубеньков проводился в фазу 5-6 листьев, по результатам которого зафиксированы единичные мелкие клубеньковые образования бледно-розового цвета (яркий розовый цвет клубеньков обусловлен присутствием красного пигмента – легамоглобина (Leghaemoglobin), который отвечает за активность азотфиксации).

Таблица 1

**Влияние инокулянтов на полевую всхожесть и сохраняемость растений, ср.
за 2017-2018 гг.**

Варианты опыта	Количество растений в фазу полных всходов, шт/м ²	Полевая всхожесть, %	Количество растений перед уборкой, шт/м ²	Сохраняемость, %
Фон – Р ₆₀ К ₉₀ (без инокуляции семян)	54	90	47	87
Фон + инокуляция ноктин А (2,0 л/т)	56	93	52	93
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т)	54	90	53	98
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) + изолят ростостимулятор БВ-1 (0,2 л/га) – внесение в почву	54	90	50	93
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (3,0 л/т)	54	90	52	96
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (6,0 л/т)	55	92	52	95
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (9,0 л/т)	56	93	54	96
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т)	54	90	52	96
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т) + изолят ростостимулятор БВ-1 (0,2 л/га) – внесение в почву	55	92	51	93
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (3,0 л/т)	56	93	54	96
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (6,0 л/т)	55	92	53	96
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (9,0 л/т)	56	93	52	93

В дальнейшем с ростом и развитием культуры проходило более активное инфицирование корней кормовых бобов клубеньковыми бактериями. Так, по результатам учета, проведенного в фазу 8-9 листьев, количество клубеньков в зависимости от варианта опыта составляло 16,1-32,8 шт./растение, при этом окраска была бледно-розового цвета, что говорит о слабой их активности (табл. 2).

Инокуляция семенного материала изучаемыми препаратами способствовала увеличению количества клубеньков на 2,1-16,7 шт./растении. Максимальное количество на этот период сформировалось в вариантах с применением препарата ноктин А (2,0 л/т), изолята Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) и изолята Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т) – 31,3, 32,6 и 32,8 шт./растение, соответственно. В период цветения количество образовавшихся клубеньков увеличилось до 22,4-51,5 шт., из них с характерной розовой окраской насчитывалось 18,0-45,4 шт./растение с максимальным показателем при обработке препаратом ноктин А (2,0 л/т).

Обработка изолятами Rh. bob АБ-5 и АБ-3 в дозировке 0,3 л/т обеспечила 33,4 и 41,9 розовых клубеньков, соответственно.

Следует отметить, что повышение доз изучаемых изолятов (до 3,0, 6,0, 9,0 л/т) способствовало снижению симбиотической активности культуры, и повлекло за собой уменьшение количества активных клубеньков до 18,0-26,8 шт. Отрицательно сказалась и

обработка почвы ростостимулятором БВ-1 (0,2 л/га) на фоне инокуляции изолятами Rh. bob AB-5 и AB-3 (0,3 л/га), где количество розовых клубеньков уменьшилось на 4,2 и 8,2 шт., соответственно.

Таблица 2

Влияние инокулянтов на симбиотическую активность кормовых бобов в зависимости от фазы развития, ср. за 2017-2018 гг.

Варианты опыта	Количество клубеньков, шт./растение				
	фаза развития				
	8-9 листьев	цветение		развитие плодов	
	бледно-розовые	всего	в т.ч. розовые	всего	в т.ч. розовые
Фон – P ₆₀ K ₉₀ (без инокуляции семян)	16,1	29,2	22,6	26,1	19,9
Фон + инокуляция ноктин А (2,0 л/т)	31,3	51,5	45,4	75,5	60,8
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-5 (0,3 л/т)	32,6	38,1	33,4	62,1	46,3
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-5 (0,3 л/т) + изолят ростостимулятор БВ-1 (0,2 л/га) – внесение в почву	28,9	34,4	29,2	45,6	35,6
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-5 (3,0 л/т)	20,9	30,4	26,8	53,0	39,7
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-5 (6,0 л/т)	25,6	34,3	26,8	45,4	36,2
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-5 (9,0 л/т)	27,8	34,8	25,3	38,6	29,0
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-3 (0,3 л/т)	32,8	46,4	41,9	52,4	42,0
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-3 (0,3 л/т) + изолят ростостимулятор БВ-1 (0,2 л/га) – внесение в почву	26,6	40,0	33,7	49,1	28,4
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-3 (3,0 л/т)	22,8	25,0	20,1	57,5	26,8
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-3 (6,0 л/т)	18,2	22,4	22,1	41,6	22,5
Фон + инокуляция изолят Rh. bob AB-3 (9,0 л/т)	21,7	22,8	18,0	52,0	23,4

В дальнейшем в фазу развития плодов произошло увеличение количества клубеньков, за исключением фонового варианта, в котором их общая численность сократилась на 3,1 шт., а численность розовых на 2,7 шт., по сравнению с предыдущим учетом. Инокуляция семенного материала способствовала образованию 38,6-75,5 клубеньков на растении, в том числе 22,5-60,8 розовых, в зависимости от препарата и дозировки. Максимальное количество активных клубеньков – 60,8 шт. отмечено при инокуляции препаратом ноктин А (2,0 л/т). Использование при инокуляции изолятов Rh. bob AB-5 и AB-3 (0,3 л/т) обеспечило 46,3 и 42,0 активных клубеньков, соответственно. Повышение доз использования инокулянтов, а также обработка рострегулятором не привели к увеличению количества активных клубеньков, что в итоге сказалось на семенной продуктивности кормовых бобов. Урожайность семян кормовых бобов, в среднем за годы изучения по вариантам опыта колебалась от 27,6 до 50,6 ц/га (табл. 3). Инокуляция семенного материала изучаемыми препаратами способствовала увеличению количества клубеньков на 2,1-16,7 шт./растении. Максимальное количество на этот период сформировалось в вариантах с применением препарата ноктин А (2,0 л/т), изолята Rh. bob AB-5 (0,3 л/т) и изолята Rh. bob AB-3 (0,3 л/т) – 31,3, 32,6 и 32,8 шт./растение, соответственно. В период цветения количество образовавшихся клубеньков увеличилось до 22,4-51,5 шт., из них с характерной розовой окраской насчитывалось 18,0-45,4 шт./растение с максимальным показателем при обработке препаратом ноктин А (2,0 л/т). Обработка изолятами Rh. bob AB-5 и AB-3 в дозировке 0,3 л/т обеспечила 33,4 и 41,9 розовых клубеньков, соответственно.

Следует отметить, что повышение доз изучаемых изолятов (до 3,0, 6,0, 9,0 л/т) способствовало снижению симбиотической активности культуры, и повлекло за собой уменьшение количества активных клубеньков до 18,0-26,8 шт. Отрицательно сказалась и обработка почвы ростостимулятором БВ-1 (0,2 л/га) на фоне инокуляции изолятами Rh. bob

АБ-5 и АБ-3 (0,3 л/га), где количество розовых клубеньков уменьшилось на 4,2 и 8,2 шт., соответственно.

Таблица 3

Урожайность кормовых бобов и количество фиксированного биологического азота при инокуляции, ср. за 2017-2018 гг.

Варианты опыта	Урожайность семян, ц/га	Прибавка, ц/га	Фиксированный биологический азот, кг/га	Содержание белка, %	Сбор белка, ц/га
Фон – P ₆₀ K ₉₀ (без инокуляции семян)	36,6	-	109,8	25,9	9,5
Фон + инокуляция ноктин А (2,0 л/т)	50,6	14,0	151,9	30,1	15,2
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т)	50,0	13,4	150,0	30,3	15,2
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) + изолят ростостимулятор БВ-1 (0,2 л/га) – внесение в почву	31,5	-5,1	94,6	28,6	9,0
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (3,0 л/т)	45,6	9,0	136,7	29,8	13,6
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (6,0 л/т)	43,9	7,3	131,8	28,3	12,4
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-5 (9,0 л/т)	43,4	6,8	130,3	28,8	12,5
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т)	41,3	4,7	123,9	29,6	12,2
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т) + изолят ростостимулятор БВ-1 (0,2 л/га) – внесение в почву	34,9	-1,7	104,6	27,8	9,7
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (3,0 л/т)	29,4	-7,2	88,3	27,5	8,1
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (6,0 л/т)	28,9	-7,7	86,6	27,6	8,0
Фон + инокуляция изолят Rh. bob АБ-3 (9,0 л/т)	27,6	-9,0	82,9	28,0	7,7
НСР ₀₅	3,07				

Максимальные уровни продуктивности получены в вариантах, где инокуляция проведена препаратом ноктин А (2,0 л/т) и изолятом Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) – 50,6 и 50,0 ц/га, соответственно, что превысило фоновый вариант на 14,0 и 13,4 ц/га.

Изолят Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т) обеспечил повышение урожайности только по отношению к фону, во всех остальных вариантах опыта отмечено существенное снижение семенной продуктивности.

Внесение в почву изолята ростостимулятора БВ-1 (0,2 л/га) как на фоне инокуляции изолятом Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т), так и изолятом Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т) не привело к росту урожайности.

Согласно методики расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь [7] по результатам полученной урожайности рассчитан показатель биологического азота, фиксированного кормовыми бобами, который по вариантам опыта колебался от 82,9 до 151,9 кг/га. Наибольшее количество биологического азота получено в вариантах с инокуляцией препаратом ноктин А (2,0 л/т) и изолятом Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) – 151,9 и 150,0 кг/га, соответственно.

Проведенный лабораторный анализ на содержание белка показал, что белковость зерна кормовых бобов по вариантам опыта варьировала от 25,9 до 30,3% с наименьшим показателем в варианте, где инокуляция не проводилась, сбор белка составил 7,7-15,2 ц/га. Необходимо отметить, что применение инокуляции неоднозначно сказалось на накоплении белка в зерне кормовых бобов. Наибольшее содержание белка отмечено при инокуляции препаратом ноктин А (2,0 л/т) и изолятом Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) – 30,1 и 30,3%, соответственно. В данных вариантах отмечен и максимальный сбор белка – 15,2 ц/га. Внесение ростостимулятора в почву на фоне инокуляции изолятом Rh. bob АБ-5, а также увеличение норм применения вышеуказанного изолята не обеспечивало роста белковости. При инокуляции семян изолятом Rh. bob АБ-3 (0,3 л/т) содержание и сбор белка составили 29,6% и 12,2 ц/га, соответственно. В остальных вариантах данного блока на фоне существенного снижения урожайности и содержания белка произошло, соответственно, и уменьшение сбора белка.

Таким образом, на основании исследований, инокуляция препаратом ноктин А (2,0 л/т) или изолятом Rh. bob АБ-5 (0,3 л/т) способствует улучшению diazotрофности кормовых бобов, повышению продуктивности и качества урожая, обеспечивая при этом получение прибыли в размере 1340,9 или 1286,4 долларов/га при уровне рентабельности – 135 или 130 %, соответственно.

Литература

1. Столяров О.В. Нут, соя и кормовые бобы в Центральном Черноземье: Вопросы теории и практики повышения азотфиксации, величины и качества урожая семян: диссертация ... доктора с.-х. наук: 06.01.09. Воронеж, – 2005. – 542 с.
2. Лукашевич Н.П., Зенькова Н.Н. Технологии производства и заготовки кормов: практическое руководство. Витебск: ВГАВМ, – 2009. – 251 с.
3. Боб кормовой /URL: <http://www.tsvetnik.info/green-manure/vicia.htm/> (дата обращения: 24.05.2019 г.).
4. Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г. Эффективность инокуляции семян фасоли препаратами клубеньковых бактерий и синтетическим регулятором роста Мелафен. // «Зернобобовые и крупяные культуры», – 2018. – № 4 (28) – С. 33-38.
5. Гришечкин В.В., Головина Е.В. Использование нового органического пленкообразователя (ППО) для сохранения жизнеспособности ризобий при инокуляции семян сои и влияние их на клубенькообразование и урожайность // Зернобобовые и крупяные культуры, 2014. №1(9) – С. 41-44.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, – 1985. – 416 с.
7. Лапа В.В. Ивахненко Н.Н., Босак В.Н. и др. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь. РУП «Институт почвоведения и агрохимии», – 2007. – 19 с.

INOCULATION OF FORAGE BEAN SEEDS AS A TECHNIQUE THAT IMPROVES DIAZOTROPHY OF THE CROP, INCREASES PRODUCTIVITY AND QUALITY OF THE CROP

V.M. Kuharchik, L.S. Rutkovskaya, A.R. Rybak, S.N. Shevchik

REPUBLICAN UNITARY ENTERPRISE «THE GRODNO ZONAL INSTITUTE OF PLANT GROWING» OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

Abstract: *The article presents the results of studies on the effect of seed inoculation on the productivity and quality of fodder beans in the western region of the Republic of Belarus. Inoculants based on specific strains of nodule bacteria were selected; their effectiveness and effect on symbiotic activity, growth and development of the crop were shown.*

Keywords: fodder beans, strain, inoculation, nodule bacteria, nodules, diazotrophy, yield, protein.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ И СИНТЕТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕН НА УРОЖАЙНОСТЬ ФАСОЛИ И ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Г.П. ГУРЬЕВ, кандидат биологических наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье представлены результаты исследований в полевом опыте 2017-2019 гг. Получены положительные результаты от применения препаратов клубеньковых бактерий (КБ) штаммов 653, 26-34, 700. Прибавки урожая от инокуляции семян составили на сорте Стрела 0,30-0,34 т/га, на линии 05-82 – 0,24-0,33 т/га, на сорте Самарянка – 0,32-0,50 т/га. Применение синтетического регулятора роста Мелафен, стимулировало образование клубеньков на корнях фасоли и увеличило урожай зерна на сорте Стрела на 0,45 т/га, на сорте Самарянка – на 0,22 т/га, на линии 05-82 – на 0,31 т/га. В нашем опыте действие препаратов КБ и Мелафена сопоставимо с действием минерального азота в дозе 60 кг/га в действующем веществе. В вариантах с использованием минерального азота прибавки урожая зерна составили 17-27%. Структурный анализ снопового материала показал, что увеличение урожая зерна фасоли произошло за счёт формирования большего количества бобов и соответственно семян (линия 05-82), или за счёт укрупнения семян (сорты Стрела и Самарянка).

Ключевые слова: фасоль, клубеньковые бактерии, Мелафен, минеральный азот, структурный анализ.

Фасоль (*Phaseolus vulgaris*) важная продовольственная культура, играющая заметную роль в питании человека прежде всего благодаря высокому содержанию белка, которое в среднем колеблется в пределах 20...30%, а у некоторых сортов доходит до 40%. Белок фасоли по своему качеству близок к белкам мяса и усваивается организмом человека почти на 90%. Содержание жира может быть 1,8...2,0%, а углеводов около 60% [1]. В России площадь посевов находится в пределах 4,0 тыс. га (главным образом в личных подворьях), а общая площадь посевов фасоли в мире около 30 млн га [2]. Одной из основных биологических особенностей фасоли, как и других представителей семейства Leguminosae, является её способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями (род *Rhizobium*) ассимилировать атмосферный азот [3]. При наличии благоприятных условий фасоль может фиксировать азот атмосферы до 70-80 кг/га. При отсутствии клубеньковых бактерий в почве, что возможно в случае если фасоль ранее не возделывалась на данных полях, инокуляция, иначе предпосевная обработка семян препаратами клубеньковых бактерий, является приёмом весьма желательным. Кроме того при искусственном заражении семян КБ мы можем использовать штаммы бактерий более конкурентоспособные и эффективные при этом комплементарные определённому сорту. Достаточно много исследований свидетельствуют о положительном влиянии инокуляции на урожай фасоли. В тоже время имеются данные об отсутствии положительного эффекта от инокуляции, о чём мы писали в предыдущей работе [4]. Противоречивость результатов может быть обусловлена отсутствием благоприятных условий, необходимых для процесса симбиотической азотфиксации. Они многочисленны и не всегда подконтрольны человеку. К примеру, трудно противостоять быстро меняющемуся климату, но контролировать такие факторы, оптимизирующие процессы симбиотической азотфиксации, как кислотность почвы, наличие в ней минеральных и органических веществ, вполне

возможно и нужно. Правильный выбор предшественника, известкование почвы являются одними из основных условий успешных взаимоотношений макро-и микросмбионтов. При этом достаточно важным является правильный подбор обоих участников симбиотических взаимоотношений друг другу (комплементарность), чему и посвящены в значительной степени наши исследования.

Другим важным вопросом в усилении симбиотических взаимоотношений является стимулирование уже имеющихся в почве диких (спонтанных) штаммов клубеньковых бактерий в ризосфере и ризоплане растений. Многочисленные исследования о роли природных стимуляторов роста, к примеру, индолилуксусной кислоты (ИУК) были описаны в классической монографии Е.Н. Мишустина и В.К. Шильниковой [5]. Исследования по применению синтетических регуляторов роста говорят о возможном успешном применении данных препаратов для усиления процесса симбиоза, хотя механизмы этого мало изучены и могут быть разными [6,7]. Нами был принят в испытание синтетический регулятор роста Мелафен [8], применяемый в сверхнизких концентрациях ($1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$) и имеющий довольно низкую стоимость (5 мл. концентрата или 100 руб./га). Мелафен является синтетическим регулятором роста нового поколения, представляющий собой меламиновую соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты. Мелафен обеспечивает увеличение урожайности от 15 до 60% разных сельскохозяйственных культур. На зернобобовых и крупяных культурах препарат не испытывался.

Основной задачей наших исследований явилось изучение симбиотической азотфиксации на фасоли и влияния на этот процесс факторов, включающих искусственное заражение семян клубеньковыми бактериями в сравнении со спонтанным заражением, а также возможным влиянием на этот процесс синтетического регулятора роста Мелафен.

Материалы и методы исследований

Научные исследования выполнены в 2017-2019 гг. на базе лаборатории генетики и биотехнологии ФНЦ ЗБК с использованием Методики полевого опыта (Доспехов, 1985). Почва опытного участка тёмно-серая лесная, тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими характеристиками: P_2O_5 – 14,0-14,5 мг/100 г почвы (содержание повышенное), K_2O – 12,1-12,3 мг/100 г почвы (содержание повышенное), гумус – 5,4% (содержание среднее), рНсол. – 5,4-5,6 (ср. кислая). Предшественник чёрный пар. Посев, при норме 400 (в 2019 г. – 350) тысяч всхожих семян проводили сеялкой СКС-6-10 широкорядным способом. Учетная площадь делянки составила 7,2 м². 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 $1 \cdot 10^{-8}$ проводили 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 Сампо130 прямым способом. Урожайные данные обрабатывали математическим методом дисперсионного анализа.

Результаты исследований

Климатические условия 2017-2019 гг. в течение вегетационных периодов в целом соответствовали нормальному росту и развитию фасоли.

Однако следует отметить, что достаточное количество осадков наблюдалось лишь в начале июля. Ещё более тревожным фактором явилась динамика повышения температур воздуха. Так средне июньская температура в 2017 г. отмечена $15,8^{\circ}$, в 2018 г. – 18° , в 2019 г. – $20,7^{\circ}C$.

При сравнении динамики возрастания температур по годам, совпадающих с критическим периодом развития растений, а именно цветения, можно отметить зависимость урожая от температуры воздуха (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зерна фасоли и масса клубеньков

Вариант	2017		2018		2019		Среднее за 3года			
	Урожайность, т/га	Масса клубеньков, мг/раст	Урожайность, т/га	Масса клубеньков, мг/раст.	Урожайность, т/га	Масса клубеньков, мг/раст.	Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Масса клубеньков, мг/раст.
								т/га	%	
Стрела										
Контроль	2,83	7	1,62	0	1,02	12	1,82	-	-	6
N ₆₀	3,07	0	2,30	30	1,51	23	2,29	0,47	26	18
Штамм 653	2,99	165	1,88	210	1,61	59	2,16	0,34	19	145
Штамм 26-34	2,92	71	1,94	346	1,49	47	2,12	0,30	17	155
Штамм 700	-	-	2,27	130	1,62	89	-	-	-	-
Мелафен	2,95	140	2,29	66	1,57	130	2,27	0,45	25	112
НСР ₀₅	0,28		0,18		0,11			0,6		14
Линия 05-82										
Контроль	2,70	6	2,07	37	0,78	36	1,85	-		26
N ₆₀	2,96	0	2,58	8	0,94	37	2,16	0,31	17	15
Штамм 653	3,14	117	2,18	170	1,22	54	2,18	0,33	18	114
Штамм 26-34	2,95	276	2,24	243	1,08	79	2,09	0,24	13	199
Штамм 700	-	-	2,29	271	1,03	81	-	-	-	-
Мелафен	3,19	192	2,44	116	1,00	173	2,21	0,36	19	160
НСР ₀₅	0,22		0,18		0,11			0,6		64
Самарянка										
Контроль	1,07	60	0,94	0	0,38	0	0,80	--		20
N ₆₀	1,44	0	1,10	0	0,51	0	1,02	0,22	27	0
Штамм 653	1,57	280	1,56	230	0,78	51	1,30	0,50	63	187
Штамм 26-34	1,47	212	1,38	169	0,50	47	1,12	0,32	40	142
Штамм 700	-	-	1,25	218	0,49	17	-	-	-	-
Мелафен	1,19	66	1,25	185	0,48	27	0,97	0,17	21	93
НСР ₀₅	0,16		0,18		0,11			0,6		64

Подобная зависимость от высокой температуры, сопровождаемая атмосферной засухой, вполне объяснима, если подобные явления совпадают с критическим периодом развития растений, что у большинства растений приходится на цветение и сопровождается стерилизацией пыльцы и, как следствие, снижением урожая.

В таблице 1 приведены усредненные данные за 2017-2019 гг. не только по урожаю, но и по одному из основных показателей симбиотической азотфиксации – массе клубеньков. Как следует из таблицы, инокуляция семян фасоли препаратами клубеньковых бактерий увеличивала массу клубеньков всеми испытанными штаммами (штамм 700 в 2017 г. не испытывали) и урожай зерна фасоли. Прибавки урожая составили, в среднем за 3 года, на сорте Стрела 0,30-0,47 т/га (17-26%), на линии 05-82 0,24-0,31 т/га (13-18%), на сорте Самарянка 0,22-0,50 т/га (27-63%), что сопоставимо с применением минерального азота в дозе 60 кг/га д. в. в вариантах, с которым прибавки составили на сорте Стрела 0,47 т/га (26%), на линии 05-82 0,31т/га (17%), на сорте Самарянка 0,22 т/га (27%). Спонтанная инокуляция в контрольных вариантах, включая варианты с азотом, также имела место, хотя крайне незначительное, или отсутствовала вовсе.

Отдельную положительную роль сыграл синтетический регулятор роста Мелафен. Прибавки урожая зерна от применения Мелафена составили на сорте Стрела 0,45 т/га (25%), на линии 05-82 – 0,36 т/га (19%), на сорте Самарянка – 0,17 т/га (21%). При этом отмечен, хотя и менее выраженный, но стимулирующий эффект Мелафена на нодуляцию.

Таким образом, все испытанные препараты клубеньковых бактерий и синтетический регулятор роста Мелафен оказали положительное действие на урожай зерна фасоли и с успехом заменили применение минерального азота в дозе 60 кг/га.

Структурный анализ снопового материала (табл.2) показал, что во всех вариантах опыта увеличение урожая произошло за счёт крупности семян (масса 1000 семян) на сортах Стрела и Самарянка, а также за счёт формирования большего количества бобов (линия 05-82) и, соответственно, большего количества семян.

Таблица 2

Структурный анализ урожая (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант	Масса 1 раст., г	Высота прикреп. нижнего боба, см	Число стеблей шт/раст.	Число бобов шт/раст.	Число семян шт/раст.	Число семян шт/боб	Масса семян г/раст.	Масса 1000 семян г.
Стрела								
Контроль	15,9	12,8	3,0	10,4	34,4	3,4	9,8	280
N ₆₀	20,2	13,5	3,2	13,6	38,4	3,4	11,3	299
Штамм 653	19,4	12,5	3,2	12,8	37,8	3,5	11,0	292
Штамм 26-34	20,0	13,2	3,0	13,1	40,5	3,5	12,5	302
Штамм 700	16,6	14,6	3,3	10,8	36,3	3,4	10,6	293
Мелафен	20,9	15,0	3,4	12,9	41,1	3,2	12,2	295
Линия 05-82								
Контроль	14,0	12,3	4,1	11,2	27,4	2,5	8,3	303
N ₆₀	20,2	12,4	4,7	16,6	35,9	2,5	10,9	302
Штамм 653	14,9	11,8	4,7	11,8	30,1	2,7	8,7	289
Штамм 26-34	17,5	13,5	4,2	14,3	34,2	2,6	10,4	317
Штамм 700	19,7	12,2	5,2	16,9	42,6	2,6	10,7	284
Мелафен	20,8	12,9	4,8	17,3	41,5	2,6	12,1	312
Самарянка								
Контроль	19,6	11,8	4,4	7,4	19,7	2,7	12,5	594
N ₆₀	19,4	11,5	4,7	7,8	21,3	2,7	14,2	676
Штамм 653	18,4	11,1	4,4	7,8	20,4	2,7	13,3	651
Штамм 26-34	22,2	10,9	4,4	8,4	21,4	2,7	14,2	663
Штамм 700	22,4	12,3	4,6	7,7	19,6	2,7	13,6	694
Мелафен	20,4	11,9	4,9	7,9	20,7	2,7	12,6	618

Общая масса растений (в таблице она представлена массой одного растения) находилась в прямой зависимости от урожая зерна. Зависимости между обработками семян разными препаратами и высотой прикрепления нижнего боба, количеством стеблей, количеством семян в бобе не установлено.

Заключение

В результате проведённых исследований в полевом опыте 2017-2019 гг. получены положительные результаты от применения штаммов клубеньковых бактерий 653, 26-34, 700 на сортах фасоли Стрела, Самарянка и линии 05-82.

В среднем за 3 года на сорте Стрела получены прибавки урожая от применения штаммов клубеньковых бактерий на 17-19%, на линии 05-82 – на 13-18%, на сорте Самарянка – на 40-63%.

Применение синтетического регулятора роста Мелафена также, хотя и в меньшей степени, чем препараты КБ, стимулировало образование клубеньков и увеличило урожай

фасоли в среднем за 3 года на сорте Стрела на 25%, на линии 05-82 – на 17%, на сорте Самарянка – на 27%.

Увеличение урожая зерна фасоли от применения препаратов клубеньковых бактерий и Мелафена можно сопоставить с применением минерального азота в дозе N_{60} по действующему веществу и произошло за счёт таких элементов его структуры как крупность (масса 1000 семян) на сортах Стрела и Самарянка и количества сформированных бобов, как на линии 05-82.

Литература

1. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Мирошникова М.П. // Биохимия фасоли. Орел. Изд-во ОрелГАУ. – 2008. – 108 с.
2. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин Н.В. Зернобобовые культуры важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-16.
3. 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. – 2012. – № 2. – С. 21-26.
4. Гурьев Г.П., Васильчиков А.Г. Эффективность инокуляции семян фасоли препаратами клубеньковых бактерий и синтетическим регулятором роста Мелафен. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28) – С.33-38.
5. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. Москва. – 1968. – 60 с.
6. Волобуева О.Г., Шильникова В.К., Гурьев Г.П. Использование синтетических регуляторов роста для обработки семян гороха. // Тезисы докладов 2 Всесоюзной конференции: «Биологический азот». Калуга. – 1991.- С.25.
7. Шильникова В.К., Волобуева О.Г., Гурьев Г.П. Симбиотическая активность и урожайность растений гороха под влиянием синтетических регуляторов роста. // Тезисы докладов 4 Всесоюзной конференции «Микроорганизмы в сельском хозяйстве». – Пушкино. – 1992. – С.139-140.
8. Фаттахов С.Г. и др. Мелафен – перспективный препарат для сельского хозяйства. Механизмы действия и область применения. – Казань. – 2014. – 408 с.

THE EFFECT OF NODULE BACTERIA AND THE SYNTHETIC GROWTH REGULATOR MELAFEN ON THE YIELD OF BEANS AND ITS STRUCTURAL ELEMENTS

G.P. Guriev

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: The article presents the results of studies in the field experiment 2017-2019. Positive results were obtained from the use of preparations of nodule bacteria (NB) strains 653, 26-34, 700. The yield increase from seed inoculation amounted to Strela variety 0,30-0,34 t/ha, to line 05-82 0,24-0,33 t/h, to Samaryanka variety 0,32-0,50 t/ha. The use of the synthetic growth regulator Melafen stimulated the formation of nodules on the roots of beans and increased the yield of grain on the variety Strela on 0,45 t/ha, on the variety – on 0,22 t/ha, on line 05-82 – on 0,31 t/ha. In our experience, the effect of NB and Melafen preparations is comparable to the action of mineral nitrogen at a dose of 60 kg/ha in the active substance. In variants using nitrogen, grain yield increases amounted to 17-27%. Structural analysis of the sheaf material showed that an increase in the yield of beans was due to the formation of a larger number of beans and seeds, respectively (line 05-82), or due to the enlargement of seeds (varieties Strela and Samaryanka).

Keywords: beans, nodule bacteria, Melafen, mineral nitrogen, structural analysis.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ НУТА В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. ГРИНЬКО, Н.Н. ВОШЕДСКИЙ, В.А. КУЛЫГИН,

кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

E-mail: grinko82@mail.ru

Установлено, что отличия влияния отвальной вспашки на 25-27 см и комбинированной обработки (поверхностная на 14-16 см + щелевание на 40-45 см) при фоне НРК на урожайность нута были минимальными. Несколько более высокий средний показатель отмечен на варианте отвальной вспашки (23,1 ц/га), но соответствующая разница не превысила 0,9%. При этом в благоприятный по тепловлагообеспеченности «средний» год (ГТК=0,64) более высокая урожайность (на 3,5%) отмечена при комбинированной обработке. В «сухой» год (ГТК=0,35) – на варианте отвальной вспашки (на 4,2%). Средний фон минерального питания $N_{15}P_{40}K_{40}$ способствовал получению прибавок урожайности: по отвальной обработке – 22,8%, комбинированной – 21,2%, поверхностной – 14,6%, по сравнению с контролем. На высоком фоне удобрений $N_{30}P_{80}K_{80}$ аналогичные показатели достигли по обработкам: отвальной – 39,2%, комбинированной – 35,5%, поверхностной – 29,2%. Лучшая отдача от применения удобрений на вариантах отвальной и комбинированной обработок обеспечивалась средним фоном минерального питания ($N_{15}P_{40}K_{40}$), составив, соответственно, 3,37-4,63 и 4,31-4,42 кг/кг. В «средний» по тепловлагообеспеченности год (ГТК=0,64) отдача от применения удобрений на фонах $N_{15}P_{40}K_{40}$ и $N_{30}P_{80}K_{80}$, независимо от способа основной обработки почвы, оказалась выше соответственно на 29,6-39,9% и 51,8-96,5%, по сравнению с «сухим» годом (ГТК=0,35).

Ключевые слова: нут, удобрения, обработка почвы, продуктивная влага, урожайность, прибавка, отдача.

В последние годы одной из наиболее перспективных зернобобовых культур, посевные площади под которой устойчиво возрастают, является нут [1-3]. В 2018 г. посевная площадь под нутом в РФ достигла 851,2 тыс. га, что на 355,2 тыс. га больше, чем в предыдущем году. В Ростовской области посевы нута с 2016 по 2018 гг. увеличились с 28,5 до 74,1 тыс. га. Аналогичная тенденция отмечается и в ряде других регионов [4]. Перспективность нута обусловлена рядом факторов. Прежде всего, зерно нута обладает высокой питательной ценностью, богато белками, углеводами, жирами, разными витаминами, другими биологически ценными веществами. Находит широкое применение в продовольственных целях, используется в медицине, является ценным кормом для животноводческой отрасли, что предопределяет высокий современный спрос на культуру. Нут является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур в севообороте. Обладая высокой азотфиксирующей способностью, создает благоприятные условия для повышения почвенного плодородия [2, 5, 6]. Относительно ранние в южных регионах сроки уборки нута способствуют своевременной обработке почвы под последующую культуру и накоплению запасов почвенной влаги. Нут считается одной из потенциальных культур, способных заменить в севооборотах пары, содержание которых в современных рыночных условиях становится для сельхозпроизводителей дорогостоящим мероприятием [2].

Важным свойством нута является его высокая адаптивность к засушливым условиям

выращивания, характерным для юга России. Обладая стабильной устойчивостью к стрессам, вызванным повышенными летними температурами воздуха, даже в названных, неблагоприятных условиях, нут способен давать стабильные урожаи зерна. Это выгодно отличает его от многих других зернобобовых культур [1-3]. Однако продуктивность нута в зоне недостаточного увлажнения не соответствует потенциальным возможностям данной культуры. Например, в Ростовской области средняя урожайность нута в 2018 г. не превышала 6,7 ц/га (при посевной площади 74,1 тыс. га), в Краснодарском крае – 10,4 ц/га (при посевной площади 13,6 тыс. га), что значительно ниже проектных показателей [4]. Невысокая урожайность данной культуры в богарных условиях южных регионов обусловлена рядом объективных и субъективных факторов. Нут в Ростовской области пока является только набирающей обороты культурой. При росте ее посевных площадей не всегда имеет место адекватное научное обеспечение, внедрение и производственное освоение современных технологий. В дефиците остаются и новые урожайные сорта, хорошо приспособленные к местным условиям. В связи с этим, объектом наших исследований был новый, перспективный сорт нута Донплаза, предложенный селекционерами ФРАНЦ.

Одним из важных элементов технологии возделывания данной культуры, влияющим на ее продуктивность, является оптимизация способа основной обработки почвы в аспекте влагосбережения. Наряду с установленным ранее эффективным влиянием на повышение урожайности зерна глубокой вспашки, перспективным направлением становится переход на менее энергозатратные способы обработки почвы [2, 3, 5]. Поэтому, кроме традиционной глубокой отвальной вспашки, нами выявлялись и рациональные, ресурсосберегающие варианты основной обработки почвы. Ранее проведенными исследованиями установлена относительно высокая отзывчивость нута на применение фосфорно-калийных удобрений, оптимальные нормы которых должны быть установлены для конкретных почвенно-климатических условий [2, 4]. Применение азотных удобрений, с учетом высокой азотфиксирующей способности нута, в наших опытах было сведено к минимуму. Среди направлений исследований было и выявление особенностей водопотребления данной культуры в разные по тепловлагообеспеченности годы.

Цель исследований – выявить оптимальное сочетание способов основной обработки почвы и уровней минерального питания на продуктивность и особенности водопотребления нута в условиях Приазовской зоны Ростовской области.

Материалы и методы

Исследования проводились на опытном стационаре в 2018-2019 гг. При проведении опыта использовалась типичная схема изучения новых сортов зернобобовых культур [7, 8]. Опыт двухфакторный. Фактор А – Способ обработки почвы, варианты: 1. Отвальная на 25-27 см (ПЛН- 4-35) (контроль); 2. Комбинированная (поверхностная на 14-16 см (БДТ-3) + щелевание на 40-45 см (Щ-2)); 3. Поверхностная на 12-14 см (АКВ-4). Фактор Б – Режим питания растений: 1. Без удобрений (контроль) (б/у); 2. Средний уровень – $N_{15}P_{40}K_{40}$ (0,5 NPK); 3. Высокий уровень – $N_{30}P_{80}K_{80}$ (NPK) [7]. Норма посева семян 1,0 млн шт./га. Удобрения вносились дробно: под основную обработку почвы – $P_{80}K_{80}$, и $P_{40}K_{40}$. Азотные подкормки (аммиачная селитра) вносились по вариантам – (N_{30}), (N_{15}) в период полных всходов культуры. Энергетические затраты при разных основных обработках под нут существенно отличались, составив: при отвальной обработке 352, при комбинированной – 124, при поверхностной – 92 МДж/га. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным, карбонатным среднемощным легкосуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0-4,2 %, общего азота 0,22-0,25%. Реакция почвенного раствора рН 7,1-7,3. Плотность сложения пахотного слоя в ненарушенном состоянии составляет 1,27 г/см³ [7]. Агротехника при проведении опыта соответствовала зональным рекомендациям [9]. Опыты основывались на использовании общепринятых методик [10, 11].

Результаты и обсуждение

Одним из характерных показателей, наглядно отражающих климатические условия периода вегетации сельскохозяйственной культуры, является гидротермический коэффициент

ГТК – частное выпавших атмосферных осадков и среднесуточной суммы активных температур воздуха за вегетационный период. Этот показатель в годы приведения исследований заметно отличался, составив в 2018 – 0,35; в 2019 году – 0,64, характеризую вегетационные периоды как сухой и средний. Более наглядно эти отличия отражают показатели запасов продуктивной влаги в слое почвы 1,0 м в характерные фазы вегетации культуры по годам наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

Запасы продуктивной влаги под нутом в зависимости от способа основной обработки почвы (слой 1 м), мм /оценка

Способ обработки почвы	Время определения запасов влаги / оценка			
	посев	полные всходы	цветение	полная спелость
2018 год				
Отвальный	152 хорошие	81 плохие	68 плохие	43 очень плохие
Комбинированный	158 хорошие	85 плохие	71 плохие	46 очень плохие
Поверхностный	165 очень хорошие	89 плохие	74 плохие	44 очень плохие
2019 год				
Отвальный	167 очень хорошие	125 хорошие	91 удовлетворит.	63 плохие
Комбинированный	171 очень хорошие	129 хорошие	93 удовлетворит.	67 плохие
Поверхностный	177 очень хорошие	131 хорошие	94 удовлетворит.	65 плохие

Анализ приведенных данных показывает значительные отличия условий вегетации нута в критический период водопотребления растений в разные по тепловлагообеспеченности годы исследований. В засушливых условиях 2018 года запасы продуктивной почвенной влаги перед посевом нута по отвальной и комбинированной обработкам не превышали 152-158 мм, что характеризует их объем как хорошие. Несколько лучшим данный показатель был после поверхностной обработки – 165 мм с оценкой очень хорошие. В благоприятный по метеоусловиям 2019 год, независимо от способа основной обработки почвы, аналогичные запасы влаги перед посевом были значительно выше, чем в предыдущем, засушливом году, и оценивались как очень хорошие, достигая в метровом слое 167-177 мм.

Аналогичная тенденция сохранилась и в другие фазы вегетации нута, при которой оценка почвенных влагозапасов в условиях 2019 года была на порядок выше, чем в 2018 г. В период полных всходов, соответственно, 125-131 мм (хорошие) и 81-89 мм (плохие); цветения – 91-94 мм (удовлетворительные) и 68-74 мм (плохие).

Отличия условий вегетации нута по вариантам в годы исследований отразились на показателях урожайности (табл. 2).

Наибольшая урожайность нута в засушливых условиях 2018 года, независимо от фона минерального питания, отмечена по комбинированной обработке почвы, которая изменялась по вариантам опыта в пределах 15,8-20,6 ц/га, что на 0,7-0,9 ц/га, или на 3,5-6,0% выше, чем при отвальной вспашке (контроль). В условиях поверхностной основной обработки почвы урожайность нута была значительно ниже - 3,6-5,9 ц/га, или 24,2-29,6% к контролю.

В более благоприятных по тепло и влагообеспеченности условиях 2019 г. самая высокая урожайность отмечена на вариантах отвальной вспашки, варьируя, в зависимости от фона удобрений, от 18,3 до 26,3 ц/га. При комбинированной обработке данный показатель оказался ниже на 0,4-1,1 ц/га (2,2-4,2%). На участках с поверхностной обработкой урожайность зерна была значительно меньше, чем на контроле, а разница составила 2,2-4,9 ц/га (12,0-19,4%).

Таблица 2

Влияние способов основной обработки почвы на урожайность нута

Способ основной обработки почвы	б/у		0,5 NPK		NPK	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
2018 год						
Отвальная (контроль)	14,9	100	18,1	100	19,9	100
Комбинированная	15,8	106,0	18,8	103,9	20,6	103,5
Поверхностная	11,3	75,8	13,0	71,8	14,0	70,4
2019 год						
Отвальная (контроль)	18,3	100	22,7	100	26,3	100
Комбинированная	17,9	97,8	22,1	97,4	25,2	95,8
Поверхностная	16,1	88,0	18,3	80,6	21,4	81,4
Средняя						
Отвальная (контроль)	16,6	100	20,4	100	23,1	100
Комбинированная	16,9	101,8	20,5	100,5	22,9	99,1
Поверхностная	13,7	82,5	15,7	77,0	17,7	76,6
Общее НСР ₀₅ = 0,98-1,06 ц/га; факторы – А: НСР ₀₅ – 0,71-0,75 ц/га; В: НСР ₀₅ – 1,08-1,11 ц/га						

В среднем за годы наблюдений, на вариантах с фоном удобрений NPK несколько большая урожайность нута получена по варианту отвальной вспашки и была выше на 0,2 ц/га (0,9%), чем при комбинированной обработке. На вариантах с нормой 0,5 NPK и без удобрений аналогичный показатель оказался несколько выше после комбинированной обработки, а соответствующая разница не превышала 0,1-0,3 ц/га (0,5-1,8%), по сравнению с контролем. По варианту поверхностной обработки урожайность нута была ниже на 2,9-5,4 ц/га, или 17,5-23,4%, чем по отвальной вспашке.

Различия в тепло и влагообеспеченности вегетационных периодов нута в годы исследований отразились на показателях отдачи от применения удобрений (табл. 3).

Таблица 3

Влияние фона удобрений на продуктивность нута

Способ основной обработки почвы	Год	Урожайность, ц/га, фон NPK			Прибавка урожайности от удобрений			
		б/у	0,5 NPK	NPK	0,5 NPK		NPK	
					ц/га	%	ц/га	%
Отвальная	2018	14,9	18,1	19,9	3,2	21,5	5,0	33,6
	2019	18,3	22,7	26,3	4,4	24,0	8,0	43,7
	сред.	16,6	20,4	23,1	3,8	22,8	6,5	39,2
Комбинированная	2018	15,8	18,8	20,6	3,0	19,0	4,8	30,4
	2019	17,9	22,1	25,2	4,2	23,5	7,3	40,8
	сред.	16,9	20,5	22,9	3,6	21,3	6,0	35,5
Поверхностная	2018	11,3	13,0	14,0	1,7	15,0	2,7	23,9
	2019	16,1	18,3	21,4	2,2	13,7	5,3	32,9
	сред.	13,7	15,7	17,7	2,0	14,6	4,0	29,2

Независимо от способа основной обработки почвы в засушливых условиях 2018 г. средний фон минерального питания (0,5 NPK) обеспечивал прибавки урожайности в пределах 1,7-4,1 ц/га, или 15,0-25,9%, по сравнению с контролем. При лучшей влагообеспеченности 2019 г. аналогичные прибавки в абсолютных показателях были несколько больше, составив 2,2-4,4 ц/га, а в относительных – не превысили 13,7-24,0%.

Более существенные отличия в увеличении урожайности нута от применения удобрений в разные по тепло и влагообеспеченности годы наблюдались на вариантах с высоким фоном питания (NPK). Здесь, при разных способах обработки почвы, прибавки в урожайности в 2018

г. составили 2,7-5,0 ц/га (23,9-33,6%), в 2019 г. они были выше - 5,3 - 8,0 ц/га, или 32,9-43,7%, по сравнению с контролем.

Независимо от способа основной обработки почвы в засушливых условиях 2018 г. средний фон минерального питания (0,5 NPK) обеспечивал прибавки урожайности в пределах 1,7-4,1 ц/га, или 15,0-25,9%, по сравнению с контролем. При лучшей влагообеспеченности 2019 г. аналогичные прибавки в абсолютных показателях были несколько больше, составив 2,2-4,4 ц/га, а в относительных – не превысили 13,7-24,0%.

Более существенные отличия в увеличении урожайности нута от применения удобрений в разные по тепло и влагообеспеченности годы наблюдались на вариантах с высоким фоном питания (NPK). Здесь, при разных способах обработки почвы, прибавки в урожайности в 2018 г. составили 2,7-5,0 ц/га (23,9-33,6%), в 2019 г. они были выше - 5,3 - 8,0 ц/га, или 32,9-43,7%, по сравнению с контролем.

В среднем, фон минерального питания N₁₅P₄₀K₄₀ способствовал получению прибавок урожайности: по отвальной обработке – 3,8 ц/га (22,8%), комбинированной – 3,6 ц/га (21,2%), поверхностной – 2,0 ц/га (14,6%), по сравнению с контролем. Высокий фон удобрений обеспечивал более высокие аналогичные показатели, которые составили: по отвальной обработке – 6,5 ц/га (39,2%), %, комбинированной – 6,0 ц/га (35,5%), поверхностной обработке – 4,0 ц/га (29,2%). Определенные закономерности отмечены и в показателях эффективности использования удобрений в годы исследований (табл. 4).

Таблица 4

Анализ эффективности применения удобрений под нут

Фон удобрений	Способ основной обработки почвы	Год	Прибавка от удобрений, ц/га	Окупаемость удобрений прибавкой урожая	
				кг/кг	% к 2018 г.
N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀	Отвальный	2018	3,2	3,37	100
		2019	4,4	4,63	137,4
	Комбинированный	2018	3,0	3,16	100
		2019	4,2	4,42	139,9
	Поверхностный	2018	1,7	1,79	100
		2019	2,2	2,32	129,6
N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀	Отвальный	2018	5,0	2,63	100
		2019	8,0	4,21	160,8
	Комбинированный	2018	4,8	2,53	100
		2019	7,3	3,84	151,8
	Поверхностный	2018	2,7	1,42	100
		2019	5,3	2,79	196,5

Лучшая отдача от применения удобрений на вариантах отвальной и комбинированной обработок обеспечивалась средним фоном минерального питания (N₁₅P₄₀K₄₀), составив по годам, соответственно, 3,37-4,63 и 4,31-4,42 кг/кг. При высоком фоне (N₃₀P₈₀K₈₀) аналогичные показатели не превышали 2,63-4,21 и 2,53-3,84 кг/кг. В условиях поверхностной обработки лучшая отдача от применения удобрений в 2018 г. получена на среднем (1,79 кг/кг), а в 2019 г. – на высоком фоне удобрений (2,79 кг/кг).

Сравнительная оценка эффективности применения удобрений при возделывании нута отражает значительно лучшие показатели, полученные в более благоприятных по тепло и влагообеспеченности условиях вегетационного периода 2019 года. При этом, на фоне 0,5 NPK после отвальной, комбинированной и поверхностной обработок, отдача от применения удобрений была выше, чем в условиях 2018 года, соответственно на 37,4%; 39,9 и 29,6%. Аналогичная разница на вариантах высокого фона удобрений (NPK) достигала 60,8%, 51,8 и 96,5%.

В годы исследований отмечены существенные отличия показателей водного баланса

нута. Суммарное водопотребление (Е) нута слагалось из атмосферных осадков (Х) и изменения запасов почвенной влаги (ΔW). Уровень грунтовых вод на опытных участках превышал 5 м, ввиду чего в водном балансе не учитывался. Разные способы основной обработки оказали определенное влияние на изменение коэффициента водопотребления нута (Кв), что наглядно отражают данные варианта с высоким фоном НРК (табл. 5). Элементы водного баланса нута в 2018 году, независимо от способа основной обработки, в суммарном водопотреблении (2038-2158 м³/га) составили: расход воды из почвы – 1090-1210 м³/га (53,5-56,1%), осадки – 948 м³/га (43,9-46,5%). Эти же показатели в 2019 г. имели заметные отличия и составили, соответственно, 1040-1120 м³/га (35,6-38,3%), и 1802 м³/га (61,7-63,9%) при суммарном водопотреблении 2822-2922 м³/га.

Таблица 5

Водный баланс нута в зависимости от способов основной обработки

Способ основной обработки	Год	ΔW , м ³ /га	Х, м ³ /га	Е, м ³ /га	У, т/га	Кв, м ³ /т
Отвальная	2018	1090	948	2038	1,99	1024
	2019	1040	1802	2842	2,63	1081
Комбинированная	2018	1120	948	2068	2,06	1004
	2019	1020	1802	2822	2,52	1120
Поверхностная	2018	1210	948	2158	1,51	1429
	2019	1120	1802	2922	2,14	1365

Приведенные цифры отражают значительное отличие вегетационных периодов нута в разные годы по количеству выпавших атмосферных осадков, разница составляет 1,9 раз. Коэффициенты водопотребления нута при отвальной и комбинированной обработках оказались несколько ниже в относительно засушливом 2018 году, а в условиях поверхностной основной обработки более рациональное использование влаги на получение единицы продукции наблюдалось в более благоприятном по тепло и влагообеспеченности 2019 г.

При этом лишь в условиях комбинированной обработки разница в коэффициенте водопотребления составила 11,6%, а при отвальной и поверхностной обработках почвы такие же показатели не превысили 5,9% и 4,5%.

Заключение

Отличия влияния способов основной обработки почвы – отвальной вспашки на 25-27 см и комбинированной обработки (поверхностная на 14-16 см + щелевание на 40-45 см) при фоне НРК на урожайность нута были минимальными. Несколько более высокий средний показатель отмечен на варианте отвальной вспашки (23,1 ц/га), но соответствующая разница не превысила 0,9%. При этом, в благоприятный по тепло и влагообеспеченности средний год (ГТК=0,64) более высокая урожайность (на 3,5%) отмечена при комбинированной обработке, а в сухой (ГТК=0,35) – на варианте отвальной вспашки (на 4,2%).

Средний фон минерального питания N₁₅P₄₀K₄₀ способствовал получению прибавок урожайности: по отвальной обработке – 3,8 ц/га (22,8%), комбинированной – 3,6 ц/га (21,2%), поверхностной – 2,0 ц/га (14,6%), по сравнению с контролем. На высоком фоне удобрений N₃₀P₈₀K₈₀ аналогичные показатели достигли по обработкам: отвальной – 6,5 ц/га (39,2%), комбинированной – 6,0 ц/га (35,5%), поверхностной – 4,0 ц/га (29,2%).

Лучшая отдача от применения удобрений на вариантах отвальной и комбинированной обработок обеспечивалась средним фоном минерального питания (N₁₅P₄₀K₄₀), составив по годам, соответственно, 3,37-4,63 и 4,31-4,42 кг/кг.

В средний по тепло и влагообеспеченности год (ГТК=0,64) отдача от применения удобрений на фонах N₁₅P₄₀K₄₀ и N₃₀P₈₀K₈₀, независимо от способа основной обработки почвы, оказалась выше соответственно на 29,6-39,9% и 51,8-6,5%, по сравнению с сухим годом (ГТК=0,35).

Литература

- 1 Акулов А.С., Беляева Ж.А. Сравнительная оценка различных сортов нута в зависимости от элементов технологии возделывания // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1. – С. 56-60.
- 2 Балашов В.В., Балашов А.В. Волгоградский нут: монография – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, – 2013. – 108 с.
- 3 Метлина Г.В., Васильченко С.А., Кривошеева Е.Д. Урожайность нута в зависимости от водного и пищевого режимов почвы Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018.– №3.–С 13-17. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-13-17>.
- 4 Кажан Н. Нут – культура для рисковых // Земля и жизнь. – Краснодар, «Типография № 3». – 2019. – № 16 (192). – С. 23.
- 5 Лёвкина А.Ю., Солодовников А.П., Шагиев Б.З., Беляева А.А., Полетаев И.С. Влияние способов основной обработки почвы на оптимизацию водного режима и урожайность нута // Кормопроизводство. – 2018. – № 12. – С. 14-17. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.21818
- 6 Лавренко С.О., Лавренко Н.Н. Экономическая эффективность выращивания нута в условиях Юга Украины // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – №4 (16). – С. 49-59.
- 7 Гринько А.В., Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Приемы возделывания нута в условиях обыкновенных черноземов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2019. – № 4 (78). – С. 84-88.
- 8 Зинченко В.Е., Гринько А.В., Кулыгин В.А., Вошедский Н.Н. Особенности возделывания сои на обыкновенных чернозёмах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 12. – С. 12-14. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11203.
- 9 Зональные системы земледелия Ростовской области (на 2013-2020 гг.): монография Донской ЗНИИСХ. – Ростов на Дону. – 2012. – Ч. 3. – 375 с.
- 10 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М.:, – 1985. – 352 с.
- 11 Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, – 1986. – 151 с.

Статья подготовлена в рамках выполнения задания № 0710-2019-0026 Программы ФНИ ГАН на 2019 год.

INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON YIELD AND WATER CONSUMPTION OF CHICKPEAS IN RAIN-FED CONDITIONS

A.V. Grinko, N.N. Voshedskij, V.A. Kulygin

FGBNU «ROSTOV FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE»

Abstract: *It was found that the differences between the effect of plowing on 25-27 cm and combined treatment (surface plowing on 14-16 cm + slitting on 40-45 cm) on the yield of chickpeas were minimal against the background of NRK. A slightly higher average was observed for the ploughing option (23,1 c/ha), but the corresponding difference did not exceed 0,9%. At the same time, in a favorable "average" year (SCC=0,64), a higher yield (by 3,5%) was noted with combined processing. In the "dry" year (SCC=0,35) – on the option of plowing (4,2%). The average background of mineral content $N_{15}R_{40}K_{40}$ contributed to yield increases: on the dump treatment – 22,8%, combined – 21,2%, surface – 14,6%, compared with the control. Against a high background of fertilizers $N_{30}R_{80}K_{80}$ similar indicators were achieved for processing: dump – 39,2%, combined – 35,5%, surface – 29,2%. The best return from the use of fertilizers on the options of dump and combined treatments was provided by the average background of mineral nutrition ($N_{15}P_{40}K_{40}$), amounting, respectively, to 3,37-4,63 and 4,31-4,42 kg/kg. In the "average" year for heat and moisture supply (SCC=0,64), the return from the use of fertilizers on the backgrounds of $N_{15}R_{40}K_{40}$ and $N_{15}R_{40}K_{40}$, regardless of the method of basic soil treatment, was higher by 29,6-39,9% and 51,8-96,5%, respectively, compared with the "dry" year (SCC=0,35).*

Keywords: chickpeas, fertilizers, tillage, productive moisture, yield, increase, return.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТООБРАЗЦЫ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО С ВЫСОКИМИ КОРМОВЫМИ КАЧЕСТВАМИ ДЛЯ УСЛОВИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА

М.А. ТОРМОЗИН, кандидат сельскохозяйственных наук,
А.А. ЗЫРЯНЦЕВА

ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН

В статье изложены результаты изучения новых сортов клевера лугового в питомнике конкурсного сортоиспытания (2016-2018 гг.) по комплексу хозяйственно ценных признаков. Выявлена высокая зимостойкость всех сортов. К наиболее высокозимостойким можно отнести номера 144-98, 149-98 и Оникс (+2-4% к стандарту). Высокий сбор сухого вещества в первый год пользования варьировал 5,42-7,52 т/га, на второй год пользования от 5,25 до 7,78 т/га, в среднем за два года пользования составил 5,34-7,65 т/га. По данному показателю в среднем за цикл конкурсного сортоиспытания выделились сортообразцы: 149-98, 147-98 (+4,9%) и 144-98 (+18,2%). Высокий сбор протеина в первый год пользования обеспечили сортообразцы: 150-98 – 1068 кг/га, превышение над стандартом на 24,9%, 149-98 – 1122 кг/га - на 31,2%, 151-98 – 1139 кг/га и 144-98 – 1346 кг/га превышение на 33,2 и 57,4% соответственно. Во второй год пользования высокий сбор протеина обеспечили номера: Оникс, 147-98 и 144-98 превышение над стандартом Орион (1058 кг/га) на второй год пользования составило соответственно на 5,7, 12,0 и 26,5%. По урожайности семян в 2017 г. достоверно превысили стандарт Орион (122,5 кг/га) номера: 149-98 – 131,5 кг/га, 144-98 – 157,0 кг/га. По комплексу хозяйственно-ценных признаков (зимостойкость, высокие урожайность кормовой массы и семян, сбор белка с гектара) выделены 3 перспективных номера – 144-98, 149-98 и 147-98.

Ключевые слова: клевер луговой, сорт, селекция, зимостойкость, сухое вещество, сырой протеин, урожайность семян.

В создании прочной кормовой базы для животноводства существенная роль принадлежит многолетним травам. Они имеют фундаментальное значение для устойчивого развития кормопроизводства, биологизации земледелия, расширенного воспроизводства почвенного плодородия, заготовки различных видов кормов и решения проблемы белкового дефицита [1].

Одним из главных резервов увеличения производства кормов является создание и внедрение новых высокопродуктивных сортов. Практика завоза сортов инорайонной селекции в Свердловскую область не оправдала себя, так как неадаптированные к местным условиям сорта имеют низкую зимостойкость и продуктивность, большую продолжительность вегетационного периода. Так, например, нами были изучены сорта Западно-Сибирской селекции (ФГБУН ФИЦ ТюмНЦ СО РАН) – Гефест, Памяти Бурлаки, Сальдо, Светлячок, Сударь [2], данные сорта отличались очень поздним временем цветения, вегетационный период был растянут, что не подходит для условий Среднего Урала. В связи с этим приобретает особое значение зональная селекция и создание сортов, способных более полно использовать биоклиматический потенциал региона.

Новые сорта клевера лугового наряду с высокой урожайностью зелёной и сухой массы, зимостойкостью, устойчивостью к болезням должны иметь высокое содержание протеина в кормовой массе и повышенный выход белка с единицы площади, поскольку дефицит белка в кормах остаётся, по-прежнему, актуальной проблемой развития животноводства. Низкое

качество кормов приводит к снижению продуктивности животноводства и перерасходу на 30-50 % объёмистых кормов и концентратов [3].

Эффективность клеверосеяния определяется обеспеченностью производства его сортовыми семенами. Однако за последние 25 лет валовые сборы семян клевера в стране сократились в 3 раза – до 8 тыс. т, что составляет лишь около 50% от научно обоснованной потребности в них. При этом импорт семян клевера возрос в 2 раза и составляет (по экспертным оценкам) около 0,6 тыс. т, в основном из международных фирм *DLF Trifolium* и *Barenbrug*, а также из Новой Зеландии и Канады [4, 5].

В селекционной работе с перекрестноопыляющимися культурами широко используется эффект гетерозиса для создания синтетических и искусственных сложногибридных популяций. С его помощью можно выделить растения, биотипы и образцы с высокой общей и специфической комбинационной способностью.

Абиотические факторы Уральского региона создают естественный селективный фон для отбора и включения в селекционный процесс образцов и сортов, характеризующихся высокой зимостойкостью, так как этот признак является основным, определяющим продуктивность сорта при двух-, трехгодичном использовании травостоя клевера [6].

При создании сортов клевера лугового в Уральском НИИСХ всегда обращалось внимание на высокую и стабильную кормовую и семенную продуктивность.

Сорта клевера лугового нового поколения благодаря своей скороспелости и зимостойкости, позволяют существенно продвинуть северные границы устойчивого возделывания этой культуры [7, 8].

По данным М.Ю. Новосёлова [9], в результате совершенствования технологии клеверосеяния, в том числе за счёт внедрения в производство новых сортов, поступление биологического азота в почву в целом по стране может достигать 350 тыс. т. В связи с этим создание новых высокопродуктивных и экологически устойчивых сортов клевера остаётся важнейшей задачей селекции.

Известно, что между урожайностью зеленой массы клевера лугового, содержанием сухого вещества и выходом с единицы площади белка существует определенная зависимость, а именно: чем выше урожайность зеленой массы, тем больше выход питательных веществ. Сорта клевера, отличающиеся высокой урожайностью зеленой массы, но низким содержанием сухого вещества, не обеспечивают максимального выхода питательных веществ с единицы площади [6].

Цель исследований – выявить новые зимостойкие сортообразцы клевера лугового, урожайные по кормовой массе и семенам, с высоким содержанием сырого протеина.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнены в 2016-2018 гг. в отделе селекции и семеноводства многолетних трав ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН – в рамках Госзадания по теме: «Создание нового селекционного материала с повышенными продуктивными свойствами, адаптированного к глобальному изменению климата, отрицательному воздействию антропогенных факторов, устойчивого к вредителям и болезням, с заданными потребительскими свойствами».

Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими показателями в пахотном горизонте: содержанием гумуса (по Тюрину) 3,51-4,30%, легкогидролизуемого азота (по Корнфильду) – 98-113 мг/кг почвы, подвижного фосфора (по Кирсанову в модификации ЦИНАО) – 325-510 мг/кг почвы, обменного калия (по Кирсанову в модификации ЦИНАО) – 39,2-84,0 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену) – 24,2-25,1 мг-экв. на 100 г почвы, рН солевой вытяжки (по методу ЦИНАО) – 5,07-5,23, гидrolитическая кислотность (по Каппену в модификации ЦИНАО) – 3,05-5,85 мг-экв./100 г почвы.

В питомнике конкурсного сортоиспытания проходили оценку 14 одноукосных номеров и гибридных популяций клевера лугового селекции ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, стандарт – сорт Орион. Посев весенний рядовой под покров яровой пшеницы Ирень сеялкой СКС-6-10,

норма высева – 9 млн всхожих семян на 1 га. Учётная площадь делянки 10 м², повторность – четырёхкратная при оценке номеров как на кормовую, так и на семенную продуктивность. Полевые опыты, учёты, наблюдения и оценки проводили в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [10, 11].

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена с использованием метода дисперсионного анализа [12].

Одной из основных проблем селекции клевера лугового является выведение сортов, обладающих биологической пластичностью, способных давать стабильные урожаи в условиях резких колебаний температуры и влагообеспеченности почвы.

Погодные условия в годы проведения исследований различались, что позволило объективно оценить пластичность и адаптивность изучаемых сортообразцов. Условия для перезимовки клевера были удовлетворительными.

В зимний период 2016-2017 гг. минимальная температура воздуха опускалась до – 36,2⁰С. Продолжительность зимы составила 175 дней, при многолетней норме 170. Сумма отрицательных температур за 5 зимних месяцев накопилась до – 1766,7⁰С, при норме – 1610⁰С. Температура почвы на глубине узла кущения находилась, в основном, – 2,9⁰С, при оптимальной – - 6, - 8⁰С. Глубина промерзания почвы на конец марта месяца при многолетних данных 114 см составила 73 см.

В зимний период 2017/2018 гг. минимальная температура воздуха опускалась до – 28,1⁰С. Продолжительность зимы составила 164 дня. Сумма отрицательных температур за 5 зимних месяцев накопилась до – 1492,6⁰С. Температура почвы на глубине узла кущения находилась, в основном, – 4,2⁰С, глубина промерзания почвы на конец марта месяца составила 108 см.

Вегетационный период 2016 г. характеризовался неблагоприятными погодными условиями (жара и засуха, ГТК = 0,81). Весенне-летний период 2017 г. отличался неравномерным распределением тепла и влаги. Отрастание клевера после первого укоса проходило при достаточной тепло- и влагообеспеченности (ГТК = 1,54), что близко к среднемноголетним значениям (ГТК = 1,57).

Результаты исследований и обсуждение

Все изученные сортообразцы клевера лугового, как и стандарт, относятся к позднеспелому одноукосному типу.

Зимостойкость – важная характеристика сорта в условиях Волго-Вятского региона. Все сорта хорошо перезимовали как в первый (95-99%), так и во второй годы пользования (94-98%). К наиболее высокозимостойким можно отнести сортообразцы 144-98, 149-98 и 147-98 (+2-4% к стандарту).

Высота растений является важным элементом структуры продуктивности. В условиях 2017 г. высота растений первого укоса составила 82,3-94,0 см (стандарт – 89,3 см). В 2018 г. высота варьировала от 86,1 до 104,6 см.

В среднем за два года высота растений изменялась от 88,05 до 98,45 см (стандарт – 90,45 см). Прибавка по отношению к стандарту составила от 2,3 до 8,0 см.

Наибольшую урожайность зеленой массы в первый год пользования сформировал сортообразец 151-98 – 42,5 т/га (стандарт – 37,0).

Следует отметить перспективный номер клевера лугового 144-98, который в первый и второй годы пользования сформировал урожайность зеленой массы достоверно превышающей стандарт.

В среднем за два года 40,25 т/га (+3,0 т/га), тогда как урожайность зеленой массы стандарта составили 37,25 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Оценка продуктивности клевера лугового одноукосного в конкурсном сортоиспытании, т/га (посев 2016 г., учёт 2017-2018 гг.)

Образец	Урожайность зелёной массы, т/га				Высота растений, см			
	1 г.п.	2 г.п.	сред- нее	± к st.	1 г.п.	2 г.п.	сред- нее	± к st.
Орион-(st.)	37,0	37,5	37,25	0,00	89,3	91,6	90,45	0,00
144-98	40,0	40,5	40,25	+3,00	92,3	104,6	98,45	+8,00
149-98	40,5	35,5	38,00	+0,75	90,0	86,1	88,05	-2,40
147-98	40,5	36,0	38,25	+1,00	94,0	98,8	96,40	+5,95
Оникс	39,5	36,5	38,00	+0,75	85,6	89,5	87,55	-2,90
151-98	42,5	27,5	35,00	-2,25	82,3	97,1	89,70	-0,75
150-98	42,0	25,5	33,75	-3,50	91,6	93,9	92,75	+2,30
НСР ₀₅	3,12	3,09	3,37					

Сбор сухого вещества в первый год пользования варьировал 5,42-7,52 т/га, на второй год пользования от 5,25 до 7,78 т/га. В среднем за два года пользования составил 5,34-7,65 т/га. Среднее значение стандарта за два года пользования – 6,47 т/га. По данному показателю выделились сортообразцы: 149-98, 147-98 (+4,9%) и 144-98 (+18,2%) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность семян и сбор сухого вещества клевера лугового одноукосного в конкурсном сортоиспытании, т/га (посев 2016 г., учёт 2017-2018 гг.)

Образец	Урожайность семян, кг/га		Сбор сухого вещества, т/га			
	1 г.п.	± к st.	1 г.п.	2 г.п.	среднее	± к st.
Орион-(st.)	122,5	0,0	5,74	7,20	6,47	0,0
144-98	157,0	+34,5	7,52	7,78	7,65	+1,18
149-98	131,5	+9,0	6,68	6,50	6,59	+0,12
147-98	89,5	-33,0	6,12	7,45	6,79	+0,32
Оникс	74,5	-48,0	5,77	6,28	6,03	-0,44
151-98	68,0	-54,5	6,33	5,56	5,95	-0,52
150-98	44,8	-77,7	5,42	5,25	5,34	-1,13
НСР ₀₅	8,89		0,56	0,579	0,56	

Завязываемость семян в 2017 г. у номеров клевера лугового составила 48-56%, что обеспечило формирование урожайности семян 44,8-157 кг/га. Основные причины невысокой урожайности семян в 2017 г.: прохладная и дождливая погода в июле месяце в период цветения клевера, полегание и образование подгона, снижение численности опылителей.

Считается, что эффективное опыление достигается, когда на 100 м² работают около 100 особей [13]. В условиях Уральского НИИСХ плотность популяции основных аборигенных опылителей (шмелей и одиночных пчёл) в фазы основного формирования урожая семян меньше, чем в других регионах и была 184-258 особей на 1 га. Следовательно, численность этих видов составляет всего 1,3 -2,2% [14].

Наиболее высокую урожайность семян сформировали номера: 149-98 – 131,5 кг/га, 144-98 – 157,0 кг/га, что превышает стандарт Орион на 7,3 и 28,1% соответственно (табл. 2).

Питательная ценность кормовой массы клевера лугового определяется, в первую очередь, повышенным содержанием в ней сырого протеина и пониженным – сырой клетчатки. Количество клетчатки, которую рассматривают всегда как отрицательный фактор, снижающий переваримость корма, может достигать в конце вегетации больших размеров, например, к началу цветения этот показатель возрастает до 26%. С возрастом травостоя

происходит накопление сухого вещества и одновременно уменьшается процентное содержания протеина, золы и жира.

Высокий сбор протеина в первый год пользования обеспечили сортообразцы: 150-98 – 1068 кг/га, превышение над стандартом на 24,9%, 149-98 – 1122 кг/га, превышение над стандартом на 31,2%, 151-98 – 1139 кг/га и 144-98 – 1346 кг/га превышение на 33,2 и 57,4% соответственно (табл. 3).

Во второй год пользования высокий сбор протеина обеспечили номера: Оникс, 147-98 и 144-98 превышение над стандартом Орион (1058 кг/га) на второй год пользования на 5,7, 12,0 и 26,5% соответственно.

В среднем за двухгодичный цикл испытаний достоверное превышение по сбору протеина отмечено у сортообразца 144-98 – 1342 кг/га (+386 кг/га), тогда как у стандарта сбор протеина составил 956 кг/га или на 40,4%.

Таблица 3

Выход питательных веществ с единицы площади клевера лугового в конкурсном сортоиспытании (посев 2016 г., учёт 2017-2018 гг.)

Образец	Содержание протеина в сухом веществе, %		Сбор протеина, кг/га			
	1 г.п.	2 г.п.	1 г.п.	2 г.п.	среднее	± к st.
Орион-(st.)	14,9	14,7	855	1058	956	0
144-98	17,9	17,2	1346	1338	1342	+386
149-98	16,8	15,4	1122	1001	1061	+105
147-98	15,6	15,9	955	1185	1070	+114
Оникс	16,5	17,8	952	1118	1035	+79
151-98	18,0	17,9	1139	995	1067	+111
150-98	19,7	17,3	1068	908	988	+32
НСР ₀₅	1,54	1,50	96,1	98,2		

Необходимо отметить, что одним из важнейших факторов повышения продуктивности является быстрое внедрение в производство высокоурожайных и ценных по качеству сортов клевера лугового.

В 2019 году передан на Государственное сортоиспытание сорт клевера лугового одноукосного Олимп (селекционный номер 144-98), селекции ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Сорт клевера лугового Олимп по отношению к стандартному сорту Орион имеет существенные отличия. Укосная спелость наступает на 3-5 дней раньше. По урожайности семян превышает стандарт на 13,1%, а по сбору сухого вещества на 10,4%. Обладает высокой зимостойкостью, что является важным критерием для условий Среднего Урала.

Заключение

По результатам изучения коллекции клевера лугового в питомниках конкурсного сортоиспытания выделены перспективные сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков 144-98, 149-98 и 147-98 сочетающие зимостойкость, раннеспелость, высокие качество корма и урожайность семян.

Литература

1. Липовцына Т.П. Химический мутагенез в селекции клевера лугового, практические результаты // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Тюменской области: Сб. науч. тр./ РАСХН. Сиб. отд-ние. НИИСХ Северного Зауралья. – Новосибирск, – 2003. – С. 227-244.
2. Государственный реестр селекционных достижений (сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию). Сорта культуры: Клевер луговой. [Электронный ресурс] URL: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/45> (дата обращения 13.09.2019).

3. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство – стратегическое направление в обеспечении продовольственной безопасности России. Теория и практика. М.: ФГНУ «Росинформагротех», – 2009. – 199 с.
4. Золотарев В., Переправо Н., Козлова Т. Агротехника семеноводства клевера: важные моменты // Селекция, семеноводство и генетика. – 2017. – № 2. – С. 32-35.
- 1 Переправо Н.И., Золотарев В.Н., Георгиади Н.И. Семеноводство клевера в России // Селекция, семеноводство и генетика. – 2017. – № 1 (13). – С. 46-50.
- 2 Нагибин А.Е., Тормозин М.А., Зырянцева А.А. Травы в системе кормопроизводства Урала. Екатеринбург: Изд-во ИПП Уральский рабочий. – 2018. – 784 с.
- 3 Нагибин А.Е., Тормозин М.А., Зырянцева А.А. Новые сорта бобовых трав для кормопроизводства Свердловской области // АПК России. – 2017. – Т.23, – № 3. – С. 614-617.
- 4 Тормозин М.А. Новые сорта люцерны изменчивой и клевера лугового селекции ФГБНУ «Уральский НИИСХ» // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 2(18). – С. 76-80.
- 5 Новосёлов М.Ю. Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) // Основные виды и сорта кормовых культур. – М.: Наука, – 2015. – С. 22-74.
- 6 Методика Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М., – 1985. – 267 с.
- 7 Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. М.: ВНИИК, – 2002. – 72 с.
- 8 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.
- 9 Смараглова Н.П., Козин Р.Б., Антонов В.И. Опыление клевера медоносными пчелами // Селекция и семеноводство. – 1981. – № 5. – С. 45-46.
- 10 Числов М.Е., Ершов А.Л. Опылители люцерны на Среднем Урале // Труды УралНИИСХ, – 2000. – Т. 59. – С. 358-361.

PROMISING VARIETIES OF CLOVER MEADOW WITH HIGH FODDER QUALITIES FOR THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS

M.A. Tormozin, A.A. Zyryantseva

FSBSI UrFaSRC, UrB of RAS

Abstract: *The article presents the results of the study of new varieties of meadow clover in the nursery of competitive variety testing (2016-2018) for a complex of economically valuable traits. High winter hardiness of all varieties was revealed. The most highly resistant are numbers 144-98, 149-98 and Onyx (+ 2-4% to the standard). The high collection of dry matter in the first year of use varied 5,42-7,52 t / ha, in the second year of use from 5.25 to 7.78 t / ha, on average for two years of use it was 5,34-7,65 t / ha. According to this indicator, on average, varietal samples stood out for the cycle of competitive variety testing: 149-98, 147-98 (+4,9%) and 144-98 (+18,2%). The high yield of protein in the first year of use was provided by variety samples: 150-98 – 1068 kg / ha, an excess of the standard by 24,9%, 149-98 – 1122 kg / ha - by 31,2%, 151-98 – 1139 kg / ha and 144-98 – 1346 kg / ha, an increase of 33.2 and 57.4%, respectively. In the second year of use, the high yield of protein was ensured by the numbers: Onyx, 147-98 and 144-98, exceeding the Orion standard (1058 kg / ha) in the second year of use was 5.7, 12.0 and 26,5%, respectively. In 2017, the seed yield significantly exceeded the Orion standard (122,5 kg / ha), numbers: 149-98 – 131,5 kg / ha, 144-98 – 157,0 kg / ha. According to the complex of economically valuable traits (winter hardiness, high yield of fodder mass and seeds, protein collection per hectare), 3 promising numbers were allocated - 144-98, 149-98 and 147-98.*

Keywords: meadow clover, variety, selection, winter hardiness, dry matter, crude protein, seed productivity.

ПАРАМЕТРЫ АДАПТИВНОСТИ И ГОМЕОСТАТИЧНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. ФОМЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук
А.И. ГРАБОВЕЦ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корр. РАН
Т.А. ОЛЕЙНИКОВА, О.В. МЕЛЬНИКОВА

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

Для поисковых работ по селекции озимой мягкой пшеницы, направленных на рост потенциала продуктивности и адаптивности к стресс-факторам среды, необходимы данные о реакции создаваемых генотипов на динамику параметров внешней среды. С целью определения параметров адаптивности и гомеостатичности сортов озимой пшеницы проведены исследования в 2014-2018 гг. в ФГБНУ ФРАНЦ, расположенном в степной зоне Ростовской области. Для оценки урожайности использовали показатели адаптивности, генетической гибкости, стрессоустойчивости и гомеостатичности. Объектом исследований были сорта селекции ФРАНЦ, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ, также 107 новые перспективные генотипы. Увеличение урожайности в изученном наборе сортов сопровождалось повышением коэффициента экологической пластичности. Средняя урожайность в группе сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений РФ, варьировала в интервале 7,16-7,41 т/га, коэффициент пластичности 0,7-1,1, коэффициент стабильности 0,058-0,161. Урожайность новых высокопластичных сортов Донмира, Октава 15, Богема, Былина Дона составила 7,44-8,16 т/га. Их коэффициенты регрессии на индекс среды высокие (1,0-1,18) с дисперсией стабильности 0,129-0,195. Среди сортов, включенных в Госреестр, высокой пластичностью отличаются сорта Губернатор Дона®, Боярыня®, Донская лира®, Вестница® (b_i близок к единице и выше). Сорта Донстар®, Донэра®, Золушка® ($b_i \leq 1$) отзывчивы на улучшения среды, об этом свидетельствует значение коэффициента стабильности ($S_i^2=0,058$, $S_i^2=0,085$, $S_i^2=0,095$). Установлено, что новые сорта озимой мягкой пшеницы Октава 15 ($b_i=1,0$; $S_i^2=0,1297$; $Нот=123,6$), Донмира ($b_i=1,01$, $S_i^2=0,142$; $Нот=119,8$), Богема ($b_i=1,1$; $S_i^2=0,165$; $Нот=140,14$), Акапелла ($b_i=1,2$; $S_i^2=0,195$; $Нот=152,0$), Былина Дона ($b_i=1,2$; $S_i^2=0,189$; $Нот=150,1$), Пальмира 18 ($b_i=1,1$; $S_i^2=0,73$; $Нот=137,6$) относятся к формам с высокой пластичностью и гомеостатичностью. Минимальная разница между урожайностью в лимитированных и оптимальных условиях (стрессоустойчивость) выявлена у сортов Донстар, Донэра, Золушка, Донмира, Октава 15. Наивысшее значение показателя генетической гибкости (средняя урожайность в контрастных условиях) установлено у сортов Богема, Былина Дона, Акапелла, Октава 15, Боярыня. Изученный набор сортов селекции ФГБНУ ФРАНЦ разнообразен по параметрам экологической пластичности. Выделены перспективные формы с различными экологическими характеристиками для использования в селекционных программах на повышение адаптивности и гомеостатичности пшеницы.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, урожайность, адаптивность, гомеостатичность.

В условиях современного изменения климата важное место занимает проблема соответственных изменений адаптационных ресурсов сельскохозяйственных культур. В Российской Федерации посевные площади под наиболее востребованной злаковой культурой, озимой пшеницей, составляют 14,1 млн. га.

При усиливающейся флуктуации погодных факторов в основных сельскохозяйственных регионах, возникновении и распространении новых рас болезней и вредителей, необходимо создание высокопродуктивных, качественных сортов, обладающих генетической гибкостью к меняющимся стресс-факторам среды, формирующие стабильную урожайность в разнообразных агроклиматических условиях [1, 2, 3]. Адаптивный потенциал сорта определяется его агроэкологическим ареалом и отзывчивостью на агротехнические условия выращивания [4].

Для степной зоны Ростовской области разработаны параметры модели сорта степного экотипа интенсивного и полуинтенсивного типа для различных уровней земледелия. В условиях глобального и локального изменения климата, происходит корректировка и дополнения в параметры идиотипа сорта. Определены маркеры отбора в популяции на продуктивность. В условиях усиления аридизации среды актуальна степень выраженности признаков засухоустойчивости. Не потерял значимость признак зимо-морозостойкости на различных этапах органогенеза растений. Выявлены изменения в архитектонике генотипов, особенностях формирования густоты ценозов, создании форм с повышенной долей зерна в надземной биомассе, увеличении вклада уборочного индекса в формирование продуктивности [5, 6].

Для дальнейших поисковых работ по селекции пшеницы, направленных на рост потенциала продуктивности и адаптивности к стресс-факторам среды, необходимы данные о реакции создаваемых генотипов на динамику параметров внешней среды.

Цель исследований – выявить параметры адаптивности и гомеостатичности по урожайности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Ростовской области.

Материалы и методы

В статье использованы данные изучения сортов озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании за 2014 – 2018 гг. на экспериментальных полях ФРАНЦ, расположенных в степи северо-западной сельскохозяйственной зоны Ростовской области. В качестве объектов исследований использовали сорта озимой пшеницы селекции ФРАНЦ, включенные в Госреестр селекционных достижений: Губернатор Дона® (5, 6, 7, 8, 9 регионы допуска РФ), Донстар® (6 регион), Донэра® (5, 6, 7, 8 регионы), Вестница® (6, 7), Боярыня® (6, 7 регионы), Донская лира® (5, 6, 7, 8 регионы), Золушка® (6, 8 регионы). Также новые сорта, которые изучаются в Госсортиспытании РФ: Октава 15, Донмира, Богема, Былина Дона, Акапелла, Прелюдия, новые перспективные линии.

Почвы опытного участка – черноземы южные карбонатные слабовыщелочные, содержание гумуса составляет 3,6%, подвижного фосфора и калия – 19 и 320 мг на 100 г почвы.

Возделывание сортов озимой пшеницы осуществляли по общепринятой технологии для региона. Предшественник – черный пар, норма высева – 4,0 млн. шт./га. Площадь опытной делянки – 25 м², повторность – трехкратная, размещение – систематическое.

Полевые опыты, учеты проводили согласно общепринятым методикам. Для определения адаптивности сортов использовали методику Eherhart S.A., Russel W.A. в версии Зыкина В.З. [7]. Ее суть заключается в вычислении коэффициента регрессии урожая по среде «bi», который характеризует экологическую пластичность, и коэффициента стабильности – по вариансе признака «Si2». Параметры адаптивности: стрессоустойчивость (разница между минимальной и максимальной урожайностью), генетическую гибкость (средняя урожайность сортов в контрастных условиях) определяли по разработкам Пакудина В.З. [8]. Для выявления гомеостатичности сорта использовали методику Хангильдина В.В., Литвиненко Н.А. [9].

Результаты и обсуждение

Климат зоны – континентальный засушливый. Период проведения исследований отличался высокой изменчивостью метеорологических условий для вегетации озимых. Среднесуточная среднегодовая температура составляла +10,8°С при среднегодовой норме +6,9°С.

Среднегодовое количество осадков в 2014 году практически соответствовало среднемноголетним значениям (437 мм, норма 451 мм, ГТК 0,9). Погодные условия в 2015 году характеризовались ограниченным количеством выпавших осадков (374 мм, что на 17% меньше среднемноголетнего значения), средний ГТК за вегетацию –0,53.

Сумма осадков в 2016 и 2017 гг. составила 560 и 503 мм соответственно (больше на 17 и 11% нормы). Вегетация озимых в 2016 году протекала при сравнительно равномерном распределении осадков по фазам вегетации, варьирование значения ГТК по фазам развития растений составила 0,5–0,7. Среднее значение ГТК за вегетацию растений в 2017 году – 0,6 с высоким увлажнением в фазу «выход в трубку – колошение» (1,2) и недостатком влаги в период формирования и налива зерна (0,2). Вегетация озимых в 2018 году характеризовалась лимитированным количеством осадков (383,1 мм) при среднем значении ГТК 0,3.

Адаптивность сортов к лимитирующим стрессорам среды оценивали по показателям пластичности и стабильности их урожайности, главного критерия отбора, по данным конкурсных испытаний по пару. В степной зоне получить данные конкурсных испытаний по другим предшественникам (зернобобовые) удастся не каждый год из-за отсутствия влаги. Расчет индексов среды показал, что наилучшие условия для формирования высокой урожайности были выявлены в 2016 ($I_i = 1,5$) и в 2017 годах ($I_i = 0,78$), относительно хорошие в 2014 годах ($I_i = - 0,06$), стрессовые - в 2015 ($I_i = - 2,22$, табл.1) и в 2018 годах ($I_i = - 2,91$, табл. 3).

Таблица 1

Урожайность и параметры экологической пластичности сортов озимой пшеницы, конкурсные сортоиспытания, 2014-2017 гг.

Сорт	Урожайность, т/га*				xi	bi	S _i ²
	2014	2015	2016	2017			
Дон 107, st	6,68	4,17	8,33	7,47	6,66	1,01	0,17
Губернатор Дона®	7,41	4,93	8,71	8,32	7,34	1,03	0,151
Донстар®	7,95	5,47	7,94	7,42	7,20	0,64	0,058
Донэра®	7,47	5,32	8,19	7,85	7,21	0,78	0,085
Золушка ®	6,37	5,66	8,64	7,95	7,16	0,79	0,095
Вестница®	7,34	5,29	9,04	7,85	7,38	1,03	0,127
Боярыня®	7,64	4,74	8,86	8,01	7,31	1,1	0,166
Донская лира®	7,65	5,09	9,03	7,86	7,41	1,01	0,142
Прелюдия	6,91	4,58	8,64	7,77	6,98	1,08	0,161
Донмира	7,54	5,05	8,64	8,52	7,44	1,01	0,142
Октава 15	7,54	5,2	8,71	8,32	7,44	1,0	0,129
Богема	7,33	5,69	9,7	9,06	7,95	1,09	0,165
Былина Дона	7,41	5,81	10,2	9,23	8,16	1,17	0,189
Акапелла	7,66	5,59	10,1	8,99	8,09	1,18	0,195
I _i (индекс условий среды)	-0,06	-2,22	1,5	0,78			

Примечание: *значимые различия по f- критерию при $p < 0,05$

® - сорта, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ

Оценка пластичности сортов по коэффициенту регрессии районированных сортов Губернатор Дона ($b_i = 1,03$), Вестница ($b_i = 1,03$), Донская лира ($b_i = 1,01$), Боярыня ($b_i = 1,1$, табл. 1) подтвердила, что данные генотипы адаптированы к разнообразным погодно-климатическим условиям, отличаются высокой пластичностью. Данные сорта имеют широкий ареал возделывания в различных регионах РФ.

В 2017 году в фазу молочной спелости шквалистые ветры с ливнями вызвали полегание крупноколосых форм, что обусловило снижение урожайности и значение показателей их адаптивности. У сортов Донстар, Донэра, Золушка коэффициент регрессии составил 0,6 - 0,8.

Считается, что при значении $b_i < 1$ сорт менее пластичен. Однако уменьшение значение коэффициента стабильности S_i^2 (соответственно, $S_i^2=0,058$, $S_i^2=0,085$, $S_i^2=0,095$) свидетельствуют о высоком потенциале уровне продуктивности зерна данных генотипов при улучшении условий вегетации.

Результаты исследований выявили, что новые сорта интенсивного типа Былина Дона ($b_i=1,17$) и Акапелла ($b_i=1,18$) высоко отзывчивы на изменение условий внешней среды, требовательны к агрофону. У данных сортов отмечена также относительно низкая вариантабельность признака стабильности ($S_i^2=0,189$ и $0,195$).

Коэффициенты регрессии сортов Донмира и Октава 15 были также близки по значению к единице, то есть сорта пластичны, адаптированы к изменениям условий среды. Однако значение показателя стабильности сорта Октава 15 ($S_i^2 = 0,129$) предполагает более стабильные прибавки урожайности данного генотипа в зависимости от условий вегетации. Экологической пластичностью и стабильностью характеризуется новый сорт озимой пшеницы Богема ($b_i=1,09$ $S_i^2=0,165$).

Селекционный отбор направлен на повышение продуктивного потенциала с адаптивностью к комплексу стресс-факторов. В исследуемом материале выявлен тренд увеличения урожайности создаваемых генотипов с повышением коэффициентов экологической пластичности. Средняя урожайность в группе районированных сортов варьировала в интервале 7,16-7,41 т/га, коэффициента пластичности 0,7–1,1, коэффициента стабильности 0,058-0,166. Урожайность новых перспективных сортов Донмира, Октава 15, Богема, Былина Дона составила 7,44-8,16 т/га. Это высокопластичные генотипы. Распределение коэффициента пластичности 1,0-1,18 с дисперсией стабильности 0,129-0,195.

Обращает внимание тот факт, что по мере возрастания коэффициента пластичности проявляется тенденция снижения коэффициента стабильности сорта. Данный вопрос практически не освещен в литературе. Существуют различные интерпритации понятий экологической пластичности и стабильности. Многие исследователи используют показатель стрессоустойчивость, то есть чем меньше разница между минимальной и максимальной урожайностью генотипа, тем шире диапазон его приспособительных свойств [8]. Степень соответствия генотипа факторам среды определяет значение показателя генетической гибкости [10]. Для более полной и объективной оценки сравниваемых генотипов также необходимо учитывать критерий гомеостатичности [9]. Данные критерии применили для группы сортов (табл. 2).

Таблица 2

Параметры адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы, 2014-2017 гг.

Сорт	Урожайность, ц/га		Стрессоустойчивость X lim- X opt	Генетическая гибкость (X opt+ X lim)/ 2	Cv, %	Ном
	X opt	X lim				
Дон 107, st	8,53	4,17	-4,36	6,35	27,6	107,9
Губернатор Дона®	8,71	4,93	-3,78	6,82	22,2	120,0
Донстар®	7,94	5,47	-2,47	6,71	23,0	108,6
Донэра®	8,19	5,32	-2,87	6,76	17,6	115,37
Вестница®	9,04	5,29	-3,75	7,17	21,3	130,5
Боярыня®	8,86	4,74	-4,12	6,80	24,4	123,11
Донская лира®	9,03	5,09	-3,94	7,06	22,4	130,23
Золушка ®	8,64	5,66	-2,98	7,15	19,2	110,0
Прелюдия	8,64	4,58	-4,06	6,61	25,0	113,1
Донмира	8,64	5,05	-3,59	6,85	22,4	119,8
Октава 15	8,71	5,20	-3,51	6,96	21,1	123,6
Богема	9,70	5,69	-4,01	7,70	22,7	140,14
Былина Дона	10,20	5,81	-4,39	8,01	23,8	150,1
Акапелла	10,10	5,59	-4,51	7,85	23,9	152,0

Минимальная разница между урожайностью в лимитированных и оптимальных условиях (стрессоустойчивость) выявлена у сортов Донстар, Донэра, Золушка, Вестница, Губернатор Дона. Из новых сортов наиболее высокая стрессоустойчивость отмечена у сортов Донмира, Октава 15.

Наивысшее значение показателя генетической гибкости (средняя урожайность в контрастных условиях) установлено у сортов Вестница, Золушка, Донская лира, Октава 15, Богема, Былина Дона и Акапелла. Эти сорта сформировали максимальную урожайность как оптимальных, так и в лимитированных условиях вегетации озимых. Это взаимосвязано с высокой засухоустойчивостью данных генотипов, способных максимально использовать воду, как в острозасушливые, так и в благоприятные по влагообеспечению годы.

Вариантность признака урожайность в опыте составила от 17,6% у сорта Донэра до 23,9% у сорта Акапелла (табл. 2). По показателю гомеостатичности и коэффициенту вариации признака продуктивности наиболее стабильны на изменение условий среды сорта Октава 15 ($\text{Hom}=123,6$, $\text{Cv}=21,1\%$) и Богема ($\text{Hom}=140,14$, $\text{Cv}=22,7\%$, табл. 2).

Сорта Былина Дона и Акапелла в разнообразных погодных условиях занимают промежуточное положение. Коэффициенты вариации признака у них близки по значению (23,8 и 23,9% соответственно), как и величина гомеостатичности (150,1 и 152,0).

Большая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечена у сорта Прелюдия ($\text{Cv}=29,8\%$; $\text{Hom}=113,1$), что свидетельствует о нестабильности сорта при возделывании в условиях степной зоны Ростовской области.

Полученные данные оценки параметров адаптивности, гомеостатичности послужили для отбора морфобиотипов, формирующих стабильных урожай зерна с единицы площади в лимитированных условиях степной зоны. На их основе были созданы новые перспективные генотипы, в частности новый сорт Пальмира 18 (линия 911/16, табл. 3).

Для новых генотипов Пальмира 18, 1335/14, 1177/14, 802/16 характерно увеличение биомассы растений в условиях нарастания аридности климата (воздушно-сухая биомасса 1380-1740 г/м², +6 - +35% к st), толерантность к загущению (660-770 продуктивных стеблей/м²), продуктивная кустистость (2,2-3,5), низкий прочный стебель (72,2-96,0 см), высокие индекс урожая зерна (39-45%) и емкость ценоза (16,6-21,2 тыс. зерен/м²). Ориентировочно были рассчитаны параметры пластичности и гомеостатичности перспективных линий по данным конкурсных сортоиспытаний 2016-2018 годов (табл. 3). Наиболее высокую пластичность проявили генотипы 1177/15 ($b_i=1,17$) и Пальмира 18 ($b_i=1,1$), по гомеостатичности и стабильность – линия 1335/14. Это свидетельствует о целесообразности использования данных генотипов в селекции на повышение адаптивного потенциала и создания высокопластичных сортов.

Таблица 3

Оценка ценности линий пшеницы по пластичность и гомеостатичности, 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Урожайность, ц/га		b_i	S_i^2	Генетическая гибкость	Hom
	X opt	X lim				
Дон 107, st	8,53	5,09	0,88	0,50	6,81	96,7
Пальмира 18 (911/16 Дельта / 782/00)	10,23	6,00	1,1	0,73	8,12	137,6
1335/14 Донна / Донстар	9,36	6,00	0,84	0,44	7,68	153,0
1177/15 MV 12 / Тарасовская 87 // Дока	10,25	5,41	1,17	0,86	7,83	94,6
802/16 Васса / Камея	9,19	5,72	1,02	0,65	7,46	94,6

В степной зоне Ростовской области основное влияние на формирование продуктивности растений пшеницы оказывают масса зерна с колоса и растения, озерненность колоса, индекс урожая [5, 6], что и подтверждается расчетом гомеостатичности элементов структуры урожая

сортов. Наибольший вклад в формирование урожайности сортов Октава 15, Богема, Донмира – вносят 4 компонента урожая, Акапелла – 3, Былина Дона – 6 (табл. 4). Стабильная урожайность гомеостатичных сортов определяется равномерным вкладом всех элементов урожая, их стабильностью.

Таблица 4

Гомеостатичность элементов структуры урожая сортов озимой пшеницы, 2014-2017 гг.

Сорт	Зерновая продуктивность, г/м ²	Гомеостатичность							
		общая	Продуктивных стеблей	Масса зерна с колоса	Масса 1000 зерен	Число зерен в колосе	Число колосков в колосе	Индекс урожая	Высота растения
Дон 107, st	700	5,7	6,38	2,59	17,06	9,95	34,72	32	14,29
Октава 15	780	10	7,92	3,27	16,92	15,7	33,76	45,6	30,75
Богема	840	8,7	20,1	3,99	38,76	10,92	50,76	34	26,01
Донмира	760	9,2	15,25	2,38	28,61	12,14	40,65	42,6	27,7
Акапелла	850	7,5	10,1	2,5	16,67	17,7	34,2	42,6	44,2
Былина Дона	830	7,8	14,96	3,39	15,11	18,68	50,6	44,2	39
х	793	8,2	12,5	3,0	22,2	14,2	40,8	40,2	30,3

Заключение

Набор сортов селекции ФРАНЦ разнообразен по параметрам экологической пластичности. Среди сортов, включенных в Госреестр, высокой пластичностью отличаются сорта Губернатор Дона, Боярыня, Донская лира, Вестница (b_i близок к единице и выше). Сорта Донстар, Золушка, Донэра ($b_i \leq 1$) отзывчивы на улучшения среды, об этом свидетельствует значение коэффициента стабильности ($S_i^2=0,058$, $S_i^2=0,085$, $S_i^2=0,095$). Новые сорта озимой пшеницы Октава 15 ($b_i=1,0$; $S_i^2=0,0129$; $Ном=123,6$), Богема ($b_i=1,1$; $S_i^2=0,165$; $Ном=140,14$), Донмира ($b_i=1,01$; $S_i^2=0,142$; $Ном=119,8$), Акапелла ($b_i=1,2$; $S_i^2=0,195$; $Ном=152,0$), Былина Дона ($b_i=1,2$; $S_i^2=0,198$; $Ном=150,1$), Пальмира 18 ($b_i=1,1$; $S_i^2=0,73$; $Ном=137,6$) относятся к формам с высокой пластичностью и гомеостатичностью. Стабильный урожай зерна изучаемых сортов обеспечивался за счет разных его компонентов.

Выделены перспективные формы с различными экологическими характеристиками для использования в селекционных программах на повышение адаптивности и гомеостатичности пшеницы.

Литература

1. Жученко А.А. Роль мобилизации растительных ресурсов. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика). – Т. 2. – М.: ООО Изд-во Агрорус. – 2004. – С. 725-732.
2. Кильчевский А.В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія. – 1997. – С. 78-86.
3. Сюков В.В., Менибаев А.И. Экологическая селекция растений: типы и практика // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т.17. – 2015. – № 4. – С. 463-466.
4. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Оценка адаптации сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Черноземья // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С. 91-95. DOI:10.24411/2309-348X-2018-1040.
5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Генетические аспекты селекции озимой мягкой пшеницы в условиях меняющегося климата на Дону // VI съезд Вавиловского общества генетиков и

- селекционеров (ВОГиС) и ассисированные генетические симпозиумы (Тезисы докладов). Ростов-на Дону: Институт цитологии и генетики СО РАН. – 2014. – 135 с.
6. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2(18). – С. 12-54.
7. Зыкин В.А., Белан И.А, Юсов В.С., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений: 2-е изд, перераб. и доп. // Уфа: Башкирский ГАУ. – 2011. – 100 с.
8. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений // Новосибирск: Наука. – 1976. – 189 с.
9. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический сборник. - Одесса: ВСГИ., – 1981. – Вып. 1 (39). – С. 8-13.
10. Гончаренко А.А., Трикозюк В.А. Адаптивная генетическая изменчивость и экологическая устойчивость инбредных линий озимой ржи // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – № 3. – С. 37-41.

Статья подготовлена в рамках выполнения госзадания № 0710-2019-0041.

PARAMETERS OF ADAPTABILITY AND HOMEOSTASIS VARIETIES OF WINTER SOFT WHEAT IN A STEPPE ZONE ROSTOV REGION

M.A.Fomenko, A.I.Grabovets, T.A. Oleinikova, O.V. Melnikova
FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER

Abstract: *For search works on selection of winter soft wheat aimed at increasing the potential of productivity and adaptability to environmental stress factors, data on the reaction of the generated genotypes to the dynamics of environmental parameters are needed. To determine parameters of adaptability and homeostasis in winter wheat varieties conducted research in 2014-2018 in FRANZ, located in the steppe zone of Rostov region. The indicators of adaptability, genetic flexibility, stress resistance and homeostaticity were used to assess the yield. The object of research was a variety of selection FRANZ: Governor Don, Donstar, Donera, Vesnitsa, Boyarynya, Donskaya lira, Cinderella, new promising varieties of winter wheat. The increase in yield in the studied set of varieties was accompanied by an increase in the coefficient of ecological plasticity. The average yield in the group of zoned varieties varied in the range of 7,16-7,418 t/ha, the coefficient of plasticity 0,7-1,1, the coefficient of stability 0,058 – 0,166. The yield of a new high-ductility grades of the Donmira, Octave 15, Boheme, Bylina Don' was 7,44-8,16 t/ha. Their regression coefficients for the index of the medium is high (1,01-1,2) in the stability version 0,129-0,195. Among the varieties included in the state register, high plasticity differ varieties Governor don, Boyarynya, Donskaya lira, Vestnitsa (bi close to one and above). Varieties Donstar, Donera, Cinderella (bi=1) responsive to the improvement of the environment, this is evidenced by the value of the coefficient of stability (Si2=0,058, Si2=0,085, Si2=0,095). It was found that new varieties of winter whea Oktava 15 (bi=1,0; Si2=0,129; Hom=123,6), Donmira (bi=1,01; Si2=0,142; Hom=119,8), Bohemia (bi=1,1; Si2=0,165; Hom=140,14), Acapella (bi=1,2; Si2=0,195; Hom=152,0), Bylina Don' (bi=1,2; Si2=0,189; Hom=150,1), Palmyra 18 (bi=1,1; Si2=0,73; Hom=137,6) they belong to forms with high plasticity and homeostaticity. The minimum difference between the yield at limited and optimal conditions (stress immunity) were revealed in cultivars Donstar, Donara, Cinderella, Dormira, Octave 15. The highest value of the index of genetic flexibility (average yield in contrasting conditions) was found in the varieties of Bohemia, Bylina Don, Acapella, Octave 15, Boyarynya. The studied set of varieties of breeding FRANZ of various parameters of ecological plasticity. Promising forms with different environmental characteristics for use in breeding programs to improve the adaptability and homeostaticity of wheat are identified.*

Keywords: winter soft wheat, variety, yield, adaptability, homeostaticity.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11141

УДК: 633.111.1”321”:631.523.4:631.524.02(571.1)

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ ТВЁРДОЙ ЯРОВОЙ В ПРОЦЕССЕ СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОУРОЖАЙНЫХ СОРТОВ

М.Г. МЯСНИКОВА, П.Н. МАЛЬЧИКОВ, Е.Н. ШАБОЛКИНА, В.С. СИДОРЕНКО*, Ф.В. ТУГАРЕВА*, М.А. РОЗОВА**, Т.В. ЧАХЕЕВА, В.И. ЦЫГАНКОВ ***

САМАРСКИЙ НИИСХ - ФИЛИАЛ ФГБУН САМАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
* ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

**ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АЛТАЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ»

*** ТОО «АКТЮБИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ»

Отрицательная взаимосвязь урожайности зерна и концентрации белка в нём, проявляющаяся в процессе селекции потенциально продуктивных сортов, может в перспективе привести к снижению питательной и технологической ценности новых сортов пшеницы. В связи с этим, для определения стратегии необходимо чёткое понимание ситуации на конкретном этапе селекции. Цель исследований - оценка результатов селекции пшеницы твёрдой яровой на урожайность и содержание белка в зерне и проведение поиска высокоурожайных, с достаточным уровнем накопления белка в зерне, сортов различных селекционных центров России. Объектами исследований были 9 сортов конкурсного испытания (КСИ) Самарского НИИСХ и 29 сортов и селекционных линий экологического сортоиспытания (ЭСИ) в четырех пунктах, оригинаторами которых были 5 научных учреждений России – НИИСХ Юго-Востока, Самарский НИИСХ, Донской ЗНИИСХ, Омский НИИСХ, Алтайский НИИСХ. Сорты КСИ представляли 4-7 этапы селекции пшеницы твёрдой яровой в Самарском НИИСХ. Сорты ЭСИ также были представлены 4-7 этапами селекции в России и селекционными линиями из НИИСХ Юго-Востока, Самарского и Алтайского НИИСХ.

Получены следующие результаты: 1. Увеличение содержания белка в зерне при сохранении интенсивности и адаптивности продукционного процесса на уровне предыдущих этапов селекции (сорт Солнечная 573). 2. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции не сопровождается снижением содержания белка в зерне (сорт Безенчукская крепость). 3. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции сопровождается значимым снижением содержания белка в зерне (Безенчукская 210). 4. В условиях Барнаула отрицательная взаимосвязь признаков продуктивности и содержания белка в зерне слабее или не столь отчетливо выражена, что проявляется в межсортной вариации – значительной по урожайности и слабой по концентрации белка.

Ключевые слова: пшеница твёрдая яровая (*Triticum durum* Desf), сорт, селекция, урожайность, накопление белка, влияние среды, влияние генотипа.

Содержание белка в зерне пшеницы твёрдой яровой - важный селекционный признак, определяющий биологическую ценность конечных продуктов и технологические свойства зерна (степень соответствия требованиям промышленной переработки). Изменчивость концентрации белка в зерне отчетливо проявляется по регионам и агротехническим фонам, в условиях динамики факторов среды в период вегетации и по профилю сортовых особенностей. Одновременная реализация двух селекционных целей - увеличение урожайности и концентрации белка в зерне, осложняется необходимостью преодоления отрицательной корреляции между этими признаками. Противоречивость признаков проявилась в условиях продолжительной селекции и значительного генетического улучшения

урожайности зерновых культур. Селекционные мероприятия по преодолению негативной связи предпринимались в ряде программ, особенно в США и Канаде. Эти работы активизировались после идентификации высокобелковых генотипов среди образцов дикой полбы *Triticum dicoccoides*, отличавшихся крупнозёрностью. Изучение такого образца (FA-15-3) из Израиля позволило маркировать ответственный за высокое содержание белка локус *QGpc.ndsu-6Bb* на коротком плече 6В хромосомы близ центромеры на участке между средними точками *Xabg387-6B* и *Xmwg 79-6B*, где расположены 11 маркеров [1, 2]. Впоследствии в результате применения маркеров были установлены носители локусов *Gpc* среди диких видов пшеницы, ландрасов, и современных сортов. Наименьшая частота встречаемости этих локусов обнаружена у современных сортов, что объясняется интенсивной селекцией на продукционные свойства растений. Тем не менее, эти данные показывают, что одновременная селекция по этим трудно совместимым признакам «находит» каналы совместной эволюции или позволяет в процессе значительного улучшения урожайности сохранить концентрацию белка в зерне на исходном уровне.

Цель исследований оценка результатов селекции пшеницы твёрдой яровой на урожайность и содержание белка в зерне, и проведение поиска высокоурожайных, с достаточным уровнем накопления белка в зерне, сортов различных селекционных центров России.

Материал и методы исследований

Объектами исследований были 9 сортов конкурсного испытания (КСИ) Самарского НИИСХ и 29 сортов и селекционных линий экологического сортоиспытания (Безенчук, Курган, Барнаул, Актюбинск), оригинаторами которых были 5 научных учреждений России, - НИИСХ Юго-Востока, Самарский НИИСХ, Донской ЗНИИСХ, СибНИИСХ, Алтайский НИИСХ. Сорты КСИ представляли этапы селекции твёрдой пшеницы в России: Харьковской 46 (4 этап), Безенчукская 139 (5 этап), Безенчукская 182 (6 этап), Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Марина, Безенчукская Нива, Безенчукская крепость, Безенчукская 210 (7 этап). Эксперимент в КСИ проведен в течение 8 лет (2011-2018 гг.). Сорты ЭСИ также были представлены этими этапами селекции: Харьковская 46 и Безенчукская 139 (4-5 этапы соответственно), Безенчукская 182, Саратовская золотистая, Жемчужина Сибири, Алтайская Нива, Алтайский янтарь, Омский корунд (6 этап), Безенчукская 205, Краснокутка 13, Донская элегия, Безенчукская нива, Безенчукская 209, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Луч 25, Памяти Янченко, Солнечная 573, Оазис, Безенчукская крепость, Золотая (7 этап) и селекционные линии Д2098, 98с-08 (НИИСХ Юго-Востока), 1368д-18, 1477д-4 (Самарский НИИСХ), Гордеиформе 677 (Алтайский НИИСХ). В обсуждении использованы данные по урожайности и содержанию белка, полученные при изучении сортов и селекционных линий на экспериментальном поле в Орле (ВНИИЗБК) в 2015 году. Стандартом по содержанию белка был сорт Харьковская 46, который является одним из самых высокобелковых сортов в течение всего периода его изучения на сортоучастках и в селекционных лабораториях с момента его районирования в 1957 году. Возможно, это свойство сорт унаследовал от образца *T.dicocum* и определяется наличием генов *Gpc*.

Условия полевых экспериментов по экологическим пунктам хорошо характеризуются уровнем урожайности, которая варьировала от 13,3 ц/га до 39,5 ц/га, что позволило оценить накопление белка в зерне в зависимости от формирования генотипических различий по потенциалу продуктивности, т.е. отзывчивости исследуемого признака на условия среды. Сильное влияние стрессовых факторов имело место в Безенчуке в 2018 году. Стрессовые факторы со средним негативным эффектом действовали в Безенчуке (2015-2016 гг.) и Актюбинске (2016 г.), равное влияние стрессовых и благоприятных факторов отмечено в Кургане (2014-2015 гг.) и в Барнауле (2016 г.), благоприятные условия наблюдались в Барнауле (2014-2015 гг.) и в Безенчуке (2014, 2017 г.), с уровнем урожайности в среднем по эксперименту - 13,3 ц/га, 15,5 ц/га, 14,7 ц/га, 21,4 ц/га, 23,4 ц/га, 23,7 ц/га, 35,0 ц/га, 39,5 ц/га, 28,2 ц/га соответственно по порядку экопунктов, представленных выше. Содержание белка в

зерне варьировало от 15,4% до 18,0%, по среднему значению всех генотипов в каждом из 10-и экспериментов, Величина признака у Харьковской 46 изменялась от 16,0% до 18,4%.

В КСИ Самарского НИИСХ с 2011 по 2018 гг. средняя урожайность изученных сортов варьировала по годам от 10,4 ц/га в 2018 году до 35,3 ц/га в 2017 году. По сортам урожайность изменялась от минимального значения – 8,2 ц/га в 2018 г. у Харьковской 46 до 37,4 ц/га в 2017 году у Безенчукской крепости. Максимальная концентрация белка в зерне – 18,2% по эксперименту в среднем по всем сортам наблюдалась в 2011 году, минимальная – 15,1% – в 2016 году. Максимальное накопление белка в зерне отмечено у сорта Безенчукская крепость - 19,0% в 2018 году, минимальное – у сорта Безенчукская 210 – 14,0% в 2016 году.

Содержание белка в зерне определялось в лаборатории технологического сервиса и массовых анализов Самарского НИИСХ по Кьельдалю и общепринятым прописям.

Полевые эксперименты проведены в соответствии с требованиями методики полевого эксперимента [3]. В блоке ЭСИ во всех пунктах проведены на делянках 10,0 м², в 3-4-х повторениях с рендомизированным размещением делянок по блокам. В КСИ Самарского НИИСХ на делянках 25,0 м² – в 4-5-и кратной повторности в рендомизированных блоках.

Результаты исследований

Двухфакторный дисперсионный анализ данных ЭСИ позволил разделить общую дисперсию признака «содержание белка в зерне» на значимые эффекты генотипов, среды (год, пункт) и их взаимодействия (табл.1).

Таблица 1

Дисперсия содержания белка в зерне пшеницы под влиянием среды и генотипа по данным ЭСИ в Безенчуке, Барнауле, 2014-2016 гг., Кургане, 2014-2015 гг., Актюбинске, 2016 г, Безенчуке, 2017 г.

Факторы дисперсии	SS	Fкр	Доля изменчивости, %
(А) Генотип	145,2	266,5*	18,6
(В) Среда (год, экопункт)	326,4	2096,6*	41,9
(А*В) Взаимодействие	302	69,3*	38,8
(А+АВ) Суммарный эффект	447,2		57,4
Случайные факторы	5,12		0,7

Значительная часть дисперсии – 41,9% определялась эффектами среды, что выше уровня влияния генотипа в 2,2 раза и практически соответствует влиянию эффектов генотип-средовых взаимодействий. Совместное влияние генотипа и генотип-средовых взаимодействий определяло 57,4% от общего варьирования. Очевидно, что изученный набор генотипов, в представленных средах, содержит существенное сортовое разнообразие по концентрации белка, как в среднем по всем средам, так и по средней величине в отдельных средах. В КСИ вклады генотипа и генотип-средовых взаимодействий были меньше в 2-3 раза, чем в ЭСИ при достоверных различиях между сортами, что говорит о стабилизации признака в процессе селекции в условиях Самарского НИИСХ (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсия содержания белка в зерне под влиянием среды и генотипа по данным КСИ, Безенчук, 2011-2018 гг.

Факторы дисперсии	SS	Fкр	Доля изменчивости, %
(А) Генотип	33,9	257,4*	11,1
(В) Среда (год)	161,9	1406,7*	53,0
(А*В) Взаимодействие	37,4	40,6*	12,2
(А+АВ) Суммарный эффект	71,3		23,3
Случайные факторы	1,2		0,4

Общая закономерность отрицательной корреляции урожайности и белковости, подтверждается в наших экспериментах на уровне значимости 0,01% в 6-и из 10-и полевых опытов в ЭСИ и в 4-х опытах КСИ на уровне 0,01% и 0,05% (табл. 3, 4). Тенденция отрицательной взаимосвязи содержания белка и элементов продукционного процесса (К.хоз – доля зерна в надземной массе растений, масса 1000 зерен), наиболее значимых в селекции на урожайность, наблюдалась в КСИ.

Таблица 3

Генотипические коэффициенты корреляции урожайности и содержания белка в зерне по годам и экопунктам, ЭСИ, 2014-2017 гг.

Экопункты, годы									
Без. 2014	Курган 2014	Барн 2014	Без. 2015	Курган 2015	Барн. 2015	Без. 2016	Курган 2016	Актюб. 2016	Без. 2017
-0,54*	0,01	-0,23	-0,47*	-0,52*	-0,02	-0,76*	-0,69*	-0,67*	-0,14

*коэфф.корреляции $\geq 0,47$ значимы на 1,0% уровне; Сокращения: Без-Безенчук; Барн – Барнаул; Актюб. – Актюбинск.

Таблица 4

Генотипические коэффициенты корреляции концентрации белка в зерне с признаками продуктивности, КСИ, Самарский НИИСХ, Безенчук, 2011-2018 гг.

Признак	Годы							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Урожай	-0,64	-0,91**	-0,87**	-0,59	-0,76*	-0,76*	-0,30	-0,13
К.хоз	-0,51	-0,43	-0,68*	0,34	-0,58	-0,69*	0,05	0,02
M1000	-0,46	-0,81**	-0,41	0,67*	-0,42	-0,44	-0,27	0,35

Примечание: *значимо на 5,0%, **значимо на 1,0% уровне; сокращения: К.хоз – доля зерна в надземной массе растения; M1000 – масса тысячи зерен.

Тем не менее, содержание белка в зерне у всех изученных сортов в ЭСИ и в КСИ (табл.5, б.) соответствовало параметрам (13,0-16,0%), требуемым для производства высококачественной макаронной продукции [4]. Средние значения признака изменялись в зависимости от сорта, пункта и года изучения - в ЭСИ от 14,0% (Безенчукская 205, Безенчук, 2016 г.) до 20,9 % (Омский изумруд, Безенчук, 2015 г.), в КСИ от 19,0% у сорта Безенчукская крепость в 2018 году, до 14,0% у сорта Безенчукская 210 в 2016 году.

В ЭСИ в среднем по всем пунктам и годам содержание белка в зерне только у сорта Солнечная 573 было достоверно выше, чем у Харьковской 46. У 18 сортов из 29 изученных в ЭСИ концентрация белка в зерне незначительно отличалась от Харьковской 46. Это были сорта, созданные в Поволжье: Безенчукская 139, Безенчукская степная, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Саратовская золотистая, Краснокутка 13, Д2098. В эту же группу входит сорт Донская элегия – селекции АНЦ «Донской» и все сорта из Западной Сибири.

Значимое снижение содержания белка в зерне относительно Харьковской 46 в ЭСИ показали сорта: Безенчукская 182, Безенчукская 205, Безенчукская Нива, Безенчукская 210, Безенчукская 209, Луч-25, 98с-08, Золотая и 1477Д-4, относящиеся к 7 - последнему этапу селекции. В тоже время по содержанию белка в зерне за три года (2014-2016) испытаний всего набора генотипов блока ЭСИ в условиях Барнаула достоверных различий не обнаружено ($m=2.99\%$, $Ff<Ft$). Преимущество Солнечной 573 (оригинатор Алтайский НИИСХ) над Харьковской 46, составившее здесь 7,1 относительных процента, также было недостоверным.

Урожайность зерна и содержание белка в нём в питомнике ЭСИ пшеницы твёрдой яровой (2014-2017 гг.).

Сорт	Урожайность		Критерий Дункана	Содержание белка		Критерий Дункана
	ц/га	% к Х46		%	% к Х46	
Х 46	22,9	100,0	a-d	17,16	100,0	f-l
Б139	23,0	100,4	a-d	16,74	97,5	a-i
Б182	24,1	105,2	a-i	16,45	95,8	a-g
СЗ	22,3	97,4	ab	17,08	99,5	d-k
БС	27,5	120,1	h-l	16,69	97,3	a-i
ЖС	25,7	111,9	b-l	16,74	97,5	a-i
Б205	26,1	114,0	c-l	15,99	93,2	a
КК13	21,2	92,5	a	16,75	97,6	a-i
ДЭ	27,4	119,3	f-l	16,52	96,4	a-h
БН	27,5	120,0	g-c	16,21	94,5	ab
Б209	24,0	104,6	a-i	16,09	93,8	a
Б210	29,2	127,3	l	16,11	93,9	a
БЗ	27,6	120,4	i-l	16,67	97,1	a-i
Л25	25,4	110,7	b-k	16,48	96,1	a-h
Д2098	24,2	105,6	a-i	16,65	97,0	a-h
98с-08	25,9	113,0	b-l	16,49	96,1	a-h
ОИ	26,8	117,0	e-l	17,66	102,9	kl
Г677	26,5	115,8	d-l	17,34	101,0	h-l
БК	28,4	123,9	k-l	16,99	99,0	b-k
Золотая	28,0	122,2	j-l	16,09	93,7	a
1368д-18	26,0	113,6	b-l	16,48	96,1	a-g
1477д-4	27,7	120,6	i-l	16,03	93,4	a
СА	23,0	100,2	a-d	17,63	102,7	j-l
С573	22,7	99,1	a-c	17,92	104,4	o
П Я	23,7	103,2	a-f	17,30	100,8	g-l
АН	24,3	105,9	a-i	17,07	99,5	c-k
АЯ	25,0	108,9	b-k	17,09	99,6	e-k
ОК	23,9	104,4	a-i	16,80	97,9	a-j
Оазис	23,2	101,2	a-e	17,51	102,0	i-l
m%	4,33			1,50		
НСР _{0,05}	3,05	13,60		0,70	3,90	

Сокращения: Х – Харьковская; Б – Безенчукская; СЗ – Саратовская золотистая; БС – Безенчукская степная; ЖС – Жемчужина Сибири; КК – Краснокутка; ДЭ – Донская элегия; БН – Безенчукская нива; ОИ – Омский изумруд; Г – Гордеиформе; БК – Безенчукская крепость; СА – Салют Алтай; С573 – Солнечная 573; ПЯ – Памяти Янченко; АН – Алтайская нива; АЯ – Алтайский янтарь; ОК – Омский корунд.

Примечание: цифры, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются недостоверно на уровне 5,0% по критерию Дункан.

Таблица 6

Урожайность зерна и содержание белка в нём в питомнике КСИ пшеницы твёрдой яровой (Самарский НИИСХ, 2011-2018 гг.).

Сорт	Урожайность		Критерий Дункана	Содержание белка		Критерий Дункана
	ц/га	% к Х46		%	% к Х46	
Х 46	15,9	100,0	a	17.4	100.0	de
Б139	15,4	96,4	a	17.7	102.0	e
Б182	17,5	109,9	b	16.7	96.3	bc
БС	18,8	118,2	cd	16.8	96.9	bcd
ПЧ	19,0	119,3	d	16.8	96.9	bcd
Марина	19,3	121,0	d	16.5	95.3	abc
БН	19,8	124,5	d	16.0	92.4	a
БК	19,8	124,5	d	17.1	98.4	cd
Б210	19,6	123,2	d	16.3	93.9	ab
m%	1.99	6.45		1.16	3.20	
НСР0.05	1.03			0.55		

Сокращения: Х – Харьковская; Б – Безенчукская; БС – Безенчукская степная; ПЧ – Памяти Чеховича; БН – Безенчукская нива; БК – Безенчукская крепость.

Примечание: цифры, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются недостоверно на уровне 5,0% по критерию Дункана.

Возможно, что для доказательства достоверности таких различий необходимо проведение более масштабных экспериментов аналогичных по объёму всему блоку ЭСИ. По урожайности зерна в этом пункте за тот же период при средней ошибке опыта 4,40%, сорта достоверно с вероятностью 95,0% различались. Значимое преимущество по урожаю зерна над Харьковской 46 отмечено у сортов: Безенчукская 205, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Омский изумруд, Золотая, 1477Д-4, Оазис. Среди этих сортов четыре – Безенчукская 205, Безенчукская 210, Золотая, 1477Д-4 по содержанию белка в среднем по всему эксперименту блока ЭСИ достоверно уступали Харьковской 46. В связи с этим правомерно предположение, что в условиях Барнаула отрицательная взаимосвязь признаков продуктивности и содержания белка в зерне слабее или не столь отчетливо выражена. В блоке «КСИ» выделился сорт Безенчукская 139, который достоверно превосходил все сорта за исключением сорта Харьковская 46, который в свою очередь по абсолютным значениям концентрации белка в зерне достоверно превысил сорта Безенчукская 182, Марина, Безенчукская Нива, Безенчукская 210. Недостоверные отличия по исследуемому признаку от Харьковской 46 имели сорта Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская крепость. Среди них сорт Безенчукская крепость (7 этап селекции) значимо превосходил Безенчукскую Ниву и Безенчукскую 210. При этом урожай зерна был одинаковым и значимо (на 25,0%) превышал Харьковскую 46. Значительное варьирование содержания белка в зерне в серии опытов по пунктам и годам обнаружено в блоке ЭСИ. Минимальное количество белка (15,1%) накопили сорта в 2017 году в Безенчуке, в этом же пункте в 2015 году было накоплено в зерне и максимальное (18,1%) количество белка. Коэффициент корреляции между содержанием белка в зерне и генотипическим коэффициентом вариации этого признака был отрицательным (-0,36), но недостоверным ($R_{кр} = \sqrt{0,60}$). Увеличение ряда изменчивости включением в него данных по блоку КСИ и данных, полученных в 2018 году в Орле (ВНИИЗБК), усилило эту взаимосвязь до уровня достоверной ($R_g = -0.68; R_{кр}$ вероятностью 99,0% = $\sqrt{0,58}$). Это связано, в основном, с тем, что содержание белка в Орле было в среднем ниже (Орёл – 12,2%), чем в черноземных регионах Поволжья и Сибири (Безенчук, Барнаул, Курган, Актюбинск -15,1-

18,2%), а генотипическое разнообразие (оцененное по CV) было значительно выше (Орёл CVg -10,9), чем в других пунктах (CVg – 2,1-7,0). В связи с этим можно предположить, что отбор по содержанию белка в зерне будет эффективнее в Орле. Тем не менее, все современные сорта, созданные в Барнауле (Алтайский НИИСХ), во всех пунктах испытания по содержанию белка не отличаются от Харьковской 46 и превосходят её по продуктивности в Алтайском регионе. Возможно, что это связано с более жёстким искусственным отбором одновременно по двум признакам и благоприятными для этой селекционной стратегии условиями среды. Большинство алтайских сортов в своей родословной несут существенную часть генплазмы Харьковской 46, Харьковской 51 (имеет аналогичное происхождение с Харьковской 46), сорта Ракета, полученного на основе *Tr.dicocum* и местных сортов Поволжья, Украины, которые также могли иметь гены *Gpc*. Это заключение соответствует отмеченному в литературе факту преимущественно локальной специализации сортов из Барнаула, имеющих хорошую приспособленность к условиям Западной Сибири [5]. Варианты совместной эволюции урожайности зерна и содержания белка в нём в процессе селекции твёрдой пшеницы в России, выявленные в статье, отражены в выводах.

Выводы

1. Увеличение содержания белка в зерне при сохранении интенсивности и адаптивности продукционного процесса на уровне предыдущих этапов селекции (сорт Солнечная 573).
2. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции не сопровождается снижением содержания белка в зерне (сорт Безенчукская крепость).
3. Значительное и стабильное улучшение урожайных свойств в процессе селекции сопровождается значимым снижением содержания белка в зерне (сорта Безенчукская Нива, Безенчукская 210).
4. В условиях Барнаула отрицательная взаимосвязь признаков продуктивности и содержания белка в зерне слабее или не столь отчетливо выражена, что проявляется в межсортной вариации – значительной по урожайности и слабой по концентрации белка.

Литература

1. Joppa L.R., Cantrell R.G. Chromosome location of genes for grain protein content of wild tetraploid wheat // In: Crop Science, – 1990. – № 30 (5): – P. 1059-1069.
2. Joppa L.R., Du C, Hart G.E., Harland G.A. Mapping gene(s) for grain protein in tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.) using a population of recombinant bred chromosome lines // In: Crop Science, – 1997. – № 37 (5): – P.1586-1589.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // – М.: Колос, – 1979. – 416 с.
4. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы // Саратов, – 2001. – 124 с.
5. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Е.22. – № 8. – С. 939-950.

CHANGE OF PROTEIN CONTENT IN SPRING DURUM WHEAT GRAIN IN THE PROCESS OF BREEDING OF HIGH YIELD VARIETIES

M.G. Myasnikova, P.N. Malchikov, E.N. Shabolkina, V.S. Sidorenko*, F.V. Tugareva*,
M.A. Rozova**, T.V. Chakheeva, V.I. Tsygankov***

SAMARA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE — A BRANCH OF FSBSI THE
SAMARA SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

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

**FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER FOR AGROBIOTECHNOLOGY OF ALTAI»

***LLC «AKTOBE AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION», KAZAKHSTAN

Abstract: *The negative relationship between grain yield and protein concentration in it, manifested in the process of breeding potentially productive varieties, may in the long run lead to a decrease in the nutritional and technological value of new wheat varieties. In this regard, to determine the strategy, a clear understanding of the situation at a particular stage of breeding is*

necessary. The purpose of the research was to evaluate the results of breeding durum wheat for yield and protein content in grain and to search for high-yielding varieties of various breeding centers of Russia with a sufficient level of protein accumulation in grain. The objects of research were 9 varieties of competitive strain testing (CST) of the Samara Scientific Research Institute of Agricultural Sciences and 29 varieties and breeding lines of ecological strain testing (EST) in four points, the originators of which were 5 scientific institutions of Russia - the Scientific Research Institute of Agricultural of the South-East, the Samara Scientific Research Institute of Agricultural Sciences, the Don Scientific Research Institute of Agricultural Research, the Omsk Scientific Research Institute of Agriculture, the Altai Scientific Research Institute of Agricultural Sciences. The CST varieties represented 4-7 stages of durum wheat breeding at the Samara Research Institute of Agriculture. Varieties of EST were also represented by 4-7 stages of breeding in Russia and breeding lines from the Institute of Agricultural Research of the South-East, Samara Research Institute of Agriculture and Altai Research Institute of Agriculture. The following results were obtained: 1) an increase in the protein content in grain while maintaining the intensity and adaptability of the production process at the level of the previous stages of breeding (cultivar Solnechnaya 573), 2) a significant and stable improvement in yield properties during the selection process is not accompanied by a decrease in protein content in the grain (cultivar Bezenchukskaya krepost), 3) a significant and stable improvement in crop yields during selection is accompanied by a significant decrease in protein content in grain (varieties Bezenchukskaya niva, Bezenchukskaya 210), 4) in condition Barnaul negative correlation productivity features and the protein content in the grain is weaker or less clearly expressed, resulting in a variation intervarietal – significant in terms of yield and low on protein concentration.

Keywords: durum wheat (*Triticum durum* Desf), variety, breeding, yield, protein accumulation, environmental influence, genotype influence.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11142

УДК 633.11:631.526.32

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ

И.Ю. ИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
А.О. ИВАНОВА, С.В. ИЛЬИНА, аспиранты

ЧУВАШСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО»

E- mail: chniish@ mail.ru

В статье представлены результаты исследований за 2016-2018 гг. сортов пшеницы мягкой яровой в коллекционном питомнике Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, полученные из коллекции ВИР. По результатам исследований выявлены перспективные сорта по урожайности и элементам продуктивности в почвенно-климатических условиях южной части Волго-Вятского региона. По урожайности выделены 6 сортов, у которых данный показатель превысил сорт-стандарт от 2,9 до 7,4 ц/га. У изученных сортов определена полная корреляционная связь урожайности от погодных условий региона. Установлены корреляционные взаимосвязи ряда морфологических признаков, определяющих урожайность. Выявлена наибольшая сопряженность ($R > 0,7$) между урожайностью продуктивной кустистостью и массой зерна с колоса. Определено, что максимальная урожайность в опыте у сорта Архат была получена благодаря продуктивной кустистости, длине колоса и массе 1000 семян. Проведенный анализ показал степень влияния

различных элементов продуктивности на формирование урожайности, что позволяет более целенаправленно проводить отбор в селекционном процессе. Включение в качестве родительской формы сортов с большей выраженностью указанных выше признаков будет способствовать повышению урожайности создаваемых сортов в южной части Волго-Вятского региона.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, структура урожая, продуктивность, корреляционная взаимосвязь.

В настоящее время яровая мягкая пшеница является основной продовольственной культурой в Чувашской Республике, где она ежегодно занимает 2/3 всех сельскохозяйственных посевов. Ускоренное и устойчивое наращивание объемов производства зерна – главная задача сельского хозяйства. Критерием отбираемых генотипов в селекционном процессе является уровень их урожайности [1, 2]. Урожайность – комплексный показатель, складывающийся за счёт различных элементов структуры урожая. Характер связи этих элементов таков, что позволяет усилить либо ослабить один или несколько признаков для того, чтобы получить их оптимальное сочетание и, как результат, высокую продуктивность [3].

На современном этапе развития сельского хозяйства, при внедрении новых технологий возделывания зерновых культур, значение сорта сохранилось. Сорт остается не только средством повышения урожайности, но и становится фактором, без которого невозможно реализовать достижения науки и техники. В сельскохозяйственном производстве сорт выступает как биологическая система, которую нельзя ничем заменить [4]. Для сорта характерен комплекс морфологических, биологических и хозяйственных признаков и свойств. Новый сорт имеет тем большую ценность, чем оптимальнее и на более высоком уровне в нем сочетаются самые важные биологические, хозяйственные и технологические свойства [5].

Пшеница одна из наиболее сложных культур в селекции. П.П. Лукьяненко выделял 25 хозяйственных признаков, которые нуждаются в контроле при ее селекции, многие из них находятся в обратной зависимости с урожайностью и качеством зерна [6].

При частной селекции (выявление особенностей модели, методические вопросы, затрагивающие непосредственную исследовательскую работу по созданию сортов) важно определить роль отдельных элементов (высота стебля, количество зерен в колосе, масса зерна с растения, уборочный индекс), выявить их вклад в урожайность зерна с единицы площади [7, 8]. Для научного обоснования агротехнических приемов при селекции на высокую продуктивность необходимо детально изучить и знать те структурные элементы, из которых складывается урожайность [9].

В связи с этим была поставлена цель – изучить корреляционные взаимосвязи различных признаков между собой и их влияние на продуктивность растений яровой мягкой пшеницы сортов в коллекционном питомнике.

Материалы и методика исследований

В нашей работе изучали продуктивность тридцати сортов яровой мягкой пшеницы коллекции Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова в 2015 году. За стандарт в коллекционном питомнике был выбран районированный сорт Симбирцит (Ульяновский НИИСХ).

В задачи исследования входило: провести морфогенетический анализ растений в период полной спелости зерна и определить корреляционную зависимость показателей продуктивности от абиотических факторов.

Коллекционный питомник был заложен на опытном поле Чувашского НИИСХ. Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 4,6, нейтральной реакцией почвенного раствора – 6,1 и повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Размер делянки 1х1,6 м., посев рядовой, междурядье 0,15 м., норма высева 20-25 шт./пог.м [10].

Исследования проводились с использованием Методики Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989). Статистический анализ проводился с использованием пакета прикладных программ EXEL.

Результаты исследований и их обсуждение

Метеоусловия в годы исследований отличались по температурному режиму и количеству осадков за вегетационный период. Сев яровых зерновых культур в 2016 году был выполнен в конце апреля – начале мая. В текущем году рост и развитие полевых культур приходили в условиях недостатка влаги на фоне высокого температурного режима в течение всего периода вегетации. За период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила 19,6°, превысив многолетнюю на 3,2. Осадков выпало 134,3 мм, 54% многолетней нормы. Наименьшее количество осадков наблюдалось в первые два месяца вегетации: в мае 17%, в июне – 45% многолетней месячной нормы. Выпадавшие в этот период дожди были слабыми и мало эффективными, кушение яровых зерновых было очень слабым.

Сев яровых зерновых культур в 2017 году начался в начале мая или на 10 дней позже, чем предыдущие годы. В текущем году рост и развитие сельскохозяйственных культур приходили в условиях избытка влаги на фоне холодного температурного режима в начале вегетации (май и июнь месяцы) и близкого к среднемноголетней норме в остальной вегетационный период. За период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила 15,7°С, ниже от многолетней на 0,7°С. Осадков выпало 285,9 мм, 139% многолетней нормы.

В 2018 году рост и развитие растений яровой мягкой пшеницы приходили в условиях недостатка влаги на фоне высокого температурного режима в течение всего периода вегетации. За период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила 18,7°, превысив многолетнюю на 5,0°. Осадков выпало 155,3 мм, 72% многолетней нормы, в прошлом году соответственно 285,9 мм и 133%. Недостаточное количество осадков для растений яровой пшеницы наблюдалось в течение всего периода вегетации: в мае – 37%, в июне – 59%, в июле – 64%, августе – 54,2%, в сентябре – 46% многолетней месячной нормы.

По показателям влагообеспеченности: многолетним условиям (ГТК = 1,11) к засушливым относились 2016 и 2018 гг. – ГТК = 0,86 и 0,68; выше климатической нормы был 2017 г., где ГТК равнялся 1,47 [8]. Сумма активных температур ($\sum t > 10^{\circ}\text{C}$) в 2016 году составила 2402°С, в 2017 году – 1825°С и в 2018 – 1782°С.

В наших опытах среди изученных образцов по урожайности выделилось 6 сортов (табл. 1.), у которых данный показатель в среднем за 2016-2018 гг. превысил сорт-стандарт.

Таблица 1

Урожайность сортов яровой пшеницы, ц/га (2016-2018 гг.)

№ п/п	Сорта яровой пшеницы	Урожайность, ц/га				Отклонение, +/-		Коэф-нт вариации, %
		2016	2017	2018	средняя	ц/га	%	
1.	Симбирцит-стандарт	27,9	54,7	20,3	34,3	-	-	52,69
2.	Маргарита	29,6	58,0	24,0	37,2	2,9	8,5	49,00
3.	Памяти Майстренко	29,8	58,4	26,0	38,1	3,8	11,0	46,53
4.	Архат	34,1	66,3	24,6	41,7	7,4	21,5	52,45
5.	Seanse	33,8	66,3	18,4	39,5	5,2	15,2	61,91
6.	Экада 113	34,4	62,9	20,4	39,2	4,9	14,4	55,20
	НСР _{0,5}	1,3	2,8	1,6	-	-	-	-

Все выделившиеся сорта наиболее продуктивны были в благоприятный по погодным условиям 2017 год. В 2016 и 2018 гг. у всех сортов происходило снижение урожайности. Самая высокая урожайность в среднем за годы изучения отмечена у сорта Архат – 7,4 ц/га, что

на 21,5% выше стандарта. По результатам статистической обработки сортовые различия по данному признаку были достоверны.

В сложившихся погодно-климатических условиях 2016-2018 гг. по коэффициенту вариации выделены сорта, обладающие лучшей пластичностью и имеющие наименьшую вариабельность относительно сорта-стандарта: Памяти Майстенко (46,53%), Маргарита (49,00%), и сорт Архат (52,45%).

Сорта Seanse и Экада 113 при достаточно высокой урожайности (39,5 и 39,2 ц/га) имели высокую вариабельность данного показателя (61,91 и 55,20%), что превысило сорт-стандарт на 9,22 и 2,51%

Анализ структуры урожая сортов яровой мягкой пшеницы показал (табл. 2), что максимальная урожайность в опыте у сорта Архат была получена благодаря продуктивной кустистости, длине колоса и массе 1000 семян показатели по данным элементам были наибольшими среди изученных сортов.

Таблица 2

Элементы продуктивности у сортов яровой мягкой пшеницы (2016-2018 гг.)

Сорт	Продуктивная кустистость, шт.	Высота растений, см	Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе, шт.	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зерен, г	Клейковина, %
Симбирцит, st.	1,4	75,0	9,0	30,5	1,5	42,4	23,0
Маргарита	1,9	75,7	8,7	30,7	1,6	41,1	23,0
Памяти Майстренко	1,9	81,8	7,4	32,8	1,5	36,3	28,0
Seanse	1,5	65,2	8,3	41,3	1,6	37,6	27,0
Архат	2,0	88,4	9,1	37,8	1,8	45,7	28,0
Экада 113	2,2	82,6	7,8	34,1	1,6	42,4	29,0

В результате анализа были выделены сорта превышающие по показателям элементы продуктивности сорт-стандарт: по продуктивной кустистости – Экада 113, Архат, Памяти Майстенко и Маргарита (2,2-1,9 шт.); по высоте растений – Памяти Майстенко, Экада 113, Архат (81,8-88,4 см); по количеству зерен в колосе – Памяти Майстенко, Экада 113, Архат и Seanse (32,8-41,3 шт.);

Главными показателями, используемыми в агрометеорологии для оценки складывающихся погодных условий, являются количество осадков и сумма активных температур, а интегральным показателем, одновременно учитывающим оба эти показателя, можно считать гидротермические коэффициенты (ГТК).

Наиболее известным из них является гидротермический коэффициент Селянинова, используемый для характеристики условий увлажненности и определяемый как отношение суммы атмосферных осадков ($\sum R$) в мм за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C к сумме температур ($\sum t$) за это же время, уменьшенной в 10 раз [11]. Корреляция урожая у изучаемых сортов яровой мягкой пшеницы с метеорологическими показателями трех лет представлена в таблице 3.

По результатам анализа у всех изученных сортов обнаружена отрицательная корреляция урожайности от суммы активных температур за вегетационный период.

Данное обстоятельство может быть вызвано тем, что для данной культуры теплообеспеченность не является лимитирующим фактором, а, наоборот, повышенная температура периода вегетации часто оказывает негативное влияние.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью яровых культур и агрометеорологическими условиями года

№ п/п	Сорта яровой пшеницы	Осадки, мм	$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$	ГТК
1	Симбирцит-стандарт	0,94	-0,25	0,94
2	Маргарита	0,96	-0,30	0,96
3	Памяти Майстренко	0,97	-0,35	0,98
4	Архат	0,94	-0,24	0,95
5	Seanse	0,90	-0,14	0,92
6	Экада 113	0,90	-0,13	0,91

При вычислении коэффициента корреляции между урожайностью и погодными условиями вегетационного периода за 2016-2018 гг. было установлено полная корреляционная связь от влагообеспеченности, которая показала низкую пластичность изученных сортов к условиям засухи.

Для определения значения элементов структуры урожая на урожайность сорта провели корреляционный анализ (табл. 4.). У выделившихся сортов по урожайности достаточно высокое значение коэффициента корреляции ($R > 0,7$) в рамках линейно-регрессионной модели, что указывает на наличие сильной взаимосвязи между показателями продуктивности и урожайностью. Результаты данного анализа могут служить основой в селекционном процессе при выборе родительской формы для получения заданных параметров сорта.

Таблица 4

Корреляционная зависимость урожайности от показателей продуктивности

Сорт	Продуктивная кустистость	Высота растений	Длина колоса	Кол-во зерен в колосе	Масса зерна в колосе	Масса 1000 зерен	Клейковина
Симбирцит,	0,98	1,00	0,81	0,69	0,99	0,39	-0,15
Маргарита	0,96	-0,25	0,34	-0,05	0,98	-0,61	-0,57
Памяти Майстренко	0,98	-0,04	-0,11	0,95	0,70	0,91	-0,13
Seanse	1,00	0,84	-0,43	-0,87	0,76	0,71	0,75
Архат	0,99	-0,43	-0,30	0,72	1,00	-0,13	-0,92
Экада 113	1,00	0,73	0,72	0,71	0,82	1,00	0,32

В среднем за годы исследований урожайность зерна у всех шести сортов имела положительную корреляционную зависимость с продуктивной кустистостью и массой зерна с колоса. Слабая взаимосвязь ($R < 0,3$) с урожайностью наблюдается: у сортов Памяти Майстенко и Маргарита; по высоте растений, по длине колоса у сорта Памяти Майстенко; по количеству зерен в колосе у сорта Маргарита; по массе 1000 зерен у сорта Архат, а по качеству клейковины у сортов Памяти Майстенко и Симбирцит.

Проведенный анализ показал степень влияния различных элементов продуктивности на формирование урожайности, что позволяет более целенаправленно проводить отбор в селекционном процессе. Включение в процесс гибридизации сортов с большей выраженностью указанных выше признаков будет способствовать повышению урожайности создаваемых сортов в южной части Волго-Вятского региона.

Заключение

Установленная полная корреляционная связь между урожайностью и погодными условиями вегетационного периода за 2016-2018 гг. (исследования в южной части Волго-

Вятского региона) показала низкую пластичность изученных сортов за счет сильной вариабельности урожайности. Математический анализ результатов исследования показал, что значительную роль в формировании урожайности яровой мягкой пшеницы оказывают число зёрен в колосе и масса зерна с 1 колоса. Элементы структуры урожая находятся в сложной корреляционной зависимости с урожайностью зерна. Для сортов яровой мягкой пшеницы определяющий фактор получения высоких урожаев – продуктивная кустистость, число зерен с растения и колоса, а также масса зерна с колоса и растения.

Проведенный анализ показал степень влияния различных элементов продуктивности на формирование урожайности, что позволяет более целенаправленно проводить отбор в селекционном процессе. Включение в качестве родительской формы сортов с большей выраженностью указанных выше признаков будет способствовать повышению урожайности создаваемых сортов в южной части Волго-Вятского региона. Выделившиеся сорта рекомендованы в селекционном процессе.

Литература

1. Ковтун В. И., Ковтун Л. Н. Озернённость, масса зерна колоса и масса 1000 зёрен в повышении урожайности озимой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (53). – С. 27-29.
2. Алабушев А. В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 47-52.
3. Самофалов А.П. Роль разных элементов структуры урожая в увеличении урожайности озимой пшеницы // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 1. – С. 15–17.
4. Моисеева К. В. Сорт как элемент технологии производства конкурентоспособного зерна // XVII Сатпаевские чтения. – 2017. – С. 253-257.
5. Марченко Д. М. Взаимосвязи между урожайностью и элементами ее структуры у сортов мягкой озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 68. – С. 1-12.
6. Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Громова С.Н. Урожайность и основные элементы продуктивности у сортов озимой пшеницы интенсивного типа селекции ВНИИЗК // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 9. – С. 30-32.
7. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Монография. – Ростов-на-Дону, ООО «Издательство Юг». – 2007. – 600 с.
8. Маслова Г. Я., Абдряев М. Р., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – № 2-4. – С. 680-682.
9. Романюкина И.В., Марченко Д.М., Гричаникова Т.А., Рыбась И.А., Игнатьева Н.Г. Результаты изучения коллекционного материала озимой пшеницы на продуктивность и качество // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 6 (49). – С. 4–8.
10. Иванова И.Ю., Ильина С.В. Исходный материал для селекции яровой пшеницы в условиях Чувашской Республики // Международный научный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 3. – С. 30-39.
11. Муратов М.Р., Гилязов М.Ю. Корреляция урожайности зерновых и зернобобовых культур от агрохимических параметров почв и погодных условий // Вестник Казанского ГАУ. – 2015. – № 2 (36). – С. 128-135.

CORRELATION DEPENDENCE OF SOFT SPRING WHEAT PRODUCTIVITY ON PRODUCTIVITY ELEMENTS

I. Yu. Ivanova, A. O. Ivanova, S. V. Pyina

CHUVASH RESEARCH AGRICULTURAL INSTITUTE – BRANCH OF FSBSI «FEDERAL AGRARIAN RESEARCH CENTER OF THE NORTH-EAST NAMED AFTER N.V. RUDNITSKY», E- mail: chniish@mail.ru

Abstract: *The article presents the research results for the years 2016-2018 of soft spring wheat varieties in collective nursery of research of the Chuvash Institute of agriculture- branch of FSBSI of the North-East, taken from the collection of VIR. In the soil and climatic conditions of the southern part of the Volga-Vyatka region, the results of studies revealed promising varieties in yield and productivity elements. According to the yield, six varieties were identified, in which this indicator exceeded the variety-standard from 2.9 to 7.4 c/ha. The studied varieties have a complete correlation of yield from the weather conditions of the region. Correlation interrelations of a number of the morphological signs defining productivity are established. The greatest conjugacy ($R > 0.7$) between productivity productive bushiness and weight of grain from an ear is revealed. It was determined that the maximum yield in the experiment in the Arhat variety was obtained due to the productive bushiness, the length of the ear and the weight of 1000 seeds. The analysis showed the degree of influence of various elements of productivity on the formation of yield, which allows more targeted selection in the selection process. Inclusion as a parent form of varieties with greater severity of the above features will contribute to increasing the yield of the created varieties in the southern part of the Volga-Vyatka region. The selected varieties are recommended for the breeding process.*

Keywords: spring soft wheat, variety, crop structure, productivity, correlation relationship.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11143

УДК 631.452:631.559:633.16:631.51

ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В.И. ТУРУСОВ, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
В.М. ГАРМАШОВ, доктор сельскохозяйственных наук
И.М. КОРНИЛОВ, Н.А. НУЖНАЯ, кандидаты сельскохозяйственных наук
В.Н. ГОВОРОВ, М.П. КРЯЧКОВА, научные сотрудники

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА

E-mail: niish1c@mail.ru

В статье представлены результаты изучения плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ячменя при различных приемах основной обработки почвы. Исследованиями установлено, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ применение мелкой безотвальной и нулевой обработок приводит к снижению актуальной биологической активности почвы на 3,2-2,2 %.

Выявлено, что максимальное содержание нитратного азота в почве под ячменем в среднем за вегетационный период в слое 0-20 и 0-40 см было при вспашке на глубину 25-27 см, на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ по вспашке на глубину 20-22 см – 17,9 в слое 0-20 см и 15,8 мг/кг абс. сух. почвы в слое 0-40 см. Уменьшение глубины в отвальной системе обработки почвы до 14-16 см и применение мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработок почвы под ячмень приводит к снижению содержания нитратного азота в слое 0-20 см на 4,4-18,2%, на фоне с применением удобрений – на 20-31%.

Подтверждено, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ наибольшая урожайность ячменя формируется при отвальной обработке на глубину 20-22 см. Увеличение глубины отвальной обработки до 25-27 см приводит к тенденции повышения урожайности ячменя, а уменьшение глубины до 14-16 см к тенденции снижения.

Безотвальная, поверхностная и нулевая обработки почвы приводят к снижению плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ячменя на удобренном и неудобренном

фонах. Снижение урожайности ячменя при безотвальной и поверхностной обработках составляет 0,14-0,24 т/га ($НСР_{05} = 0,21$ т/га) или 5,8-18,5%, при нулевой обработке – 1,20 т/га или 49,4% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Наибольшая эффективность от внесения удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ отмечается при вспашке на глубину 20-22 см в комбинированной системе обработки почвы в севообороте – 1,61 т/га.

Ключевые слова: ячмень, севооборот, предшественник, способ обработки почвы, вспашка, безотвальная обработка, нулевая обработка почвы.

Вопросам совершенствования основной обработки почвы в настоящее время уделяется большое внимание [1, 2, 3]. В последнее время с ростом стоимости энергоресурсов и нарастанием деградации почв эта проблема значительно обострилась [4, 5].

Ячмень – одна из важнейших кормовых и продовольственных культур. Основное количество зерна ячменя (около 70%) в нашей стране идет на кормовые цели. В 1 кг зерна ячменя содержится 100 г переваримого белка и 1,28 кормовых единиц, что больше, чем в зерне овса и ржи. В зерне ячменя содержится полный набор незаменимых аминокислот [6].

Благодаря своим биологическим особенностям ячмень является хорошим компонентом в наборе культур полевого севооборота. Он экономно расходует влагу на образование сухого вещества, имеет короткий вегетационный период, рано освобождая занятые площади.

В настоящее время, при восстановлении и развитии животноводства ячмень занимает все большие посевные площади в регионе с новым ассортиментом сортов и гибридов. Большое значение в эффективности его выращивания и высокой продуктивности имеют научно-обоснованные агротехнические приемы.

Цель исследований заключалась в поиске менее затратных приемов обработки почвы, обеспечивающих стабильно высокую урожайность ячменя, сохранение и воспроизводство плодородия почвы.

Условия, материалы и методы

Объектом исследований был чернозем обыкновенный среднегумусный, среднemocный, тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими показателями, и следующей агрохимической характеристикой слоя почвы 0-30 см: содержание гумуса (по Тюрину в модификации В.Н. Симакова, ГОСТ 2613-91) – 6,48%, общего азота (по Гинзбургу) – 0,36%, общего фосфора (по Гинзбургу и Щегловой) – 0,35%, общего калия (по Ожигову) – 1,85%, азота гидролизуемого (по Тюрину и Кононовой) – 61,2 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 66,4 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 6,99%, гидролитическая кислотность – 0,57 мг-экв/100 г почвы. Обработку экспериментальных данных осуществляли дисперсионным методом математического анализа по Б.А. Доспехову с использованием программно-обеспечения ПК.

В опыте изучали влияние различных приемов и систем обработки почвы в севообороте на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность ячменя. Схема стационарного опыта включала следующие варианты: отвальная обработка на глубину 20-22 см – контроль; глубокая отвальная (вспашка на глубину 25-27 см); мелкая отвальная (вспашка на глубину 14-16 см); мелкая безотвальная (безотвальная обработка на глубину 14-16 см); комбинированная чередование отвальной и безотвальной обработки почвы под различные культуры севооборота (под ячмень вспашка на глубину 20-22 см); разноглубинная отвальная система обработки почвы в севообороте с учетом биологических особенностей культур (под ячмень вспашка на глубину 14-16 см); разноглубинная безотвальная система обработки почвы в севообороте (под ячмень безотвальная на 20-22 см); минимальная система обработки почвы в севообороте (безотвальная на 6-8 см КПЭ-3,8 под все культуры севооборота); нулевая обработка почвы по технологии No-till (под все культуры севооборота).

Системы обработки почвы изучали на удобренном и неудобренном фонах. Норма внесения удобрений $НРК$ по 60 кг/га под все культуры севооборота. Гербициды применяются фоном на всех культурах севооборота. В систему обработки почвы во всех вариантах кроме прямого посева (без обработки), наряду с основной обработкой входили приемы до посевной

и после посевной обработок, рекомендованные в зоне. В вариантах с нулевой обработкой после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР с нормой внесения 2,5 л/га.

Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение повторений и делянок систематическое. Схема опыта построена по методу расщепленных делянок. Делянки первого порядка (обработка почвы) – 65 х 6 м, площадь 390 м². Делянки второго порядка (удобрение) – 25 х 6, площадь 150 м². Учетная площадь делянки – 80 м² (20 м х 4 м).

Приемы и системы обработки почвы изучали в зернопропашном севообороте с чередованием культур: горох – озимая пшеница (пожнивню посев горчицы) – кукуруза на зерно – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень. Стационар заложен тремя полями севооборота. В опыте высевали ячмень сорт Таловский 9 (норма 5,0 млн всхожих зерен на 1 га). Наблюдения, анализы и учет проводили согласно действующим методикам, принятым в полевых и лабораторных исследованиях по земледелию [8, 9, 10].

Агрометеорологические условия в годы исследований были контрастными в течение вегетации, а в среднем за вегетационный период, в основном, близкими к типичным для юго-востока ЦЧЗ. Вегетационный период 2018 года складывался неблагоприятно для вегетации ячменя. Май, июнь и август были жаркими и засушливыми. ГТК в мае составил 0,37, в июне – 0,16, в августе – 0,2. Обильно влажным и теплым выдался июль, в третьей декаде выпало почти две месячные нормы осадков, и ГТК в июле составил 2,0.

Вегетация ячменя в 2019 году проходила при повышенном температурном режиме и в большинстве случаев недостаточном увлажнении. ГТК в мае составил 0,77, в июне – 0,53, в июле – 0,8, что привело к ускоренному прохождению фенологических фаз, ухудшению условий формирования и налива зерна и, соответственно, урожайности ячменя.

Результаты и их обсуждение

Изучение изменения агрофизических показателей почвы при различных приемах основной обработки показало, что плотность сложения чернозема обыкновенного при минимализации обработки почвы имеет тенденцию к увеличению, но в течение вегетации при всех изучаемых приемах основной обработки она не выходила за пределы оптимальных значений для роста и развития ячменя (1,20 г/см³) [4, 7].

В течение вегетации в слое почвы 0-30 см находилась в пределах: в период кущения ячменя от 1,00 г/см³ при вспашке на глубину 25-27 см до 1,11 г/см³ при поверхностной обработке почвы на глубину 6-8 см. При нулевой обработке почвы она составляла 1,04 г/см³. В период колошения от 1,05 до 1,14 г/см³, по нулевой обработке – 1,12 г/см³.

В среднем за вегетационный период в слое 0-30 см она находилась в пределах от 1,03 г/см³ до 1,11 г/см³.

Изучение содержания доступной влаги в почве при различных приемах обработки почвы в течение вегетации ячменя показало, что различные приемы обработки не оказывали существенного влияния на изменение содержания продуктивной влаги в почве под ячменем (рис. 1).

Средневегетационные запасы влаги в метровом слое почвы находились в пределах от 94,7 мм при безотвальной обработке на глубину 14-16 см до 87,7 мм при поверхностной обработке на глубину 6-8 см (НСР₀₅=8,1 мм). Запасы влаги при нулевой обработке были на уровне обрабатываемых вариантов (91,9 мм). На залежи средневегетационное содержание влаги составляло 85,2 мм.

Так же не отмечается различий в содержании влаги в почве в зависимости от различных приемов обработки и по изучаемым слоям почвенного профиля.

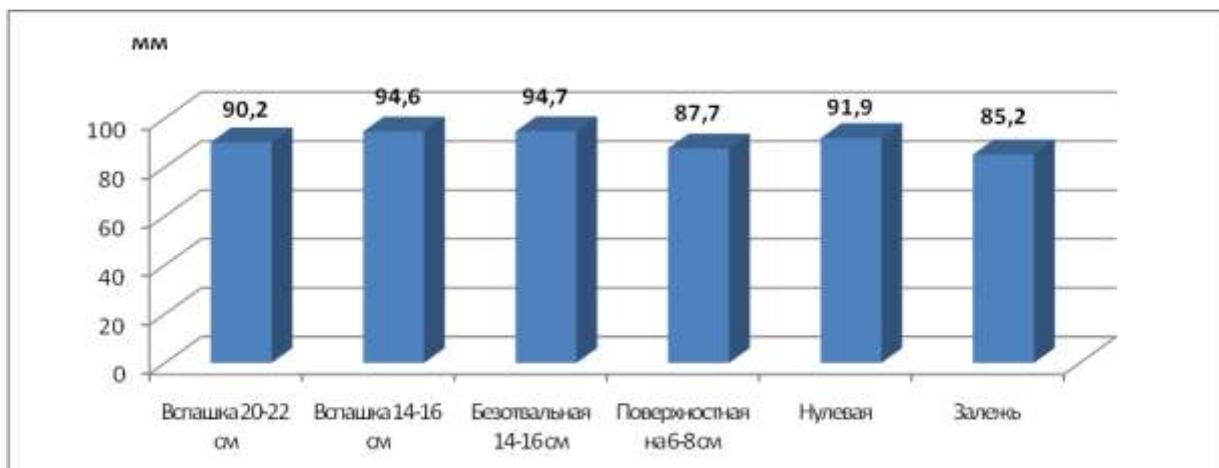


Рис. 1 Средневегетационное содержание доступной влаги в слое почвы 0-100 см при различных приемах основной обработки почвы под ячмень (2018-2019 гг.)

Изучение актуальной биологической активности почвы по методу Штатнова (1952) показало, что различные приемы обработки почвы под ячмень оказывали незначительное влияние на изменение биологической активности почвы (рис. 2).

Наибольшая биологическая активность почвы в среднем в течение вегетации ячменя была при вспашке на глубину 14-16 см, где интенсивность выделения углекислого газа с поверхности почвы составляла 91,2 мг/м² час.

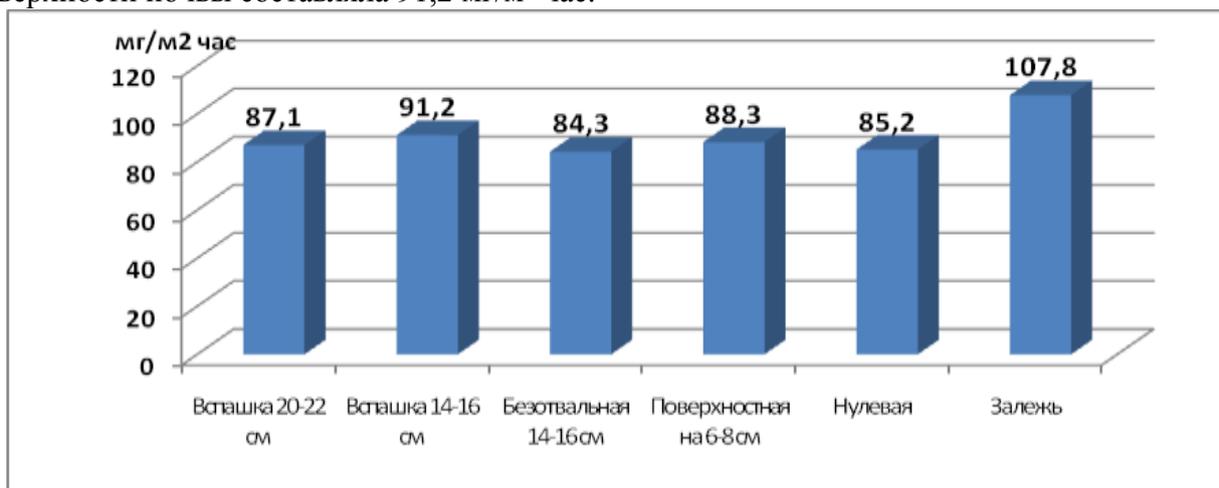


Рис. 2 Выделение CO₂ с поверхности почвы при различных приемах основной обработки в течение вегетации ячменя (2018-2019 гг.), мг/м² час

Применение мелкой безотвальной и нулевой обработок привело к снижению актуальной биологической активности почвы на 3,2-2,2 %. На залежи биологическая активность почвы была максимальной – 107,8 мг/м² час, что выше, чем на пашне на 23,8%. Применение минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ независимо от приемов обработки почвы приводит к увеличению биологической активности почвы на 4,5%.

Как показывают результаты исследований, в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ наиболее благоприятно условия для течения микробиологических процессов в почве складываются при отвальных приемах обработки почвы.

Обеспеченность почв элементами минерального питания является одним из важнейших показателей плодородия и факторов определяющих продуктивность возделываемых культур. Различные приемы обработки почвы под ячмень оказывали неоднозначное влияние на средневегетационное содержание нитратного азота в почве (табл. 1).

Таблица 1

Содержание элементов минерального питания под посевами ячменя при различных приемах основной обработки почвы в среднем за вегетационный период, 2018-2019 гг.

Слой почвы, см	Фон	Обработка почвы						
		Вспашка на глубину, см			Плоскорезная на 14-16 см	Поверхностная, на 6-8 см	Нулевая	Залежь
		20-22	25-27	14-16				
NO ₃ , мг/кг абс. сух. почвы								
0-20	a	17,9	17,8	14,3	14,4	13,0	12,3	
	б	13,7	13,9	13,1	12,5	11,2	11,2	9,6
0-40	a	15,8	15,4	14,1	13,5	12,5	11,3	
	б	12,1	12,7	11,9	11,8	10,4	10,5	8,7
P ₂ O ₅ , мг/100 г абс. сух. почвы								
0-20	a	12,4	11,8	11,1	12,6	11,2	15,3	
	б	13,7	12,8	10,9	14,4	12,2	15,0	3,4
0-40	a	10,6	10,0	9,4	10,0	9,3	12,5	
	б	11,4	11,0	9,8	11,3	10,3	12,6	3,4
K ₂ O, мг/100 г абс. сух. почвы								
0-20	a	9,2	9,4	9,1	8,6	9,3	9,2	
	б	9,3	8,6	8,8	8,2	8,1	9,6	3,5
0-40	a	7,2	7,2	7,0	6,1	6,4	6,4	
	б	7,0	6,5	6,6	5,9	6,1	6,9	2,6

Примечание: a – N₆₀P₆₀K₆₀, б – без удобрений

Максимальное содержание нитратного азота в почве под ячменем в среднем за вегетационный период в слое 0-20 и 0-40 см было при вспашке на глубину 25-27 см и составляло 13,9 в слое 0-20 см и 12,7 мг/кг абс. сух. почвы в слое 0-40 см, на фоне N₆₀P₆₀K₆₀ по вспашке на глубину 20-22 см – 17,9 в слое 0-20 см и 15,8 мг/кг абс. сух. почвы в слое 0-40 см. Уменьшение глубины в отвальной системе обработки почвы до 14-16 см и применение мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработок почвы под ячмень привело к снижению содержания нитратного азота в слое 0-20 см на 0,6-2,5 мг/кг абс. сух. почвы или на 4,4-18,2%, на фоне с применением удобрений – на 3,5-4,9 мг/кг почвы или на 20-31%. Аналогичная закономерность в обеспеченности почвы нитратным азотом отмечается и в слое 0-40 см. В почве залежи содержание нитратного азота было почти в полтора раза меньше, чем в обрабатываемой почве.

Статистической обработкой данных установлено, что содержание нитратного азота в почве под ячменем в значительной степени определяется развитием аммонифицирующих микроорганизмов $r=0,73$, микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота $r=0,85$ и азотобактера $r=0,68$.

Наилучшая средневегетационная обеспеченность почвы подвижным фосфором в слое 0-20 см на удобренном и неудобренном фонах была при мелкой безотвальной и нулевой обработках и на фоне без применения удобрений находилась в пределах – 14,4 и 15,0 мг/100 г почвы. При отвальной обработке содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см было несколько ниже, а в слое 0-40 см было максимальным при нулевой обработке почвы – 12,5 мг/100 г абс. сух. почвы. На залежи содержание подвижного фосфора было в 3 раза ниже, чем в обрабатываемой почве. Содержание обменного калия в почве под ячменем также имело тенденцию к снижению при минимализации обработки почвы, и наименьшее количество в слое 0-20 см было при поверхностной обработке почвы – 8,1 мг/100 г абс. сух. почвы. В слое 0-40 см эта закономерность прослеживалась наиболее четко. Относительно вспашки (контроль) снижение его содержания составляло 0,1-1,1 мг/100 г почвы или 1,4-15,7%. Аналогичная закономерность отмечается и на фоне с применением удобрений. Содержание обменного калия на залежи было почти в два раза ниже, чем в обрабатываемой почве.

Продуктивность сельскохозяйственных культур является результирующим показателем всех факторов почвенного плодородия и является основным критерием оценки эффективности агротехнических приемов. Наибольшая урожайность ячменя была получена при вспашке на глубину 25-27 см 2,45 т/га независимо от фона удобренности (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность ячменя при различных приемах основной обработки почвы, т/га, 2018-2019 гг.

	Обработка (фактор А)	Удобрение (фактор В)		Средняя по фактору А НСР ₀₅ = 0,21	
		б/уд-й	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	т/га	+ / -
		НСР ₀₅ : по фактору а – 0,29 по фактору b – 0,38			
1	Вспашка – 20-22 см	1,65	3,20	2,43	0,00
2	Вспашка – 25-27 см	1,70	3,21	2,45	0,02
3	Вспашка – 14-16 см	1,64	3,17	2,40	-0,03
4	Безотвальная – 14-16 см	1,55	3,04	2,29	-0,14
5	Вспашка – 20-22 см	1,64	3,25	2,44	0,01
6	Вспашка – 14-16 см	1,55	3,05	2,30	-0,13
7	Безотвальная – 14-16 см	1,44	2,95	2,19	-0,24
8	Минимальная – 6-8 см	1,31	2,65	1,98	-0,45
9	Нулевая	0,87	1,59	1,23	-1,20
Средняя по фактору В НСР ₀₅ =0,13		1,48	2,90		

Применение безотвальной поверхностной и нулевой обработок почвы под ячмень привело к снижению урожайности ячменя по сравнению с контролем. Снижение урожайности ячменя при безотвальной и поверхностной обработках составило 0,14-0,24 т/га или 5,8-18,5%, при нулевой обработке – 1,20 т/га или 49,4%.

Наибольшая урожайность ячменя при применении удобрений получена при вспашке на глубину 20-22 см в комбинированной системе обработки почвы в севообороте 3,25 т/га, здесь же получена и наибольшая прибавка зерна ячменя от внесения удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ 1,61 т/га при НСР₀₅=0,13 т/га.

Статистическая обработка данных показала, что в наибольшей степени урожайность ячменя зависит от содержания нитратного азота в почве. Коэффициент корреляции в период кущения по слою 0-40 см составляет $r=0,94$, в период колошения – $r=0,68$, в период созревания – $r=0,69$. При этом наиболее значимые зависимости отмечаются по обеспеченности азотом слоя 10-20 см $r=0,81$ в период кущения, $r=0,67$ в период колошения и $r=0,77$ в период созревания.

Обеспеченность почвы подвижным фосфором с урожайностью ячменя имеет обратную зависимость: при достаточно высокой тесноте связи по слою 0-20 см $r= -0,36-0,58$, по слою 0-40 см $r= -0,0,66-0,54$.

Влияние содержания и распределения подвижного калия в профиле почвы на урожайность ячменя усиливалось от начала вегетации к концу. Наибольшая зависимость урожайности ячменя от обеспеченности почвы калием отмечалась в конце вегетации и по слою 20-40 см.

Установленные корреляционные отношения свидетельствует, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР наиболее эффективно формирование обрабатываемого слоя почвы при выращивании ячменя с наибольшим содержанием элементов питания происходит в слое 10-20 см.

Заключение

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР наиболее эффективной обработкой почвы под ячмень является отвальная обработка почвы на глубину 20-22 см.

Увеличение глубины отвальной обработки до 25-27 см приводит к тенденции повышения урожайности ячменя, а уменьшение глубины до 14-16 см - к тенденции снижения.

Безотвальная, поверхностная и нулевая обработки почвы приводят к снижению плодородия чернозема обыкновенного и урожайности ячменя на удобренном и неудобренном фонах. Снижение урожайности ячменя при безотвальной и поверхностной обработках составило 0,14-0,24 т/га (НСР₀₅ = 0,21 т/га) или 5,8-18,5%, при нулевой обработке – 1,20 т/га или 49,4% по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см.

Наибольшая эффективность от внесения удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ отмечается при вспашке на глубину 20-22 см в комбинированной системе обработки почвы в севообороте 3,25 т/га, здесь получена и наибольшая прибавка зерна ячменя от внесения удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ 1,61 т/га.

Литература

1. Воронин А.Н., Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Навольнева Е.В. Влияние удобрений и способов обработки почвы на урожай зерна кукурузы // Кукуруза и сорго. – 2018. – № 2. – С. 32-34.
2. Шабалкин А.В., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность различных способов основной обработки почвы и средств интенсификации в борьбе с засоренностью посевов ячменя // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2. (30). – С. 139-143.
3. Воронцов В.А., Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П. Системы обработки почвы в Тамбовской области // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 19-21.
4. Котлярова, Е.Г., Лубенцов С.М. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания гороха на зерно // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 34-35.
5. Гармашов В.М. Принципы и методы оптимизации основной обработки почвы и воспроизводства плодородия чернозема обыкновенного в зернопропашных севооборотах ЦЧР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. – Рамонь, – 2018. – 42 с.
6. Беляков И.И. Ячмень в интенсивном земледелии. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 176 с.
7. Сидоров М.И., Зезюков Н.И. Земледелие на черноземах. – Воронеж: ВГУ, – 1992. – 184 с.
8. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, – 1986. – 416 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию / Изд. 2-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, – 1987. – 383 с.

№ 0621-219-0017 научного направления, в соответствии, с выполнением которого написана данная статья.

COMMON CHERNOZEM FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF BARLEY UNDER DIFFERENT SOIL TREATMENT METHODS

V.I. Turusov, V.M. Garmashov, I. M. Kornilov, N.A. Nuzhnaya, V.N. Govorov,
M.P. Kryachkov

V.V. DOKUCHAEV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF CENTRAL-
CHERNOZEM ZONE, E-mail: niish1c@mail.ru

Abstract: *The article presents the results of the study of the fertility of ordinary Chernozem and barley yield at different methods of basic tillage. Studies have found that in the soil and climatic conditions of the South-East of the CCZ, the use of shallow soil-free and zero treatments leads to a decrease in the actual biological activity of the soil by 3,2-2,2 %.*

It was revealed that the maximum content of nitrate nitrogen in the soil under barley on average during the growing season in the layer 0-20 and 0-40 cm was when plowing to a depth of 25-27 cm, against the background of N₆₀P₆₀K₆₀ on plowing to a depth of 20-22 cm-17,9 in the layer 0-20 cm and 15,8 mg / kg abs. dry. soil in the layer of 0-40 cm. Reducing the depth in the dump system of soil tillage to 14-16 cm and the use of shallow soil, surface and zero tillage for barley leads

to a decrease in the content of nitrate nitrogen in the layer of 0-20 cm by 4,4-18,2%, on the background with the use of fertilizers-by 20-31%.

Confirmed that soil and climatic conditions of the South-East of CCZ the highest yields of barley formed at dump processing to a depth of 20-22 see an increase in the depth moldboard treatment to 25-27 cm tended to improve the yield of barley, and a decrease in the depth of 14-16 cm in its downward trend.

Soil tillage, surface tillage and zero tillage lead to a decrease in the fertility of ordinary Chernozem and barley yield on fertilized and wind-fed backgrounds. The decrease in barley yield at non-shaft and surface treatments is 0,14-0,24 t / ha ($NSR_{05} = 0,21$ t/ha) or 5,8-18,5%, at zero treatment-1,20 t / ha or 49,4% compared with plowing to a depth of 20-22 cm.

The greatest efficiency from the application of fertilizers $N_{60}P_{60}K_{60}$ is noted when plowing to a depth of 20-22 cm in the combined system of soil treatment in the crop rotation-1,61 t / ha.

Keywords: barley, crop rotation, precursor, method of tillage, plowing, tillage, zero tillage.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11144

УДК 631.445.4:631.454:631.582:631.559:658.562

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЯЧМЕНЕ В УСЛОВИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О.М. ИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ТАМБОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ИМЕНИ И.В. МИЧУРИНА»

За годы исследований (2014-2018 гг.) самая высокая урожайность ячменя была получена на вариантах с внесением аммиачной селитры в дозе N_{60} (предпосевная культивация) и осенним внесением азотфоски в дозе $(NPK)_{40} + N_{60}$ – аммиачная селитра (предпосевная культивация) + Мегамикс (кущение – 1 л/га), где получена прибавка урожайности 2,04 и 2,06 т/га соответственно. Остальные варианты опыта также превосходили контроль, но уже на меньшую величину: 0,53-1,83 т/га.

Максимальная урожайность за годы исследований - 5,56 т/га была получена в 2015 году на варианте с внесением аммиачной селитры в дозе N_{60} (предпосевная культивация).

Ключевые слова: удобрения, чернозем, ячмень, сорт, урожайность, севооборот.

Культурой всех широт называют ячмень, не знающий себе равных по географии распространения. Его выращивают и в условиях высокогорья, и за Полярным кругом, и в экваториальной Африке. Это четвертая зерновая культура в мире по посевным площадям уступающая лишь пшенице, рису и кукурузе [1].

В Центрально-Черноземном регионе по посевным площадям и валовому сбору зерна ячмень занимает одно из ведущих мест в группе зерновых культур, но, несмотря на это, потребности в фуражном и пивоваренном зерне не удовлетворены полностью. Это связано с нестабильной и не высокой урожайностью этой культуры по годам. Решение этого вопроса возможно за счет соблюдения и совершенствования технологии его выращивания и внедрения новых высокопродуктивных сортов [2].

Одной из ключевых проблем агрохимии является определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях. Особую актуальность эта проблема приобрела в настоящее время в связи с изменившимися экономическими условиями. При резком повышении цен на минеральные удобрения становятся еще более актуальными вопросы их рационального использования [3]. Используя известные азотные, фосфорные и калийные удобрения, аграрная наука постоянно ведет поиск наиболее перспективных удобрений и биопрепаратов, которые положительно влияют на урожайность и качество выращенной продукции [4]. Одним из путей

снижения затрат на получение сельскохозяйственной продукции и повышения валовых показателей, является использование широкого ряда препаратов биологически активных веществ и микроэлементов в хелатной форме, применение которых позволяет существенно повысить продуктивность растений.

Цель работы – изучить влияние различных доз (N_{30} и 60 кг/га д. в.), способов и сроков (предпосевная культивация и кушение) внесения азотных удобрений макро- и микроудобрений Мегамикс (кушение) на урожайность ячменя в условиях Тамбовской области в зернопаропропашном севообороте.

Условия и методы исследований

Исследования проводили в 2014-2018 гг. в полевом длительном стационарном опыте отдела земледелия Тамбовского НИИСХ с использованием дозы минерального удобрения $N_{40}P_{40}K_{40}$ и жидкого минерального удобрения Мегамикс. В опыте высевался сорт ячменя Чакинский 221, включенный с 2001 года в Госреестр селекционных достижений по Центрально-Черноземному региону [2]. Сорт высокоурожайный (максимальная урожайность, полученная в ГСИ – 61 ц/га, в производственных условиях – 59 ц/га), среднеспелый (вегетационный период 69-88 дней). Характеризуется быстрым ростом и развитием в фазу кушения, поэтому в этот период особенно требователен к наличию питательных веществ в почве и, в первую очередь, к азоту.

Посевная площадь делянки $207,2$ м² ($5,6 \times 37$), учетная – 140 м² (4×35). Повторность опыта трехкратная. В опыте под ячмень вносили азофоску (марка $N_{16}P_{16}K_{16}$) в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ и жидкое минеральное удобрение Мегамикс в дозе $1,0$ л/га – для опрыскивания растений. В удобрении Мегамикс содержится (г/л): В – $1,7$; Cu – $7,0$; Zn – $14,0$; Mn – $3,5$; Fe – $3,0$; Mo – $4,6$; Co – $1,0$; Cr – $0,3$; Ni – $0,1$; N – $6,0$; S – $29,0$; Mg – $15,0$.

Почвенный покров на опытном участке представлен типичным чернозёмом с содержанием гумуса в пахотном слое – $6,8-7,0\%$, подвижного фосфора – $12,5-14,5$ мг на 100 г почвы, обменного калия – $16,0-17,3$ мг на 100 г почвы (по Чирикову). Кислотность почвы – $5,5-5,8$.

Севооборот: чистый пар, пшеница озимая, кукуруза (на зерно), ячмень, подсолнечник, пшеница яровая. Учет урожая – сплошной поделяночный. Математическая обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа по методике Б.А.Доспехова (1985) и с помощью программы «Statistica 6,0» (Дискриминантный анализ, 1997).

Лабораторные исследования выполняли на базе существующей при институте лаборатории. Постановка полевого опыта, проведение наблюдений и учетов выполнялись в соответствии с общепринятыми в растениеводстве методиками [5, 6, 7].

Схема опыта

1. Без удобрений
2. $N_{40}P_{40}K_{40}$ – фон
3. Фон + N_{30} (предпосевная культивация)
4. Фон + N_{60} (предпосевная культивация)
5. Фон + N_{30} (кушение)
6. Фон + N_{60} (кушение)
7. N_{30} (предпосевная культивация)
8. N_{60} (предпосевная культивация)
9. Фон + N_{30} (предпосевная культивация) + Мегамикс (кушение)
10. Фон + N_{60} (предпосевная культивация) + Мегамикс (кушение)
11. Фон + Мегамикс (кушение)

Результаты исследований и их обсуждение

Климат места проведения исследований характеризуется как умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, с довольно теплым летом и холодной продолжительной зимой.

Ограничивающим фактором получения ежегодных высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур является недостаток влаги в почве и неравномерность выпадения осадков [8]. В целом почвенно-климатические условия района проведения исследований благоприятны для возделывания сельскохозяйственных культур и ячменя в частности. Оценивая влагообеспеченность и температурный режим периодов вегетации, необходимо отметить, что в

годы исследований они сильно отличались от средних многолетних значений, и были неравнозначны, что дает возможность более объективно оценить эффективность изучаемых доз и сроков внесения различных удобрений на урожайность ячменя сорта Чакинский 221.

Тамбовская область занимает северо-восточную часть Центрально-Черноземного региона, относится к зоне недостаточного увлажнения, о чём свидетельствует гидротермический коэффициент, средняя величина которого составляет 0,91-1,10. Изменчивость гидротермического коэффициента очень велика от 0,5 в сухие годы до 2,0 во влажные. В среднем за год в области выпадает 500-550 мм осадков, из них 55-60% - в период вегетации. Практически ежегодно бывают засухи различной интенсивности. Относительная влажность воздуха составляет 77,7%. Зимой осадков выпадает 14,3% от среднегодовой нормы, весной – 20,5%, летом – 39,0% и осенью – 26,2%. Наибольшее количество осадков за вегетационный период выпало в 2016 году, что отрицательно сказалось на урожайности ячменя. Среднесуточная температура воздуха была на уровне, либо выше среднемноголетних значений (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия за годы проведения исследований (2014-2018 г.)

Годы	апрель	май	июнь	июль	август
Количество осадков, мм					
2014*	57,8	35,6	65,4	2,9	53,3
2015*	89,7	57,5	180,1	57,9	11,8
2016*	114,0	160,1	73,5	93,8	79,9
2017*	56,0	80,1	151,4	137,3	55,2
2018*	81,7	36,1	7,3	29,2	0,4
Среднемноголетнее за 1913-2012 г.**	29,8	39,7	55,5	63,6	47,2
Среднесуточная температура воздуха, °С					
2014*	7,5	17,9	17,3	21,4	22,3
2015*	6,7	14,8	19,9	19,6	18,5
2016*	9,3	14,3	18,1	21,2	22,2
2017*	6,4	11,7	14,8	19,1	19,9
2018*	7,4	17,0	18,4	21,6	20,9
Среднемноголетнее за 1913-2012 г.**	6,1	14,2	18,2	20,1	18,5

* – по данным Интернет-ресурса

** – по данным Чакинского метеопункта

Самым засушливым из пяти лет исследований оказался вегетационный период 2018 года. За период с апреля по август выпало 65,6% осадков от среднемноголетней нормы. Максимальное количество осадков выпало в 2016 году и составило 221,1% от среднемноголетней нормы, что отрицательно сказалось на урожайности ячменя.

Самым урожайным за годы проведения исследований оказался 2015 год (табл. 2), хотя погодные условия отличались от среднемноголетних значений. За период вегетации ячменя (апрель-август) выпало 168,4% осадков, температура воздуха превышала, либо была на уровне среднемноголетних значений.

Так, в апреле-мае температура воздуха была выше на 0,6⁰С, количество выпавших осадков составило 301,0% от среднемноголетних значений. В июне температура воздуха была выше нормы на 1,7⁰С, количество выпавших осадков составило 324,5%. С июля по август количество выпавших осадков уменьшалось и составляло соответственно 91,0-25,0% от нормы. Температура воздуха была на уровне, либо близка к средним показателям.

В результате проведенных исследований были выявлены закономерности в изменении урожайности ячменя в условиях зернопаропропашного севооборота в зависимости от применяемых видов, доз и сроков внесения минеральных удобрений (табл. 2).

Максимальная урожайность за годы исследований была получена в 2015 году на варианте с внесением аммиачной селитры в дозе N_{60} (предпосевная культивация) и составила 5,56 т/га. Самая низкая – в 2018 году на контроле: 1,52 т/га.

Лучшими оказались варианты с внесением аммиачной селитры в дозе N_{60} (предпосевная культивация) и осенним внесением азофоски в дозе $(NPK)_{40} + N_{60}$ -аммиачная селитра (предпосевная культивация) + Мегамикс (кущение – 1 л/га), где получена прибавка урожайности 2,04 и 2,06 т/га соответственно (табл. 2). Остальные варианты опыта также были достоверно выше контроля: прибавки составили от 0,53 до 1,83 т/га.

Таблица 2

Влияние удобрений на урожайность ячменя, т/га

Варианты опыта	Урожайность						Прибавка					
	Годы											
	2014	2015	2016	2017	2018	среднее	2014	2015	2016	2017	2018	среднее
1	3,80	3,05	2,16	2,56	1,52	2,62	-	-	-	-	-	-
2	4,20	3,49	2,36	3,34	2,34	3,15	0,40	0,44	0,20	0,78	0,82	0,53
3	4,38	4,37	3,69	4,31	3,40	4,03	0,58	1,32	1,53	1,75	1,88	1,41
4	4,31	4,27	4,40	4,89	3,53	4,28	0,51	1,22	2,24	2,33	2,01	1,66
5	4,28	5,00	2,84	5,01	2,92	4,01	0,48	1,95	0,68	2,45	1,40	1,39
6	4,11	5,27	3,06	5,05	3,40	4,18	0,31	2,22	0,90	2,49	1,88	1,56
7	4,35	5,24	3,59	4,80	3,89	4,37	0,55	2,19	1,43	2,24	2,37	1,75
8	4,56	5,56	4,01	5,13	4,05	4,66	0,76	2,51	1,85	2,57	2,53	2,04
9	4,19	5,11	4,09	5,09	3,77	4,45	0,39	2,06	1,93	2,53	2,25	1,83
10	4,51	5,47	4,31	4,91	4,18	4,68	0,71	2,42	2,15	2,35	2,66	2,06
11	4,54	5,26	2,52	3,69	2,23	3,65	0,74	2,21	0,36	1,13	0,71	1,03
НСР ₀₅ , т/га							0,39	0,46	0,23	0,26	0,32	0,33

Заключение

Таким образом, установлено, что применение жидких минеральных удобрений Мегамикс положительно влияет на урожайность ячменя сорт Чакинский 221, повышает эффективность использования основных макроудобрений, способствует повышению урожайности ячменя.

Литература

1. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Экологическое испытание новых сортов ярового ячменя в условиях Тамбовской области // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 5 (29). – С. 9-12.
2. Кулешов К.Р., Драчева М.К., Корякин В.В. Результаты селекционной работы по яровому ячменю в Тамбовской области // Вестник Тамбовского Университета. – 2009. – Т. 14. – № 1. – С. 131-132.
3. Сычев В. Г., Шафран С. А., Духанина Т. М. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребности в удобрениях. – М.: ВНИИА, – 2017. – 220 с.
4. Колягин Ю.С., Новичихин О.В. Влияние корневого питания на рост растений и урожайность подсолнечника // Аграрная наука. – 2011. – № 10. – С. 15-16.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
6. Константинов П.Н. Основы сельскохозяйственного опытного дела. – М.: Колос, – 1952. – 446 с.
7. Молостов А.П. Методика полевого опыта. – М.: Колос, – 1966. – 239 с.
8. Погода в Чакино: [Электронный ресурс]. – URL: [http://www. eurometeo.ru/ russia](http://www.eurometeo.ru/russia) (дата обращения: 16.08.2019).

APPLICATION OF VARIOUS TYPES OF MINERAL FERTILIZERS ON BARLEY IN CONDITIONS OF TAMBOV REGION

O.M. Ivanova

TAMBOV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH of FSBSI
«FEDERAL SCIENTIFIC CENTER named after I.V. MICHURIN»

Abstract: *In years of the conducted researches (2014-2018) the highest productivity of barley was received on options with introduction of ammonium nitrate in N_{60} dose (preseeding cultivation) and autumn introduction of an azofoska in a dose (NPK) $_{40} N_{60}$ – ammonium nitrate (preseeding cultivation) Megamiks (tillering – 1 /hectare) where the rise of productivity of 2,04 and 2,06 t/hectare respectively is got. The rest of the trial also exceeded control, but already by a smaller amount: 0,53-1,83 t/ha.*

The maximum yield over the years of research was obtained in 2015 on the version with the introduction of ammonium nitrate at the dose of N_{60} (pre-plant cultivation) and amounted to 5,56 t/ha.

Keywords: fertilizers, black soil, barley, variety, yield, crop rotation.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11145

УДК 631.51:631.582

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.И. ЗОЛОТУХИН, Ю.А БОБКОВА, кандидаты сельскохозяйственных наук

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

В статье рассматриваются различные способы основной обработки почвы в звене пшеница – рапс яровой – ячмень яровой комбинированными агрегатами и традиционная вспашка. Установлено, что применение разноглубинной обработки почвы оказывало влияние на влажность почвы, количество всходов рапса и его биологическую урожайность.

Исследования проводились в деревне Яковка Колпнянского района Орловской области в ООО «Рейнланд». В качестве объекта исследования выбраны темно-серые лесные почвы, типичные для Орловской области.

Схема опыта включала 3 варианта: обработка почвы оборотным плугом на глубину 25 см; обработка почвы на глубину 15 см комплексным агрегатом Центаур; обработка почвы на глубину 20 см комплексным агрегатом Центаур.

Посев культур проводился сеялкой Amazone D-9-60. Размещение вариантов в опыте систематическое. Повторность трехкратная.

Цель исследований – обосновать наиболее эффективные способы основной обработки почвы при возделывании культур в звене севооборота. Эффективность возделывания культуры складывается из многих факторов, которые обуславливают получение конечной продукции, ее количество и качество и не последнюю роль в этом играет основная обработка почвы, поскольку обуславливает агрофизические показатели почвы, ее биологическая активность и засоренность посевов. Эти показатели оказывают существенное влияние на конечную эффективность производства растениеводческой продукции.

В результате исследований установлено: плотность почвы по вариантам опыта увеличивалась в соответствии с уменьшением глубины обработки почвы; во всех вариантах опыта солома оказывала свое положительно влияние на влажность почвы; наиболее высокую биологическую урожайность обеспечил вариант с традиционной вспашкой.

Ключевые слова: земледелие, основная обработка почвы, озимая пшеница, рапс яровой, ячмень яровой, урожайность, Орловская область.

На сегодняшний день, в условиях экономического кризиса, в земледелии просматривается четкое направление на снижение энергетических и материальных затрат на основе применения механизмов адаптивного земледелия [1, 2, 3, 4]. Каждое хозяйство должно в соответствии с конкретными природно-экономическими условиями разработать и ввести в производство свои адаптивные технологические приемы, направленные на снижение экономических и энергетических затрат [3, 8].

Снижение экономических и энергетических затрат при производстве продукции растениеводства возможно в первую очередь через применение в производстве ресурсо- и энергосберегающих технологий обработки почвы, путем широкого применения высокопроизводительных почвообрабатывающих машин и орудий. По многочисленным исследованиям, применение комплексной почвообрабатывающей техники приводит к снижению энергетических затрат в 1,5-2 раза, а материальных – примерно на 30% по сравнению с традиционной обработкой [5, 6]. Обработка почвы должна быть направлена на сохранение и накопление влаги, очистку почвы от сорняков и создание благоприятных условий для роста и развития растений озимой пшеницы [7, 8, 9, 10].

Наши исследования проводились с целью выявления действия различных способов обработки почвы на продуктивность культур в звене севооборота.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в звене севооборота озимая пшеница – рапс яровой-ячмень в деревне Яковка Колпнянского района Орловской области, на темно-серых лесных почвах. Опыт проводился в течение 2014-2016 гг. Размещение вариантов в опыте систематическое. Повторность трехкратная. Учетная площадь делянки – 200 м².

Обработка почвы в опытных вариантах проводилась с использованием комплексной почвообрабатывающей техники Центаур на различную глубину (15 и 20 см). Контрольным был вариант с обработкой почвы оборотным плугом фирмы Лемкен на глубину 25 см.

Схема опыта:

- 1) обработка почвы оборотным плугом на глубину 25 см (контроль).
- 2) обработка почвы на глубину 20 см комплексным агрегатом Центаур.
- 3) обработка почвы на глубину 15 см комплексным агрегатом Центаур.

Предшественник убирался с измельчением соломы и дальнейшим ее использованием в качестве органического удобрения, кроме того, солома способствовала задержанию и накоплению в почве влаги и снижала ее испарение в засушливый период.

Результаты исследований

Как известно, основная обработка почвы оказывает влияние на агрофизические показатели почвы и в том числе плотность почвы. В результате исследований установлено, что плотность почвы в звене севооборота изменялась в зависимости от выбранного способа основной обработки почвы (табл. 1).

Плотность почвы в период вегетации культур звена севооборота изменялась в зависимости от способа обработки почвы и времени отбора проб (табл. 1).

Этот показатель под озимой пшеницей закономерно увеличивался в процессе вегетации культуры и к моменту уборки составил по вариантам опыта 1,20-1,22 г/см³.

Сравнивая показатели плотности почвы по вариантам обработки почвы, можно отметить, что достоверно плотность почвы, обработанной на глубину 15 см, была выше, чем в контрольном варианте (1,22 и 1,20 г/см³ соответственно). Тенденция уплотнения почвы к моменту созревания культур прослеживается и по другим культурам звена севооборота.

Следует отметить, что в результате возделывания зерновых культур (озимая пшеница и яровой ячмень) почва имела большую плотность, чем при возделывании ярового рапса.

Таблица 1

Плотность почвы (г/см³) в период вегетации культур в слое 0-30 см (ср. за три года)

Варианты	Срок отбора проб			Среднее
	1	2	3	
Озимая пшеница				
Вспашка плугом на глубину 25см (контроль)	1,19	1,19	1,21	1,20
Обработка почвы на глубину 20 см	1,20	1,22	1,22	1,21
Обработка почвы на глубину 15 см	1,20	1,22	1,25	1,22
НСР ₀₅				0,01
Рапс яровой (предшественник – озимая пшеница)				
Вспашка плугом на глубину 25см (контроль)	1,17	1,17	1,19	1,17
Обработка почвы на глубину 20 см	1,18	1,20	1,20	1,19
Обработка почвы на глубину 15 см	1,18	1,20	1,23	1,20
НСР ₀₅				0,01
Ячмень яровой (предшественник – рапс яровой)				
Вспашка плугом на глубину 25см (контроль)	1,20	1,21	1,19	1,20
Обработка почвы на глубину 20 см	1,20	1,21	1,20	1,20
Обработка почвы на глубину 15 см	1,21	1,23	1,22	1,22
НСР ₀₅				0,01

Примечание:* сроки отбора проб по озимой пшенице: 1-в фазу кущения, 2 – колошение озимой пшеницы, 3 – перед уборкой; сроки отбора проб по рапсу яровому: 1-при появлении всходов; 2 – цветение культуры; 3 – перед уборкой; сроки отбора проб по ячменю яровому: 1-при появлении всходов; 2 – колошение; 3 – перед уборкой.

Почвенные микроорганизмы выделяют в процессе жизнедеятельности различные физиологически активные соединения, способствуют переводу одних элементов в подвижную форму и, наоборот, закреплению других в недоступную для растений форму [4]. Поэтому для оценки деятельности почвенной биоты во время вегетации культур севооборота были проведены наблюдения за изменением биологической активности почвы по вариантам опыта, которую определяли методом льяных полотен (Е.З. Теппер и др., 1993).

Важным показателем биологической активности почвы является интенсивность разрушения клетчатки (табл. 2).

Таблица 2

Разложение клетчатки в слое 0-20 см

Вариант		Разложение клетчатки, %
Озимая пшеница	Вспашка плугом на глубину 25см	23,6
	Обработка почвы на глубину 20 см	21,3
	Обработка почвы на глубину 15 см	18,0
Рапс яровой	Вспашка плугом на глубину 25см	20,1
	Обработка почвы на глубину 20 см	16,3
	Обработка почвы на глубину 15 см	14,6
Ячмень яровой	Вспашка плугом на глубину 25см	21,8
	Обработка почвы на глубину 20 см	18,6
	Обработка почвы на глубину 15 см	15,3

Различные приемы основной обработки почвы оказывали влияние на активность разложения клетчатки микроорганизмами.

С уменьшением глубины обработки почвы активность микроорганизмов снижалась с 23,6% до 18% на озимой пшенице, с 20,1% до 14,6% на рапсе и с 21,8% до 15,3% на яровом ячмене. Интенсивность разложения клетчатки по вариантам исследования в целом варьировала от 15,3% при глубине обработки на 15 см под ячменем, до 23,6% по вспашке под озимой пшеницей.

Следовательно, глубокая обработка почвы – вспашка на глубину 25 см – обеспечивает лучшие условия для разложения клетчатки, чем более мелкие обработки.

Разница в обработках почвы оказывала значительное влияние и на количество сорняков в посевах изучаемых культур (табл. 3).

Таблица 3

Засоренность посевов, количество сорняков шт./м²*

Вариант	Кущение	В фазу колошения	К уборке
1	2	3	4
Озимая пшеница			
Вспашка на глубину 25 см	35	12	9
Обработка почвы на глубину 20 см	39	14	10
Обработка почвы на глубину 15 см	47	15	12
Рапс яровой			
Вспашка на глубину 25 см	58	17	9
Обработка почвы на глубину 20 см	65	17	10
Обработка почвы на глубину 15 см	72	21	11
Ячмень яровой			
Вспашка на глубину 25 см	35	12	9
Обработка почвы на глубину 20 см	52	19	13
Обработка почвы на глубину 15 см	63	20	13
НСР ₀₅	5,3	1,3	1,4

*Примечание** Усредненные данные по трем пробным площадкам

В фазу кущения озимой пшеницы максимальное количество сорняков наблюдалось на варианте с обработкой почвы на глубину 15 см (47 шт./м²), на вариантах с более глубокой основной обработкой почвы, количество сорных растений было ниже по вспашке (35 шт./м²), а на варианте с обработкой почвы на глубину 20 см количество сорняков составляло 39 шт./м².

К фазе колошения озимой пшеницы было зафиксировано резкое снижение численности сорняков, что было следствием обработки посевов гербицидом. Наибольшее количество сорняков также было зафиксировано на варианте с обработкой почвы на глубину 15 см.

В посевах рапса наблюдалась та же тенденция в засоренности, что и в посевах озимой пшеницы. На фоне обработки почвы на глубину 15 см, в фазу всходов, засоренность посевов рапса была наибольшей (72 шт./м²), по сравнению с другими фонами обработки почвы. В фазу цветения произошло значительное снижение сорняков в посевах рапса на фоне гербицидной обработки.

Посевы ячменя были наиболее засорены на варианте обработки почвы на 15 см. Количество сорняков здесь составило 63 шт./м² в фазу появления всходов культуры. По вспашке количество сорняков было значительно меньше, чем на других вариантах – 35 шт./м². К колошению число сорняков, значительно снизилось в связи с применением гербицидов. К уборке ячменя количество сорных растений на квадратном метре практически сравнялось и составило в среднем 9 сорных растений на квадратный метр по вспашке и 13 сорняков по обоим фонам обработки агрегатом Центаур.

Видовой состав сорняков в посевах культур был представлен многолетними корневищными и корнеотпрысковыми, а также однолетними видами.

Следует отметить, что вспашка на глубину 25 см способствовала снижению количества многолетних сорняков. Из вышеизложенного следует, что более глубокая обработка почвы (вспашка на 25 см и обработка комбинированным агрегатом Центаур на 20 см) способствует снижению засоренности посевов относительно более мелкой обработки. Эффективность различных приемов обработки почвы характеризуется урожайностью культуры. Проведенные исследования показали, что выбор способа основной обработки почвы существенно влиял на урожайность (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность и сохранность растений к уборке

Вариант	Количество сохранившихся к уборке растений шт./м ²	Урожайность, ц/га
Озимая пшеница		
Вспашка плугом на глубину 25см (контроль)	195,9	55,2
Обработка почвы на глубину 20 см	187,4	49,7
Обработка почвы на глубину 15 см	156,2	46,2
Рапс яровой		
Вспашка плугом на глубину 25 см (контроль)	89	27,5
Обработка почвы на глубину 20 см	83	27,3
Обработка почвы на глубину 15 см	81	26,5
Ячмень яровой		
Вспашка плугом на глубину 25см (контроль)	369	30,2
Обработка почвы на глубину 20 см	301	29,1
Обработка почвы на глубину 15 см	261	26,3

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы сильно варьировала. Так, на варианте вспашки на глубину 25 см наблюдалась самая высокая урожайность озимой пшеницы (55,2 ц/га). А самая низкая урожайность была получена на фоне основной обработки почвы на глубину 15 см – 46,2 ц/га.

Подсчет количества всходов рапса показал, что величина этого показателя имела такую же тенденцию, как и при изучении плотности почвы, т.е. уменьшалась с уменьшением глубины обработки почвы. Так, на варианте с обработкой почвы плугом количество всходов было 107 растений на квадратном метре, а при обработке комбинированным агрегатом на глубину 15 см количество всходов снизилось до 94 штук на этой же площади.

К фазе цветения культуры произошло снижение количества растений на квадратном метре. Максимально этот показатель снизился на варианте вспашки со 107 до 89 шт./м². Такое снижение густоты стояния растений можно объяснить экстремально жаркими погодными условиями. Наименьшее снижение густоты стояния наблюдалось на варианте с обработкой почвы на глубину 15 см. Солома озимой пшеницы, заделанная в почву на небольшую глубину, создавала мульчирующий слой и, тем самым предотвращала испарение влаги. В результате снижение густоты стояния было не таким значительным, как на фоне вспашки.

Урожайность рапса так же, как и густота стояния растений, сильно зависела от погодных условий. На вариантах с обработкой плугом на 25 см и Центаур на глубину 20 см урожайность была практически на одном уровне 27,5 и 27,3 ц/га соответственно. На варианте с обработкой почвы агрегатом Центаур на 15 см, урожайность рапса снизилась до 26,5 ц/га.

При возделывании ячменя наибольшее количество всходов (428 шт./м²) и их наилучшая сохранность к уборке (369 шт./м²) обеспечивал вариант со вспашкой на 25 см. С уменьшением глубины обработки всхожесть снижалась незначительно. Так, на варианте с обработкой почвы на глубину 15 см всхожесть семян ячменя составила 409 шт./м², в то время как на вспашке она

составляла 428 шт./м². Но, надо отметить, что наилучшую сохранность растений к уборке обеспечивал вариант с более глубокой обработкой почвы. На варианте вспашки к уборке сохранилось 319 растений на метр квадратный, а на варианте с обработкой почвы на 15 см к уборке сохранилось лишь 261 растение на метре квадратном. На варианте с обработкой почвы агрегатом Центаур на 20 см всхожесть семян и их сохранность к уборке отличалось от контрольного варианта незначительно. Урожайности ячменя ярового, так же, как и количество сохранившихся к уборке растений, была самой высокой на контрольном варианте – 33,9 ц/га. При обработке почвы на глубину 15 см урожайность ячменя была самой низкой – 26,3 ц/га.

Выводы

1. Плотность почвы по вариантам опыта увеличивалась в соответствии с уменьшением глубины обработки почвы.
2. Во всех вариантах опыта солома оказывала положительно влияние на влажность почвы.
3. Наиболее высокую урожайность культур звена севооборота обеспечивал вариант с традиционной вспашкой.

Литература

1. Гвазава Д.Г., Хомутова Л.А., Исаева Л.М. Эффективность производства зерновых культур в сельскохозяйственных организациях Костромской области // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. – № 3 (43). – С. 64-68. eLIBRARY ID: 36346200.
2. Кружков Н.К., Лобков В.Т., Наполов В.В. Агрэкологические основы биологизации земледелия в центральной лесостепи европейской части России – Орел, – 2018. – 290 с. eLIBRARY ID: 36483716.
3. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Обобщенная оценка дифференциации систем основной обработки почвы под культуры севооборота / Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 8. – С. 28-30. eLIBRARY ID: 30053593.
4. Лобков В.Т., Абакумов Н.И., Бобкова Ю.А., Золотухин А.И., Кружков Н.К., Наполов В.В., Плыгун С.А., Цой М.Ф. Плодородие без «химии»: основы биологизации земледелия Центральной России на примере Орловской области // Орел: Издательство ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, – 2016. – 160 с. eLIBRARY ID: 26261271.
5. Abakumov N., Bobkova Y.A. Cost-effectiveness of tillage systems in the primary grain crop rotation // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (55). – С. 65-69. eLIBRARY ID: 24308959.
6. Лобков В.Т., Наполов В.В., Наполова Г.В. Эффективность различных способов обработки почвы // Агробизнес и экология. 2015.Т.2. № 2. – С.212-214. eLIBRARY ID: 26112375
7. Романенко А.А., Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. Влияние различных систем обработки почвы и удобрения на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. – С. 26-29. eLIBRARY ID: 25910513.
8. Лощина А.Э. Урожайность культур севооборота при различных системах обработки почвы // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2016. – № 1. – С. 22-27. eLIBRARY ID: 25894727
9. Корнилов И.М., Нужная Н.А. Обработка почвы под озимую пшеницу на различных элементах агроландшафта / Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 1-1. – С. 140-142. eLIBRARY ID: 23601539.
10. Мельник А.Ф., Золотухин А.И. Адаптивные технологии и прогноз урожайности озимой пшеницы в условиях Орловской области // Вестник ОрелГАУ. – 2007. – Т. 6. – № 3. – С. 8-10. eLIBRARY ID: 12963824.

COMPARATIVE EFFICIENCY OF DIFFERENT SOIL TREATMENT METHODS IN CROP ROTATION IN THE CONDITIONS OF SOUTHEAST OF OREL REGION

A.I. Zolotukhin, Y.A. Bobkova

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

Abstract: *The article discusses the various ways of the main processing of the soil under in the link of crop rotation winter wheat-spring rape-spring barley combined aggregates and traditional plowing. It was found that the use of different depths of soil treatment had an impact on soil moisture, the number of seedlings of field crops, and its biological yield.*

The studies were conducted in the village Yakivka Kolpnyanskom area Orel region in the company «Rhineland». Dark gray forest soils typical for the Orel region were chosen as the object of study.

Stationary field experience consisted of 3 variants: tillage with a reversible plow to a depth of 25 cm; tillage to a depth of 15 cm complex unit Centaur; tillage to a depth of 20 cm complex unit Centaur.

Sowing of spring rape was carried out with Amazone d-9-60 seeder. Placing of variants in experience is systematic. Repeated triple.

The aim of researches was to ground the most effective methods of basic treatment of soil at till of cultures in the link of crop rotation. Efficiency of till of culture consists of many factors that stipulate the receipt of eventual products, her amount both quality and not last role is herein played by basic treatment of soil, as she is stipulate the agrophysical indexes of soil, her biological activity and impurity of sowing. These indexes render substantial influence on eventual efficiency of production of plant-grower goods.

As a result of research it was found that the density of the soil in the variants of the experiment increased in accordance with the decrease in the depth of processing; in all variants of the experiment, straw had a positive effect on soil moisture; the highest biological yield was provided, the variant with traditional processing.

Keywords: agriculture, primary tillage, winter wheat, spring rapeseed, spring barley, yield, Oryol oblast.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11146

УДК 636. 084.1:636.087.72+633.367

ЭНЕРГОПРОТЕИНОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ НА ОСНОВЕ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЛЮПИНА В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ

З.Н. ФЕДОРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

КАЛИНИНГРАДСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И АГРОЭКОЛОГИИ ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА»

E-mail: ZNF_@LIST.RU

Решение продовольственной безопасности населения Калининградской области зависит от создания собственного производства высокобелковых растительных кормов. Вопросы протеинового питания нуждаются в быстром решении, как в производстве белка, так и нормированным рациональным использовании. Несбалансированность рационов по протеину сдерживает рост и развитие молодняка, нарушает обмен веществ, увеличивает расход кормов на единицу произведенной продукции тем самым повышая ее себестоимость. В этих условиях применение нетрадиционных белковых кормов местного производства и создание на их базе новых рецептов энергопротеиновых концентратов, как компонента комбикормов, стало одной из задач сотрудников отдела животноводства Калининградского НИИСХ. Автор работает над проблемой дефицита белка с 2000 года, начиная в Саратовской области в ФГУП «Новониколаевское», продолжив с 2009 года по настоящее время в Калининградском НИИСХ.

На базе ООО «Темп» Гурьевского района проведены исследования (июнь-август 2018 года) по скармливанию телятам ЭПК (энергопротеинового концентрата из экструдированного зерна узколистного люпина, рапса, тритикале, подвергнутого термической обработке на пресс-экструдере) в составе комбикорма для определения влияния ЭПК на изменение продуктивности телят. Были сформированы три группы телят чёрнопёстрой породы в возрасте от 3-6 мес., одна контрольная и две опытные, по 10 голов в каждой. Телята 1-й опытной группы получали комбикорм с экструдированным концентратом на основе люпина; телята 2-й опытной группы – комбикорм с экструдированным концентратом на основе сои.

Установлено, что кормовое достоинство экструдированного концентрата на основе зерна люпина не уступает экструдированному концентрату на основе сои и позволяет получать хорошие приросты живой массы телят. Валовый прирост живой массы за весь период опыта получен в 1-й опытной группе – 86,5 кг и во 2-й – 86,0 кг, а в контрольной группе – 64,8 кг. Стоимость 1 т комбикорма с экструдированным концентратом на основе люпина составила 18233 руб., а с экструдированным концентратом на основе сои – 37303 руб. Концентрат на основе люпина, рапса, тритикале по биологической ценности приравнивается к полножирной сое.

Ключевые слова: энергопротеиновый концентрат, экструдированное зерно, импортозамещение, соя, комбикорм, эффективность.

Производство высокопротеиновых кормов в Калининградской области на данный момент не удовлетворяет потребности животных в кормовом белке. Особый интерес представляют бобовые культуры – люпин, кормовые бобы, вика, горох, клевер, люцерна; многолетние злаковые травы – райграс пастбищный, тимopheевка луговая, фестулолиум, овсяница красная, луговая и тростниковая, ежа сборная, мятлик луговой; масличные культуры – рыжик, лен, горчица, крамбе; однолетние кормовые сорговые культуры – суданская трава, пайза, могар, чумиза. Расширение площадей под их посевами позволит увеличить производство кормов для приготовления энергопротеиновых концентратов, жмыхов и шротов сельскохозяйственным животным, птице и аквакультуре.

Надо отметить, что ни соя, ни другая зернобобовая культура не могут сравниться с люпином по выходу белка с 1 га пашни [1, 6]. Преимущества люпина перед соей и эффективность люпина перед другими культурами представлена в табл. 1.

Таблица 1

Эффективность люпина в сравнении с другими бобовыми и зернофуражными культурами [3]

Вариант	Урожайность зерна, ц/га		Урожайность сухого вещества зеленой массы, ц/га	
	всего	выход белка	всего	выход белка
Узколистный люпин	32,5	12,1	66,5	13,3
Соя	11,8	3,5	27,1	4,9
Горох	28,7	7,7	42,9	7,4
Вика	22,2	7,5	42,4	7,3
Кормовые бобы	32,9	9,7	50,6	9
Ячмень	30,5	3,5	-	-
Овёс	34,6	4,3	57,1	3,9

Из данных таблицы 1 видно, что по выходу белка люпин занимает лидирующее положение среди заявленных культур [4]. Высокое содержание белка в зерне люпина достигается благодаря его симбиозу с клубеньковыми бактериями (*Rhizobium lupini*) [3], кроме высокого содержания протеина, богатым аминокислотным составом, зерно и вегетативная масса люпина имеют в своем составе жиры, состоящие преимущественно из ненасыщенных жирных кислот, углеводы, минеральные элементы, витамины и другие вещества,

необходимые для животных [5]. Калининградский НИИСХ проводит экологическое испытание сортов люпина узколистного и белого, а выращенное зерно, из-за отсутствия спроса внутри области, продается на экспорт [2].

Цель исследований – установить эффективность использования комбикормов, содержащих в составе энергопротеиновый концентрат (ЭПК), полученный из экструдированного зерна люпина, рапса и тритикале и определить влияние концентрата на изменение продуктивности телят.

Материал и методы исследований

Научно-производственный опыт проводили в ООО «Темп» Гурьевского района Калининградской области на телятах черно-пестрой породы. Сформировали по принципу аналогов [8] три группы телят черно-пестрой породы в возрасте от 3-6 месяцев, по 10 голов в каждой, из которых две были опытные и одна служила контролем.

В таблице 2 представлена схема проведения опыта.

Таблица 2

Схема проведения опыта (июнь – август 2018 г.)

Группы	Кол-во голов	Период опыта	
		переходный	учетный (главный)
Контрольная	10	ОР + стандартный комбикорм	ОР + стандартный комбикорм
I - опытная	10	ОР + комбикорм с ЭПК на основе люпина	ОР + комбикорм с экструдированным концентратом из люпина 30%, рапса 9,7%, тритикале 10,3% + премикс
II - опытная	10	ОР + комбикорм с ЭПК на основе сои	ОР + комбикорм с экструдированным концентратом из сои 30%, рапса 9,7%, тритикале 10,3% + премикс
Продолжительность периода, дней			
Всего: 92		10	82



Рис. Телята подопытных групп (ООО «Темп», 2018 г.)

При постановке на учёт телята всех групп получали ОР – основной кормовой рацион: – сено – 3 кг, сенаж – 5 кг на 1 голову в день, различия состояли в концентрированных кормах: телята контрольной группы получали стандартный комбикорм К-62, используемый в хозяйстве; телята I, II опытных групп получали комбикорм с ЭПК (табл. 3, 4), нормы кормления на 1 голову взяты из справочного пособия [7]. Продолжительность опыта составила 92 дня, переходный период – 10 дней, основной учетный период 82 дня. На рисунке представлены телята на ферме ООО «Темп». При подборе животных, учитывали возраст, живую массу, экстерьер. Кормление было двукратным, поение из автопоилок, обслуживание осуществлялось одной телятницей.

Результаты исследований и их обсуждение

В задачи исследований входило найти замену дорогостоящей сое как белковому компоненту комбикорма. Для этой цели были рассчитаны рецепты комбикормов, содержащих ЭПК с люпином и соей и рецепты комбикормов с включением в них ЭПК (табл.3).

Из таблицы 3 видно, что в рецепте ОЕ составляет 12,4 МДж/Кг, сырой протеин 19,1 %; злаковые компоненты занимают – 50,4%, сорговые – пайза – 5%, масличные – рапс 9,7%, бобовые – 32,4 % люпин + кормовые бобы. Стоимость 1 тонны комбикорма составляет **18233** рубля. В этот рецепт комбикорма введен ЭПК с экструдированными люпином, рапсом и тритикале в соотношении 60 : 19,4 : 20,6%. В рецепте с соей ОЕ составила 12,3, МДж/Кг, сырой протеин 19,29 %, в комбикорме злаковые компоненты занимают – 50,4%, сорговые-пайза – 5%, масличные – рапс 9,7%, бобовые 32,4% соя + кормовые бобы. В этот рецепт комбикорма введен ЭПК с экструдированными соей, рапсом и тритикале в соотношении 60 : 19,4 : 20,6%. Стоимость 1 тонны **комбикорма** составляет **37303** рубля.

Таблица 3

Состав и питательность комбикорма в I опытной группе

Состав	В рецепте		Опт. цена за 1 тонну, руб.		Стоимость в рецепте, руб.	Колич. кг в 1 тонне
Пшеница	10,00 %		11000		1100	100
Ячмень	25,0%		12000		3000	250
Овес	5,00 %		9000		450	50
Люпин кормовой	30,0 %		16000		4800	300
Рапс	9,7 %		22000		2134	97
Тритикале	10,3 %		10000		1030	103
Пайза	5,0 %		35000		1750	50
Бобы кормовые	2,4 %		22000		528	24
Соль поваренная	0,3 %		8500		26	3
Монокальцийфосфат	1,3 %		55000		715	13
Премикс	1,00 %		70000		700	10
Показатели качества					Стоимостные показатели в расчёте на 1 тонну, руб.	
Наименование	Ед. изм.	Расчет	Мин.	Макс.	Показатель	Цена
Обменная энергия крс	МДж/кг	12,4	11,0		Стоимость сырья, руб	16233
Кормовые единицы	в 100 кг.	117	110		Затраты на производство, руб.	1600
Сырой протеин	%	19,1	19,00	19,00	Стоимость комбикорма, руб.	18233
Сырая клетчатка	%	7,59		6,50		
Са	%	0,73	0,60			
Р	%	0,70	0,70	0,70		
NaCl	%	0,37	0,40	1,00		

По изменению живой массы и абсолютного прироста живой массы можно проконтролировать скорость роста животного, которая имеет важное народно-хозяйственное значение, т.к. быстрорастущие животные затрачивают значительно меньше питательных веществ корма на единицу продукции [9, 10, 11, 12].

В таблице 4 представлены данные изменения живой массы за период опыта. Из показателей таблицы следует: животные были поставлены на опыт в возрасте 3 –х месяцев, с живой массой от 80,8-81,2 кг, в течение опыта по отношению к контролю наиболее интенсивно развивался молодняк 1-й и 2-й опытных групп, получавший комбикорм с экструдированным люпином и соей.

В конце опыта телята 1-й опытной группы превосходили своих сверстников из контрольной группы по живой массе на 21,7 кг или на 33,4% и 2-й опытной – на 21,2 кг, или 32,7%.

Валовый прирост живой массы за период проведения опыта получен по группам: в контрольной – 64,8 кг, в 1-й опытной – 86,5 кг, во 2-й опытной – 86,0 кг. Среднесуточный прирост живой массы составил по группам: в контрольной – 704 г, в 1-й опытной – 940 г, во 2-й опытной – 934 г.

Таблица 4

Динамика роста телят в период исследований

Показатели	Живая масса по группам, кг		
	контрольная	I – опытная	II – опытная
При постановке на опыт в 3 месяца	81,2±1,9	80,8±1,57	81,1±1,52
В 4 месяца	101,1±2,06	109,4±1,66	110,0±1,22
В 5 месяцев	122,3±1,35	137,4±1,23	136,9±1,70
В 6 месяцев (конец опыта)	146,0±2,02	167,3±2,00	167,1±1,60
Валовый прирост живой массы, кг	64,8±1,58	86,5±1,46	86,0±1,52
Прирост живой массы по отношению к контролю, %	100%	133,4%	132,7%
Среднесуточные приросты живой массы, г			
Первый месяц	663,33±80,63	953,33±25,63	963,33±30,68
Второй месяц	683,87±62,30	941,94±23,83	938,71±33,44
Третий месяц	764,52±72,20	925,81±62,54	903,23±44,85
Среднесуточный прирост за весь период	704,35±71,58	940,21±36,86	934,78±36,52

Примечание – * $P < 0,05$

Данные экономической эффективности свидетельствуют о том, что в опытной группе I, при скормливании телятам комбикорма, содержащим в своем составе ЭПК с экструдированным люпином, снизились затраты кормов на одну голову – на 2,53 рубля или на 19,55%, по отношению к контролю.

В результате более высокого валового прироста живой массы у телят I опытной группы 86,5 кг против 64,8 кг у телят в контрольной группе, с превышением в 21,7 кг или 33%, себестоимость продукции снизилась с 139,44 руб. в контроле до 96,78 руб. у телят I опытной группы, разница составила 42,66 руб. или на 30,59 %.

В расчёте на 1 голову в опытной группе I получено условной прибыли 810 руб. за счет более интенсивного роста животных и относительно невысокой ценой комбикорма.

Во второй опытной группе валовый привес составил 86 кг, это на 21,2 кг выше, чем в контроле, но получен условный убыток – 32,68 руб. на голову из-за высокой стоимости комбикорма: 1 кг стоит 37,30 руб.,

Заключение

Выяснено, что кормовое достоинство экструдированного концентрата на основе зерна люпина не уступает экструдированному концентрату на основе сои и позволяет получать хорошие приросты живой массы телят. Валовый прирост живой массы за весь период опыта

получен в 1-й опытной группе – 86,5 кг и во 2-й – 86,0 кг, а в контрольной группе – 64,8 кг. Стоимость 1 т комбикорма с экструдированным концентратом на основе люпина составила 18233 руб., а с экструдированным концентратом на основе сои – 37303 руб. Концентрат на основе люпина, рапса, тритикале по биологической ценности приравнивается к полножирной сое. Включение сои в составе ЭПК в комбикормах экономически невыгодно из-за высокой стоимости зерна сои, а люпины надо включать как высокобелковые компоненты в комбикорма, используя на корм сельскохозяйственным животным, птице и рыбе.

Литература

1. Артюхов А.И., Гапонов Н.В. Люпин – ценный источник белка в комбикормах // Комбикорма. – 2010. – № 3. – С. 65-66.
2. Буйякин Н.И., Красноперов А.Г. Люпин на корм и сидерат в Калининградской области. – Калининград, – 2018. – 148 с.
3. Возделывание и использование кормового узколистного люпина: практ. рекомендации. – Брянск: ВНИИ люпина, – 2001. – 57 с.
4. Кормовые люпины: сб. статей. – М.: Гос. изд-во с/х литературы, – 1986. – 487 с.
5. Косолапов В.М., Фицев А.И., Гаганов А.П., Мамаева М.В. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных. – М.: ООО «Угрешская типография», – 2009. – 373 с.
6. Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Костомахин Н.М., Арзин И.В. Способ коррекции метаболического профиля и продуктивных показателей у лактирующих коров в период раздоя // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2018. – № 3. – С. 18-25.
7. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., – 2003. – С. 42-53, – С. 75-80.
8. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве – М.: Колос, – 1976. – 303 с.
9. Федорова З.Н., Шишова Л.И. Использование экструдированного зерна люпина в кормлении телят молочного периода // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 7 (26). – С 73-74.
10. Федорова З.Н. Скармливание телятам экструдированного зерна люпина с органическим микроэлементным комплексом // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2017. – № 11. – С. 50-60.
11. Фёдорова З.Н. Экструдированное зерно люпина как высокобелковая добавка в рационах телят // Вестник ИрГСХА. – 2017. – № 78. – С. 121-127.
12. Фёдорова З.Н. с соавторами. Экструдированное зерно люпина в кормлении молодняка крупного рогатого скота. //Главный зоотехник. – 2018. – № 10. – С. 31-41.

ENERGY-PROTEIN CONCENTRATE BASED ON EXTRUDED LUPINE FOR EXTINGUAL SOY IN THE FEEDING OF CALVES

Z.N. Fedorova

KALININGRAD RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – A BRANCH OF THE
FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND
AGROECOLOGY

Abstract: *The solution to food security of the population of the Kaliningrad region depends on the creation of its own production of high-protein vegetable feed. Protein nutrition issues need a quick solution in both protein production and normalized rational use. The imbalance of diets for protein inhibits the growth and development of young animals, disrupts metabolism, increases feed consumption per unit of production, thereby increasing its cost. Under these conditions, the use of non-traditional protein feeds of local production and the creation on their basis of new recipes of protein-protein concentrates, as a component of compound feed, became one of the tasks of the staff of the animal husbandry department of the Kaliningrad Research Institute of Agriculture. The author*

has been working on this problem of protein deficiency since 2000, beginning in the Saratov region in the FSUE «Novonikolaevskoye», continuing from 2009 to the present in the Kaliningrad research and development institute.

On the basis of Temp LLC of the Guryevsky district, studies were conducted (June-August 2018) for feeding calves with EPA (energy-protein concentrate from extruded grain of narrow-leaved lupine, rapeseed, triticale, subjected to heat treatment at a press extruder) as part of feed to determine the effect of EPA on change in calf productivity. Three groups of black-motley calves were formed at the age of 3-6 months, one control and two experimental, 10 heads each. Calves of the 1st experimental group received compound feed with extruded concentrate based on lupine; calves of the 2nd experimental group – compound feed with extruded soy-based concentrate.

It has been established that the feed value of extruded concentrate on the basis of lupine of lupine grain is not inferior to the extruded concentrate on the basis of soy and allows to obtain good gains in live weight of calves. Gross weight gain for the entire experience period was obtained in the 1st experimental group – 86.5 kg and in the 2nd – 86.0 kg, and in the control group – 64.8 kg. The cost of 1 ton of feed with extruded concentrate based on lupine amounted to 18,233 rubles, and with extruded concentrate based on soybean – 37,303 rubles. Concentrate on the basis of lupine, rapeseed, triticale on the biological value is equal to full-fat soybeans.

Keywords: energy protein concentrate, extruded grain, import substitution of soybean, compound feed, calves, increase, live weight, efficiency.