

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ №4(16) – 2015 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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – доктор с. -х наук

Заместитель главного редактора

Наумкина Татьяна Сергеевна – доктор с. -х наук

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

Артюхов А.И., ВНИИ люпина

Баталова Г.А., НИИСХ С-Востока им. Н.В. Рудницкого

Бобков С.В., ВНИИЗБК

Бударина Г.А., ВНИИЗБК

Васин В.Г., Самарская ГСХА

Вишнякова М.А., ВИР им. Н.И. Вавилова

Возиян В.И., НИИПК «Селекция» Молдова

Задорин А.М., ВНИИЗБК

Каскарбаев Ж.А., НППЗХ им. А.И. Бараева, Казахстан

Кобызева Л.Н., ИР им. В.Я. Юрьева, Украина

Коротеев В.И., Департамент с. х-ва Орловской области

Косолапов В.М., ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса

Макаров В.И., Тульский НИИСХ

Матвейчук П.В., ЗАО «Щелково Агрохим»

Парахин Н.В., Орловский ГАУ

Сидоренко В.С., ВНИИЗБК

Суворова Г.Н., ВНИИЗБК

Тихонович И.А., ВНИИСХМ

Фесенко А.Н., ВНИИЗБК

Чекмарев П.А., МСХ РФ

Шевченко С.Н., Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова

Грядунова Н.В. – редактор, корректор

Хмызова Н.Г. – технический редактор

Стефанина С.А. – перевод на английский язык

Черненький В.А. – фотоматериал

С первого декабря 2015 года 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:

<http://perechen.vak2.ed.gov.ru>

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.

Полные тексты статей в формате pdf доступны на сайте журнала: **<http://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>**

Подписной индекс 58294

Адрес редакции, издателя, типографии:

302502, Орловская область,
Орловский район, пос. Стрелецкий,
ул. Молодежная, д.10, корп.1
тел.:(4862) 40-33-05, 40-30-04
E-mail: **office@vniizbk.orel.ru**
www.vniizbk.ru

Дата выхода в свет: 15.12.2015 г.

Формат 60x84/8.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ ВНИИЗБК

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

Зеленов А.А., Зеленов А.Н., Новикова Н.Е. Физиологический и адаптивный потенциал рассечённолисточкового морфотипа гороха в чистых и смешанных посевах.....	3
Фадеев Е.А. Закономерности изменчивости и взаимосвязи количественных признаков у генотипов гороха с нераскрывающимися бобами	12
Ерохин А.И. Действие защитно-стимулирующих составов и биологически активных препаратов на содержание радионуклида цезия-137 в выращенной продукции гороха	18
Гурьев Г.П. Влияние внешних факторов среды на функционирование бобово-ризобияльного симбиоза у гороха	22
Синюшин А.А. Селекция растений в эпоху факториальной концепции наследственности	27
Комментарий к статье А.А. Синюшина «Селекция растений в эпоху факториальной концепции наследственности»	37
Волобуева О.Г. Эффективность инокуляции семян фасоли при обработке препаратом эпин-экстра	42
Задорин А.М., Уваров В.Н., Ятчук П.В., Булгакова А.К. Новый сорт чечевицы Орловская краснозерная	47
Бушулян О.В., Сичкар В.И., Бушулян М.А., Пасичник С.М. Результаты и перспективы селекции нута в Украине	49
Булынтцев С.В., Новикова Л.Ю., Гриднев Г.А., Сергеев Е.А., Некрасов А.Ю., Гуркина М.В. Особенности вегетации коллекционных образцов диких видов нута (<i>Cyzer</i> L.) в условиях Тамбовской области	55
Наумкин В.Н., Куренская О.Ю., Муравьев А.А., Крюков А.Н., Артюхов А.И., Лукашевич М.И. Эффективность возделывания люпина белого при разных уровнях минерального питания	61
Зенькова Н.Н., Михальченко В.А., Лупанов А.Е. Формирование продуктивности однолетних агрофитоценозов на основе высокоэнергетических культур в условиях северо-восточной части Беларуси	68
Ганиева И.С., Блохин В.И., Вильданова Г.В., Ланочкина М.А. Белковые фракции зерна районированных сортов ячменя, возделываемых в Татарстане	75

CONTENT

Zelenov A.A., Zelenov A.N., Novikova N.E. Physiological and adaptive capacity of dissected pinnuled leaf morphotype of peas in the pure and mixed croppings	3
Fadeev E.A. Of variation and relationship of quantitative traits in genotypes of pea with undisclosed pods.12	
Erohin A.I. Action of protectively-stimulating compounds and biologically active preparations on the content of the radionuclide cesium-137 in grown peas products	18
Gurjev G. P. Influence of external factors of medium on functioning pod-rhizobial symbiosis of peas	22
Sinjushin A.A. Plant breeding in scope of the factorial concept of heredity	27
Comment to the article of A.A. Sinjushin «Plant breeding in scope of the factorial concept of heredity»..37	
Volobueva O.G. Efficiency inoculate bean seeds in the processing of preparation apin-extra	42
Zadorin A.M., Uvarov V.N., Yatchuk P.V., Bulgakova A.K. New lentil variety the Orlovskaya krasnozernaya	47
Bushulyan O.V., Sichkar V.I., Bushulyan M.A., Pasichnyk S.M. Results and prospects of the chickpea breeding in Ukraine	49
Bulyntsev S.V., Novikova L.Yu., Gridnev G.A., Sergeev E.A., Nekrasov A.Yu., Gurkina M.V. Features of vegetation collection accessions of wild species chickpea (<i>Cyzer</i> L.) in the conditions of the Tambov region	55
Naumkin V.N., Kurenskaya O.J., Murawev A.A., Kryukov A.N., Artyuhov A.I., Lukashevich M.I. White lupin efficiency at different levels of mineral nutrition	61
Zen'kova N.N., Mihal'chenko V.A., Lupanov A.E. Formation of efficiency of annual agrophytocenosis based on high-energy crops in the north-eastern part of Belarus	68
Ganieva I.S., Blokhin V.I., Vildanova G.V., Lanochkina M.A. Grain protein fractions of barley varieties grown in Tatarstan	75

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ И АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАССЕЧЁННОЛИСТОЧКОВОГО МОРФОТИПА ГОРОХА В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ *

А.А. ЗЕЛЕНОВ^{1,2}, научный сотрудник, аспирант

А.Н. ЗЕЛЕНОВ¹, НОВИКОВА Н.Е.², доктора сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

²ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

E-mail: zelenov-a-a@yandex.ru

В результате проведенных исследований установлено, что форма гороха с рассечёнными листочками отличается улучшенными физиологическими показателями процесса фотосинтеза, повышенной массой корней, на которых образуются большие клубеньков с азотфиксирующими бактериями. Высокая активность антиоксидантной ферментативной системы рассечённолисточковых растений в листьях и прилистниках свидетельствует о значительном адаптивном потенциале новой формы. Однако, достижению максимальной урожайности препятствует склонность растений к полеганию. В связи с этим, как один из вариантов решения проблемы, предлагается выращивать рассечённолисточковые растения в смеси с практически неполегающим сортом Батрак. В ценозе сортосмесей улучшается световой режим, возрастают показатели фотосинтетической активности, увеличивается урожайность семян. Определены оптимальные параметры компонентов. Рентабельность возделывания сортосмесей выше по сравнению с монопосевом.

Ключевые слова: горох, рассечённолисточковый морфотип, продукционный процесс, адаптивный потенциал, смешанный посев.

В мировом сельскохозяйственном производстве зернобобовые культуры имеют большое значение в качестве источников кормового и пищевого белка. Значительная доля среди них принадлежит гороху. При этом наибольшее распространение получили сорта с усатым (безлисточковым) типом листа, благодаря своей устойчивости к полеганию и высокой технологичности. Однако, корневая система у них развита хуже, чем у листочковых, хотя интенсивность поглощения веществ в расчете на единицу площади корня выше. Преобразование листочков в усики сопровождается рядом изменений в водном обмене листа, которые негативно отражаются на устойчивости растений в засухе [6]. К тому же, определяемая биоэнергетическим потенциалом растения, максимально возможная урожайность современных листочковых сортов гороха в условиях Центрально-Черноземного региона не превышает 6 т/га семян при содержании белка в них 22-23 % [5].

Биоэнергетический потенциал определяется количеством усвоенной растением солнечной энергии и выражается энергоёмкостью его массы с учётом энергозатрат на жизнедеятельность, формирование составляющих веществ (углеводы, белок, жир и др.), механизмов адаптации и других структур. В упрощённом виде биопотенциал чаще всего обозначают массой надземной части растения в фазу полной спелости. Консерватизм биопотенциала обусловлен интегрированной системой блоков коадаптивных генов генома и поддерживается регулярными связями, координирующими гомеостаз роста и развития.

В связи с этим, условием дальнейшего повышения урожайности у новых сортов гороха является увеличение общей биомассы растения. И во Всероссийском НИИ зернобобовых и крупяных культур за последние годы получены формы, которые по продуктивности биомассы и потенциально возможной урожайности превосходят современные сорта. Одна из таких форм – рассечённолисточковая, обладающая высокой интенсивностью фотосинтеза.

*Работа удостоена Диплома 2-ой степени Всероссийского конкурса среди студентов, аспирантов и молодых учёных высших учебных заведений МСХ РФ в номинации «Сельскохозяйственные науки». Самара, май 2015 г.

Недостатком рассечённолисточковой формы гороха, влияющей на реализацию её урожайного потенциала, является полегаемость стебля. Для её устранения предложен совместный посев новой формы с устойчивым к полеганию компонентом [3]. Однако, подбор компонентов для создания эффективных смешанных посевов представляет определенные сложности, так как в сортосмеси оба элемента должны дополнять друг друга, а не вызывать угнетения. В связи с этим проведено изучение особенностей продукционного процесса у различных линий рассеченнолисточкового морфотипа в чистых и смешанных посевах.

Теория и практика смешанных посевов, по мнению лауреата Нобелевской премии Нормана Борлоуга, является очередным этапом зелёной революции [2]. Одновидовые сортосмеси представляют креативный вариант таких посевов.

Материал и методы исследования

Опыты закладывали в селекционном севообороте Всероссийского НИИ зернобобовых и крупяных культур в 2012-2014 годах. Изучали пять линий рассеченнолисточкового морфотипа:

- 1.Рас-665/7 – (Рас-тип^{*} х Батрак)
 - 2.Рас-678/7 – (Рас-тип х Батрак)
 - 3.Рас-1070/8 – (Рас-тип х Мадонна)
 - 4.Рас-1098/8 – (Рас-тип х Опорный 1)
 - 5.Рас-828/9 – [(Рас-тип х Батрак) х Батрак]
- ^{*} – исходный мутант

Исследования проводили в чистом посеве и в смеси с усатым сортом Батрак. Смесь состояла из 70 % семян рассечённолисточкового компонента и 30 % Батрака. Почвы опытного участка тёмно-серые лесные, средней окультуренности. Содержание гумуса по Тюрину – 5 %. На 100 г почвы приходилось 19,5 мг P_2O_5 и 10,1 мг K_2O по Кирсанову, рН солевой вытяжки 5,1-5,5. Осенью была проведена зяблевая вспашка на глубину 20-25 см. Под предпосевную культивацию было внесено $N_{30}P_{45}K_{90}$. Уборка комбайном САМПО-130.

Содержание хлорофилла определяли в спиртовой вытяжке по Лихтендалеру с использованием спектрофотометра СФ-2000 [11]. Активность каталазы – по Баху и Опарину [14]; активность пероксидазы – по Бояркину [8] с модификацией на фотометре КФК-3. Устойчивость к полеганию определяли по процентному отношению высоты стеблестоя к длине стебля растений в ценозе. Освещенность измеряли в фазе налива бобов на высоте 10 см от уровня почвы и на уровне первого продуктивного узла люксметром Ю 116. Площадь фотоассимилирующей поверхности (площадь листьев и прилистников) определяли в фазы бутонизации, формирования бобов, зелёной спелости семян методом высеков. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывается как прирост сухой массы растений за сутки в расчёте на 1 кв.м листовой поверхности; этот показатель определен на основе данных по сухой массе растений и площади их листьев в фазы бутонизации и формирования бобов. В фазе 6 листьев анализировали: линейные размеры корня и побега, объём корней, массу корня и побега, число клубеньков на корнях. Растения для анализа брали путём откапывания по 8-10 растений с каждой делянки опыта. Линейные размеры корня и побега, число клубеньков на корнях определяли путём прямых измерений и подсчёта. Массу корней и побегов – после высушивания в сушильном шкафу. Объём корней – по объёму вытесненной воды в мерном цилиндре.

Результаты и обсуждение

Фотосинтез – наиболее ответственный этап продукционного процесса, благодаря которому в растении накапливается около 95 % сухих веществ растения. Хлорофиллы – основа процесса фотосинтеза.

В растениях присутствуют две формы хлорофиллов – *a* и *b*. Из них только *хл. a* способен преобразовывать световую энергию в химическую. При этом *хл. a* выполняет три

основные функции в фотосинтезе: поглощение, запасание и преобразование энергии. Это наиболее функционально активная форма пигментов. Хлорофилл *b* хотя и похож по строению на хл. *a*, выполняет более ограниченную функцию поглощения энергии и передачи ее хлорофиллу *a* (антенная функция). Преобразовывать энергию он не способен.

В литературе нет однозначного мнения о связи количества хлорофилла и продуктивности растений. Здесь, по-видимому, мы встречаемся с примером избыточности структур и функциональных возможностей, как элементов надежности функционирования организма. В то же время имеются данные по гороху, согласно которым у усатых форм содержание хлорофилла в усиках ниже, чем в листочках [1, 7]. Возможно, правильное говорить об оптимальном диапазоне концентрации хлорофилла, обеспечивающем продукционный процесс, нежели о его абсолютном содержании.

Наши исследования показали, что растения рассечённолисточкового морфотипа обладают более высоким, по сравнению с Батраком содержанием хлорофиллов *a* и *b* (табл. 1). При этом полученные нами данные подтвердили результаты исследования в МГУ им. Ломоносова на исходном мутанте Рас-тип [10].

Таблица 1

Содержание хлорофиллов (мг/г сухой массы), фаза бутонизации

Вариант	Листочки (усики)			Прилистники		
	Хл.а	Хл.б	а/б	Хл.а	Хл.б	а/б
Батрак	1,77	0,76	2,33	2,16	0,80	2,69
Рас-665/7	4,01	1,34	2,99	4,31	1,41	3,05
Рас-678/7	4,22	1,35	3,13	2,80	0,92	3,04
Рас-1070/8	2,65	1,03	2,58	2,60	0,89	2,93
Рас-1098/8	4,14	1,41	2,93	3,58	1,31	2,73
Рас-828/9	3,77	1,52	2,47	3,10	1,00	3,10
Среднее*	3,75	1,33	2,82	3,28	1,11	2,95

* – среднее по рассечённолисточковым линиям.

В листочках среднее значение хлорофилла *a* превосходило более чем в 2 раза их содержание в усиках. Аналогичная картина складывалась и по содержанию хлорофилла *b*, однако тут разница была несколько меньшей и составила 1,75 раза. В прилистниках различия были не столь существенны, среднее содержание хлорофилла *a* было больше на 57 % в листочках, чем в усиках Батрака. В то время как хлорофилл *b* в листочках превзошел усики всего лишь на 38 %.

Объяснить такую разницу между содержанием пигментов в листочках (усиках) и прилистниках можно тем, что у усатых морфотипов усики по своему строению и функциям более напоминают стебель, а роль основных фотосинтетических органов берут на себя прилистники. В растениях рассечённолисточкового морфотипа фотосинтез идет активно как в листочках, так и в усах.

Ферментативная система играет первостепенную роль в поддержании внутриклеточного гомеостаза. В этой системе каталаза и пероксидаза являются компонентами комплексной защиты клетки от агрессивных форм кислорода, в частности от накопления перекиси водорода, а также катализируют значительное число метаболически значимых реакций. Например, они необходимы для синтеза фитогормонов, лигнина.

Перекиси являются продуктами нормального обмена веществ и образуются в ходе фотосинтеза, дыхания, других процессов окисления. Но в неблагоприятных для нормальной жизнедеятельности условиях пероксиды накапливаются в повышенных концентрациях и оказывают токсическое действие на клетку. Каталаза и пероксидаза разлагают эти соединения. При этом пероксидаза обладает высоким сродством к перекиси водорода, и использует её для окисления органических веществ клетки. Часть перекиси, не использованная пероксидазой, в дальнейшем разрушается каталазой.

Таблица 2

Активность каталазы и пероксидазы, фаза цветения

Варианты	Каталаза, мкмоль H ₂ O ₂ / г сырой массы/мин		Пероксидаза, изменение оптической плотности/ г сырой массы/мин	
	Листочки (усы)	Прилистники	Листочки (усы)	Прилистники
Батрак	500±71	885±42	358±104	1089±228
Рас-665/7	835±49	800±21	193±31	206±71
Рас-678/7	832±81	902±81	230±14	203±71
Рас-1070/8	727±81	915±35	297±29	191±45
Рас-1098/8	1017±32	902±102	517±223	249±7
Рас-828/9	632±60	1010±98	534±92	438±28

Активность каталазы у рассечённолисточковых растений выше, чем у Батрака, особенно выделилась линия Рас-1098/8. В прилистниках активность каталазы не зависела от морфотипа растений. По активности пероксидазы листочки не имели преимуществ перед усиками. А в прилистниках этот фермент был более активным у Батрака.

Корневая система – подземная часть растения, которая выполняет важные функции водного и минерального питания. От массы и объёма корней зависит обеспеченность организма этими элементами. На рисунке 1 представлена диаграмма, демонстрирующая массу корней изучаемых линий.

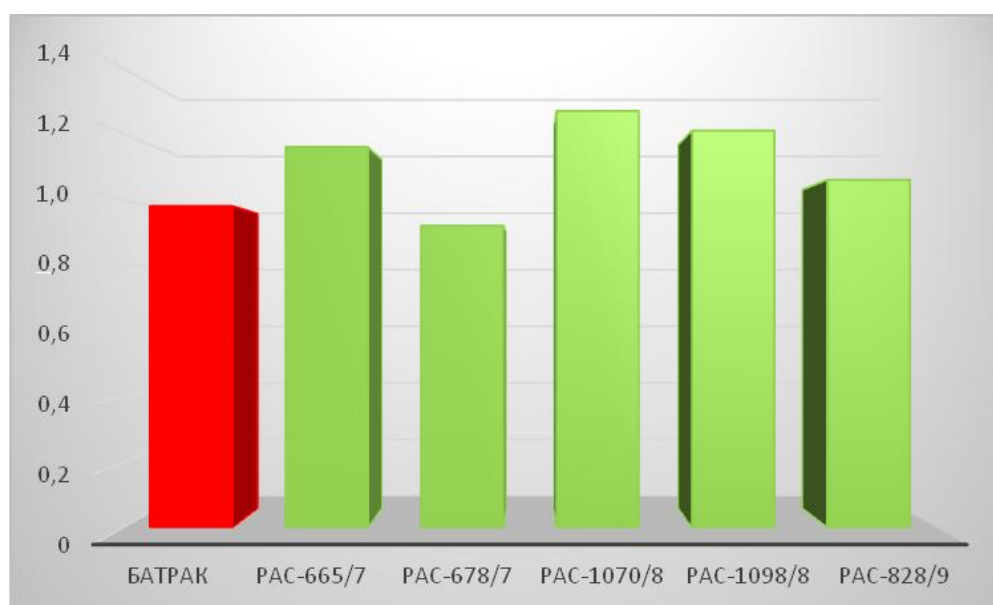


Рис. 1. Масса корневой системы (сырая), г/растение

Линия Рас-678/7 имела массу примерно равную сорту Батрак. Все же остальные линии превосходили усатый морфотип, в лучшем варианте (Рас-1070/8) на 30 %. Эти данные свидетельствуют не только о более высоком потенциале поглощения веществ корневой системой растениями рассеченнолисточкового морфотипа, но и о более высоких адаптивных возможностях. Горох в целом не относится к засухоустойчивым культурам. Одной из причин является относительно слабая корневая система. Уменьшение площади листовой поверхности у усатых сортов сопровождается коррелятивным ослаблением развития корневой системы. В этом отношении, как свидетельствуют представленные данные, рассеченнолисточковые линии имеют преимущество перед усатыми формами по продуктивным и адаптивным возможностям.

На корнях гороха, как представителя семейства бобовых, формируются клубеньки. Эти небольшие образования – результат симбиоза азотфиксирующих бактерий с корнями растения. На рисунке 2 показано среднее количества клубеньков на растениях различных линий.

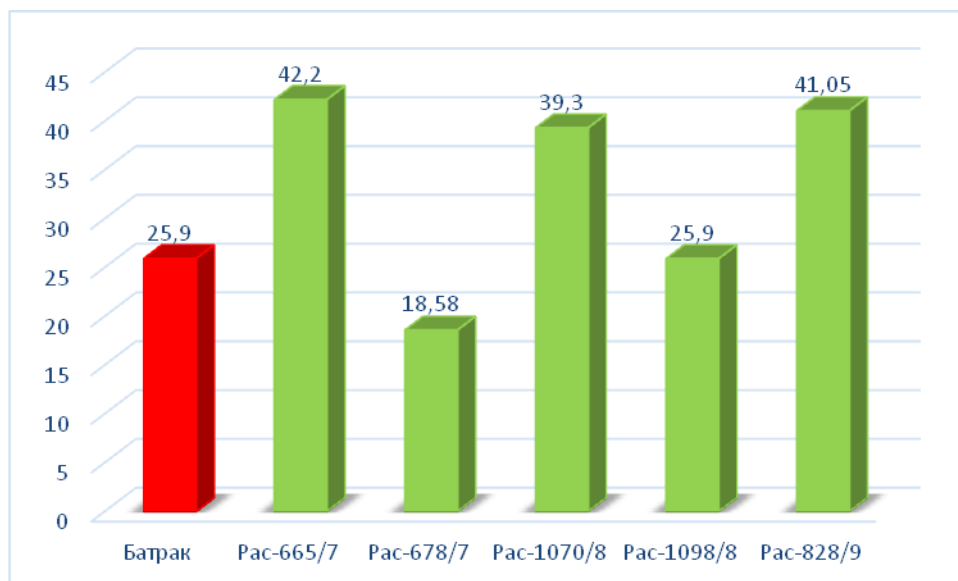


Рис. 2. Число клубеньков, шт./растение

Линия Рас-678/7 уступила Батраку по числу клубеньков. Все остальные линии превосходили усатый сорт, лучшей была Рас-665/7, на 63 % выше. В случае с Рас-678/7 невысокие показатели можно объяснить тем, что её масса корней была на уровне Батрака. Прямой зависимости между массой корней и количеством клубеньков нет, однако все линии, которые имели массу корней больше, чем усатый сорт Батрак, так же превосходили его по количеству клубеньков на растении.

Несмотря на высокие физиологические показатели, потенциал данного морфотипа не реализуется в полной мере из-за недостаточной устойчивости растений к полеганию. Способ совместного посева с опорным компонентом, очевидно, может нивелировать этот недостаток. Согласно полученным данным, в смешанных посевах с усатым сортом Батрак наблюдается увеличение устойчивости диморфного ценоза к полеганию по сравнению с чистым посевом линий рассеченнолисточкового морфотипа (рис. 3).

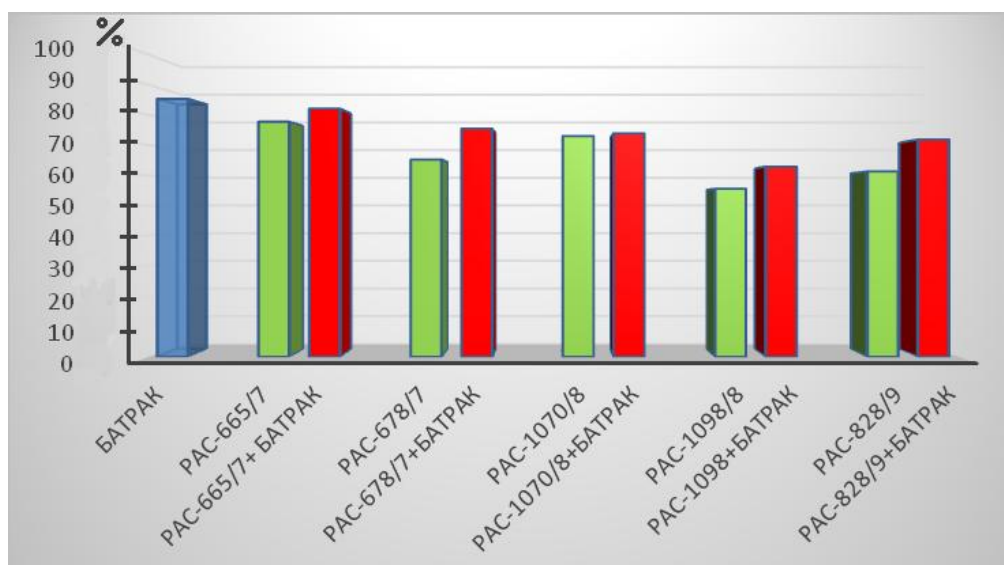


Рис. 3. Устойчивость к полеганию в %. Фаза созревания

Смешанный посев не только обеспечивает устойчивость рассечённолисточковых растений к полеганию, но и улучшает световой режим по сравнению чистым посевом, улучшая условия для фотосинтетической деятельности листьев в стеблестое (рис. 4).

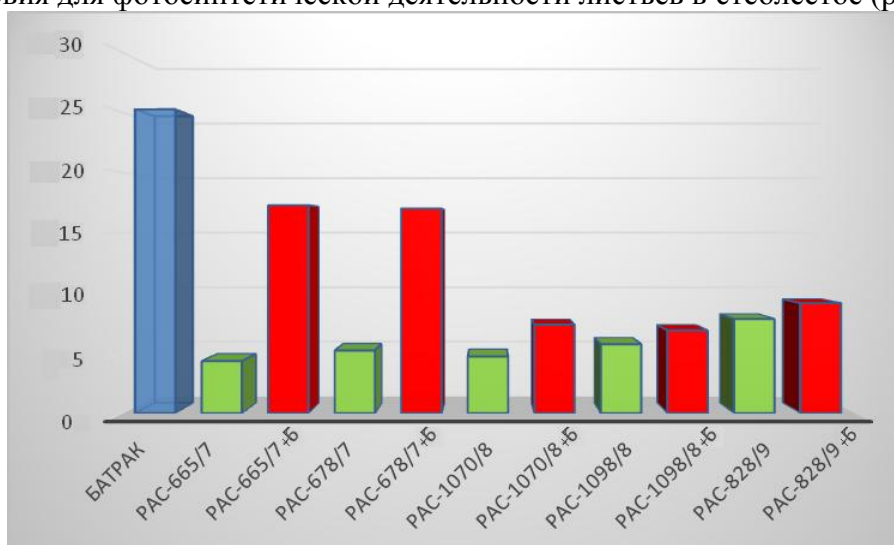


Рис. 4. Освещенность агроценоза на уровне 1 продуктивного узла, тыс. лк.

Лучшие условия светового режима и увеличение устойчивости к полеганию способствуют формированию более действенного фотосинтетического аппарата.

Обобщая результаты исследований многих авторов, А.А. Жученко (2008) делает вывод, что компоненты сортосмесей по своим реакциям на условия агроценоза должны «как бы дополнять друг друга и в то же время обеспечивать однородность по таким признакам, как высота, сроки созревания и т.д.».

В наших исследованиях по данным 2013-2014 годов в монопосеве длина стебля у рассечённолисточковых линий в фазу цветения варьировала от 43,3 см (Рас-665/7) до 55,2 см (Рас-828/8), у Батрака – 43,6 см. В фазу созревания минимальная длина (46,7 см) отмечена у линии Рас-1098/8, максимальная (61,6 см) – у линии Рас-828/9. У Батрака она была 55,6 см.

В смешанных посевах наблюдался «эффект прокрустово ложа»: низкорослый компонент вытягивался, высокорослый становился короче (табл. 3). Первое можно объяснить увеличением длины стебля при затемнении высокорослым партнёром. Второе – лучшей освещенностью высокорослых растений при фактически изреженном для них стеблестое.

Таблица 3

Длина стебля в моно- и смешанных посевах, см. Среднее за 2013-2014 гг.

Сорт, линии	Фаза цветения			Фаза созревания		
	Моно	Смесь		Моно	Смесь	
		Рас *	Батрак		Рас *	Батрак
Батрак	43,6			62,6		
Рас-665/7	43,2	43,0	42,0	57,8	60,4	60,9
Рас-678/7	43,8	43,6	43,9	61,9	58,5	58,6
Рас-1070/8	49,1	46,7	44,6	60,7	61,0	58,5
Рас-1098/8	44,2	46,4	43,7	60,9	65,2	65,4
Рас-828/9	55,5	51,8	49,0	68,2	64,1	61,6
НСП ₀₅ -2013	3,1	3,0	3,2	4,9	4,7	7,7
НСП ₀₅ -2014	3,7	3,4	3,8	5,2	5,0	5,2

* – рассечённолисточковый компонент

Таким образом, при подборе компонентов сортосмесей следует учитывать длину стебля в монопосеве. Синергизм по урожайности семян лучше всего проявляется у компонентов с близкими показателями. При формировании сортосмесей с участием рассечённолисточковых линий один из компонентов должен обладать устойчивым к полеганию стеблем и хорошо развитыми усатыми листьями.

Растения рассечённолисточкового морфотипа, благодаря строению своего листового аппарата, формируют большую листовую поверхность, что позволяет повысить продуктивность фотосинтеза (табл. 4).

Таблица 4

Показатели фотосинтетической активности, фаза налива бобов

Вариант	Площадь листовой поверхности, кв.см/раст.		ЧПФ, г/м ² в сутки		ФП в дм ² *сут./ раст	
	Моно	Смесь	Моно	Смесь	Моно	Смесь
Рас-678/7	363	713	2,81	4,55	81,3	156,0
Рас-1070/8	444	492	3,29	5,66	91,1	108,7
Рас-1098/8	342	703	4,32	4,16	91,0	142,5
Среднее	383	636	3,47	4,79	87,9	135,7

Опытами установлено увеличение площади листовой поверхности у рассечённолисточкового компонента в смешанном посеве. В зависимости от варианта площадь листовой поверхности у линий в смешанном посеве увеличилась в 1,1–2,1 раза. Наиболее активно реагировали на улучшение условий линии Рас-678/7 и Рас-1098/8. Причиной этого является, очевидно, улучшение светового режима по сравнению с чистым посевом, о чем свидетельствуют данные, представленные на рис. 4.

Увеличение площади листовой поверхности коррелировало с увеличением фотосинтетического потенциала растений. Продуктивность работы фотосинтетического аппарата в смешанном посеве также повышалась. Чистая продуктивность фотосинтеза увеличилась у Рас-678/7 – в 1,6 раза, у Рас-1070/8 – в 1,7 раза. Только у Рас-1098/8 она была одинаковой как в чистом, так и в смешанном посевах.

Конечным результатом улучшения условий для произрастания растений рассечённолисточкового морфотипа в смешанном посеве явилось увеличение урожайности семян (табл. 5).

Таблица 5

Урожайность семян в чистом и смешанном посевах

Варианты	Монопосев, т/га				Смесь, т/га				% смеси к монопосеву
	2012	2013	2014	Среднее за 3 г.	2012	2013	2014	Среднее за 3 г.	
Батрак	3,04	1,75	2,96	2,58	-	-	-	-	-
Рас-665/7	2,67	1,62	2,84	2,38	2,82	1,44	3,63	2,63	110,7
Рас-678/7	2,44	1,48	2,96	2,29	3,09	1,51	2,43	2,34	102,2
Рас-1070/8	2,72	1,48	2,77	2,32	3,13	1,86	3,34	2,78	119,6
Рас-1098/8	2,70	2,06	3,39	2,72	2,97	2,18	3,43	2,86	105,4
Рас-828/9	3,09	1,93	2,63	2,55	2,93	1,99	3,44	2,79	109,2
НСР ₀₅	0,32	0,20	0,18		0,48	0,26	0,21		

В среднем за три года исследований, в чистом посеве только линия Рас-1098/8 превысила сорт Батрак (на 0,14 т/га). Урожайность линии Рас-828/9 была на уровне Батрака, а остальные уступали ему. Выращивание рассечённолисточковых линий в смеси с Батраком вызывало повышение урожайности. Оно было наиболее значительным в смешанном посеве с использованием линий Рас-1070/8 (на 19,6 %) и Рас-665/7 (на 10,7 %).

Результаты определения содержания белка в семенах компонентов диморфных сортосмесей показали их неоднозначную реакцию на смешанный посев (табл. 6). В вариантах, где наблюдался синергизм по урожайности (смеси с Рас-678/7 и Рас-1070/8), и содержание белка в семенах рассечённолисточковых линий было выше по сравнению с монопосевом.

Таблица 6

Содержание белка в семенах сорта Батрак и рассечённолисточковых линий в чистом и смешанном посевах, среднее за 2013-2014 гг.

Сорт, линии	Монопосев, %	Смешанный посев			
		Рассечённо-листочковый		Батрак	
		%	± к моно	%	± к моно
Батрак	28,4	-	-	-	-
Рас-665/7	29,1	28,8	-0,3	28,2	-0,2
Рас-678/7	29,0	29,5	+0,5	28,2	-0,2
Рас-1070/8	27,1	28,4	+1,3	28,4	0,0
Рас-1098/8	28,4	28,0	-0,4	29,2	+0,8
Рас-828/9	28,7	28,8	+0,1	27,8	-0,6

Белок семян сорта Батрак характеризуется высокой биологической ценностью [4]. У сорта Батрак в смешанном посеве содержание белка в семенах по сравнению с монопосевом или не изменялось (смеси с Рас-1070/8) или было ниже, чем в монопосеве (смеси с Рас-665/7, с Рас-678/7, с Рас-828/9), а в варианте с Рас-1098/8 произошло увеличение.

Экономическая оценка приведена в таблице 7. Линия Рас-1098/8 была выбрана из-за её стабильных показателей по урожайности в течении 3-х лет как в монопосеве, так и в смешанном.

Таблица 7

Экономическая оценка выращивания рассечённолисточковой линии в моно- и смешанном посевах

Показатели	Батрак	Рас-1098/8 моно	Рас-1098/8 + Батрак
Площадь, га	100	100	100
Урожайность зерна, ц/га	25,8	27,2	28,6
Прибавка урожайности, ц/га	X	1,40	2,80
Валовой сбор основной продукции, т	258	272	286
Цена 1 т основной продукции, руб.	8000	8000	8000
Стоимость основной продукции, руб.	2064000	2176000	2288000
Стоимость дополнительной продукции, руб.	X	112000	224000
Производственные затраты, руб.	1029691,78	1030518,81	1031339,20
Дополнительные производственные затраты, руб.	X	827,03	1647,42
Себестоимость 1 т основной продукции, руб.	3991,05	3788,67	3606,08
Чистый доход, руб.	1034308,22	1145481,19	1256660,80
Рентабельность, %	100,4	111,2	121,8

Стоит отметить незначительное увеличение затрат на выращивание, это связано с увеличением урожайности и, соответственно, увеличением подработки и транспортировки семян. А все остальные приёмы остались неизменными. Однако увеличение урожайности и валового сбора позволило повысить показатели стоимости основной продукции, которые привели к увеличению рентабельности на 11,2 % в монопосеве и 21,8 % в смешанном посеве. Наиболее экономически выгодно было выращивание Рас-1098/8 в смеси с сортом Батрак.

Выводы

Линии рассеченнолисточкового морфотипа превосходят сорт Батрак по физиологическим показателям, определяющим потенциал урожайности и адаптивные свойства растений: по содержанию хлорофилла ($a+b$) в листьях (в 2,0 раза) и прилистниках (в 1,5 раза); массе корней (в 1,3 раза), клубенькообразующей способности (в 1,6 раза), активности каталазы в листьях (в 1,6 раза).

Недостатком линий рассеченнолисточкового морфотипа является склонность к полеганию, который в значительной степени устраняется при выращивании их в смешанных посевах с устойчивым усатым сортом Батрак. Выращивание морфотипов в одновидовых смесях улучшает условия освещения в ценозе. В лучших комбинациях освещенность увеличилась более чем в 3 раза, что в свою очередь вызывает улучшение показателей фотосинтетической деятельности растений. По отношению к монопосеву площадь листовой поверхности увеличилась в среднем в 1,7 раза, чистая продуктивность фотосинтеза – в 1,4 раза, фотосинтетический потенциал – в 1,5 раза.

Изученные линии проявляли разную реакцию на смешанный посев, наиболее значительное увеличение урожайности было у линии Рас-1070/8 (на 20 %) и Рас-665/7 (на 11 %). Урожайность линий Рас-1070/8, Рас-1098/8 и Рас-828/9 в диморфном посеве превышала урожайность сорта Батрак в чистом посеве. При подборе компонентов сортосмесей следует учитывать длину стебля в монопосеве. Синергизм по урожайности семян лучше всего проявляется у близких по высоте компонентов. При формировании сортосмесей с участием рассеченнолисточковых линий один из компонентов должен обладать устойчивым к полеганию стеблем и хорошо развитыми усатыми листьями.

Экономически наиболее выгодно возделывание как в моно-, так и в смешанном посеве линии Рас-1098/8, что позволяет увеличить рентабельность на 11,2 % и 21,8 % соответственно.

Литература

1. Амелин А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха. Автореф. дисс. доктора с.х. наук. – Москва, 2001. – 42 с.
2. Борлоуг Н.Э. «Зеленая революция»: вчера, сегодня и завтра // Экология и жизнь. – 2001. – № 4.
3. Зеленов А.Н., Щетинин В.Ю. Диморфные агрофитоценозы гороха на зерно // Доклады Россельхозакадемии, 2008. – № 2. – С. 13-15.
4. Косолапов В.М., Фицев А.И., Гаганов А.П., Мамаева М.В. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных, М., 2009. – 374 с.
5. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха. Автореф. дисс. доктора с.х. наук. – Орёл, 2002. – 46 с.
6. Новикова Н.Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1. – С. 53-58
7. Новикова Н.Е., Зотиков В.И., Фенин Д.М. Механизмы антиоксидантной защиты при адаптации генотипов гороха (*Pisum sativum* L.) к неблагоприятным абиотическим факторам среды // Вестник Орел ГАУ. – 2011. – №2. – С.5-8.
8. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
9. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии. – М.: Просвещение, 1975. – 318 с.
10. Avercheva O., Sinjushin A., Zelenov A. A spontaneous mutation in a semi-leafless pea cultivar restores leaflet formation and improves photosynthetic function // VI Intern. Conf. on Legume Genetics and Genomics, India, Hyderabad, 2012. / P-TLG08. <http://www.incrisat.org/gt-bt/VIICLG/Homepage.htm>.
11. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents // Biochem. Soc. Trans: 1983: Vol. 11: № 5. – P 591–592.

PHYSIOLOGICAL AND ADAPTIVE CAPACITY OF DISSECTED PINNULED LEAF MORPHOTYPE OF PEAS IN THE PURE AND MIXED CROPPINGS

A.A. Zelenov^{1,2}, A.N. Zelenov¹, N.E. Novikova²

¹FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

²FGBOU VO «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: The studies found that dissected pinnuled leaf type of peas is characterized by improved physiological indicators of the process of photosynthesis, by increased root mass, which produce more nodules with nitrogen-fixing bacteria. High activity of the antioxidant enzyme system of dissected pinnuled leaf plants in leaves and stipules shows a significant adaptive potential of the new form. However, the tendency of plants to lodging hinders the achievement of maximal yield. In this connection, as one of the solutions for this problem, it is proposed to grow dissected pinnuled leaf plants in mixture with almost lodging resistant variety Batrak. In coenosis of mixture of varieties light conditions improve, indicators of photosynthetic activity increase, seed yield increases. Optimal parameters of the components are defined. The profitability of cultivation of mixture of varieties is higher in comparison to monocropping.

Keywords: peas, dissected pinnuled leaf morphotype, production process, adaptive potential, mixed crops.

УДК 635.656:631.527

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ И ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГЕНОТИПОВ ГОРОХА С НЕРАСКРЫВАЮЩИМИСЯ БОБАМИ

Е.А. ФАДЕЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ТАТАРСКИЙ НИИСХ»

Изучен новый генофонд гороха посевного (*Pisum sativum* L.) с беспергаментными бобами, обуславливающими устойчивость бобов к раскрыванию. Выделены высокоурожайные образцы с преимуществом по урожайности к стандарту в умеренно увлажненных условиях на 9,6-24,9%, при остром дефиците влаги – на 24,3-39,2 %. Значения биометрических параметров растений гороха в более благоприятных условиях существенно превышали значения их в засушливый год, но генотипическое варьирование расширялось. Уровень вариабельности признаков «число семян на растении» и «число бобов на продуктивный узел» оставался стабильным по годам. Высокая положительная зависимость величины урожая от признаков «масса семян с растений» ($r=0,73^{**}$ и $0,76^{**}$) и «длины растений» ($0,89^{*}$) доказана лишь в условиях умеренного увлажнения. Установленные закономерности повышения значения биомассы растений и массы семян с растений по мере возрастания некоторых количественных признаков («масса семян на продуктивный узел» ($r=0,82^{**}$ и $0,88^{**}$) «число семян в бобе» ($r=0,91^{**}$ и $0,88^{**}$), «масса 1000 семян» ($r=0,69^{*}$ и $0,64^{**}$) независимо от условий года позволяют корректировать параметры морфоструктуры растений при создании новых высокоурожайных сортов. Для адаптивной селекции представляют ценность данные по корреляции признаков, которые достоверны в определенных условиях произрастания.

Ключевые слова: горох посевной, образец, устойчивость к раскрыванию бобов, урожай, изменчивость, корреляция.

Для многих видов *Fabaceae* свойственно раскрывание бобов. Данный признак у диких видов служит способом распространения семян. У возделываемых культур преждевременное раскрывание бобов приводит к осыпанию семян и потере значительной части урожая. Многочисленными исследованиями довольно подробно изучены механизмы и причины раскрывания бобов, установлена генетическая специфичность признака, выявленные

источники и доноры устойчивости успешно внедрены в селекционные программы по основным зернобобовым культурам [1, 2, 3, 4, 5].

В отечественной селекции в решении проблемы осыпания семян *Pisum sativum* L. при раскрывании бобов широко используется признак прочно сросшейся семяножки, обусловленный наличием гена *def* с моногенным рецессивным характером наследования [6]. Примеры успешной селекции на устойчивость к раскрыванию бобов по многим зернобобовым культурам свидетельствуют, согласно принципам гомологического параллелизма, о возможности использования признака в селекции гороха посевного. Нашими исследованиями были практически обоснованы селекционные аспекты данного направления, в качестве источников признака использованы образцы коллекции с беспергаментными бобами, обеспечивающими устойчивость к раскрыванию бобов и осыпанию семян [7]. Введение в генотипы нового морфологического признака внесло существенные изменения в структуру формирования элементов продуктивности. Для определения особенностей продукционного процесса у созданного нового генофонда важно исследовать амплитуды изменчивости селективируемых признаков. Информация о закономерностях изменчивости и взаимосвязи количественных признаков в определенных условиях дает возможность выявить ценность каждого признака для использования в селекции. В связи с созданием генофонда с новым признаком исследования по изучению закономерностей формирования урожайности и определяющих его величину признаков, их изменчивости и взаимосвязи в зависимости от генетического разнообразия и влияния факторов внешней среды являются важной частью селекционных работ и имеют высокую значимость и актуальность.

Цель исследований – выявить особенности и закономерности формирования количественных признаков у нового генофонда гороха с нераскрывающимися бобами в зависимости от условий года.

Условия, материалы, методы. Исследования проводились на полях Татарского НИИСХ. Почвы опытного участка серые лесные тяжелосуглинистые со слабокислой реакцией (рН солевой вытяжки 5,6-5,7). Агрохимические показатели пахотного слоя характеризовались следующими значениями: содержание гумуса (по Тюрину) 3,50-3,95 %, азота щелочногидролизуемого – 84,0-100,8 мг/кг, сумма поглощенных оснований и гидролитической кислотности, соответственно, 19,75-24,25 и 1,90-2,16 мг/экв на 100 г почвы. Количество подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) варьировало в пределах 290-390 и 140-167 г/кг почвы.

Проведен биометрический анализ растений образцов с беспергаментными бобами, созданных в Татарском НИИСХ. Основной набор генотипов характеризовался сочетанием двух признаков: усатого типа листа и беспергаментных бобов, обуславливающих устойчивость к полеганию и раскрыванию бобов. Исключением является образец КТ-6456 с обычным типом листа, переданный на государственное испытание под названием Кабан.

Для анализа взяты растения с пробных площадок, заложенных в четырех повторениях в конкурсном сортоиспытании [8]. Определяли следующие параметры: масса сухого растения, длина растений, число продуктивных узлов, бобов, семян на растении, масса семян. На каждом растении расчетным методом определяли массу 1000 семян, число семян в бобе, нагрузку бобов, семян и массы семян на продуктивный узел. Урожай семян пересчитан на стандартную влажность 14 %.

Сравнивались данные, полученные в контрастных метеорологических условиях, различающихся по влаго-и теплообеспеченности в период вегетации гороха (2012-2013 гг.). Величина гидротермического коэффициента в годы исследований составила, соответственно, 0,60 и 0,71 (табл. 1). Согласно классификации, 2012 год по данному показателю занимал промежуточное положение между градациями засушливого и среднеувлажненного типов [9]. В 2013 году складывались острозасушливые условия – наиболее неблагоприятные для развития гороха. Недостаток влаги растения особенно остро ощущали в фазе линейного роста и цветения. ГТК в промежуток от посева до цветения и в период цветения составил,

соответственно, 0,24 и 0,81. В более благоприятных условиях 2012 года величина признака в эти фазы имела более высокие значения (0,80 и 1,27).

Таблица 1

**Гидротермические показатели в период вегетации гороха в годы исследований
(данные метеостанции ТатНИИСХ)**

Фаза развития гороха	Сумма активных температур, °С		Сумма осадков, мм		ГТК	
	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
Посев-всходы	110	145	15	29	1,36	2,0
Всходы-цветение	540	461	43	11	0,80	0,24
Цветение	204	173	26	14	1,27	0,81
Конец цветения-созревание	458	407	17	36	0,40	0,88
Всходы-созревание	1202	1041	86	61	0,71	0,60

Статистический анализ экспериментального материала осуществлялся с использованием программы Microsoft Excel XP, пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS 2.13. Достоверность полученных данных определялась по методике Б.А. Доспехову [10].

Результаты и обсуждения. Амплитуда значений селекционно важных признаков у изученной группы гороха широко варьировала в зависимости от генотипического разнообразия и условий года. Полученные данные по урожайности показывают, что новый генофонд обладает высокой реакцией на изменение условий среды. В условиях умеренного увлажнения (2012 г.) урожай семян по сортам достигал 3,06-4,41 т/га, у стандартного сорта Казанец с лучильными бобами – 3,53 т/га. Из 17 изученных образцов у 10 отмечена достоверная прибавка показателя. В последующий засушливый год колебание величины урожая у генотипов составило лишь 1,54-2,06 т/га (стандарт 1,48 т/га). Выделено 13 образцов, урожайность которых существенно превысила стандарт. Из изученной группы 9 образцов сохранили преимущество в различных условиях возделывания по сравнению со стандартным сортом (табл. 2). В умеренно увлажненных условиях прибавка составила 9,6-24,9, в засушливых условиях она увеличилась до 24,3-39,2 %.

Таблица 2

Урожай семян лучших образцов гороха с беспергаментными бобами

Образцы	2012 г.		2013 г.		Среднее	
	т/га	+ к стандарту, %	т/га	+ к стандарту, %	т/га	+ к стандарту, %
Казанец, ст.	3,53	0	1,48	0	2,51	0
6502	4,41	24,9	1,89	27,7	3,15	12,6
6531	4,39	24,4	1,84	24,3	3,12	12,5
6530	4,10	16,1	2,05	38,5	3,08	12,3
6456	3,92	11,0	2,06	39,2	2,99	12,0
6513	4,10	16,1	1,85	25,0	2,98	11,9
6514	4,00	13,3	1,93	31,4	2,97	11,9
6489	3,97	12,5	1,91	29,1	2,94	11,8
6511	3,97	12,5	1,86	25,7	2,92	11,7
6524	3,87	9,6	1,91	29,1	2,89	11,6
НСР ₀₅	0,303		0,320			

Проведенный анализ биометрических параметров растений наглядно показал структуру формирования элементов продуктивности и влияющих на них признаков у изученного генофонда с беспергаментными бобами. В условиях умеренного увлажнения (2012 г.) значения большинства из них у генотипов имели более высокие показания, под воздействием лимитирующих факторов погодных условий (2013 г.) амплитуда колебания по сортам существенно снизилась (табл. 3). Различия средних величин признаков по годам достигали до 1,85 раз.

Таблица 3

Проявление количественных признаков у генотипов гороха по годам

Признаки	2012 г.		2013 г.	
	среднее	лимиты	среднее	лимиты
Масса растений, г	6,6	5,72-7,95	3,7	3,1-4,4
Длина растений, см	65,0	50,2-76,5	46,8	38,9-51,2
Число ПУ	2,4	2,1-2,9	1,9	1,8-2,2
Число бобов	4,1	3,4-5,1	3,2	3,0-3,8
Число семян	22,2	18,9-25,0	13,7	12,0-16,5
Число семян	18,8	15,7-21,5	11,5	9,5-14,5
Масса семян, г	3,5	2,62-4,37	1,9	1,56-2,48
Число семян в бобе	4,6	4,0-5,4	3,6	3,0-4,4
Масса 1000 семян, г	188,2	145,8-229,9	164,9	143,6-206,7
Нагрузка ПУ*: число бобов	1,7	1,6-1,8	1,6	1,5-1,8
число семян	7,8	6,5-9,4	5,9	5,0-6,4
масса семян, г	1,4	1,22-1,73	1,0	0,81-1,16
число семян	9,2	7,9-10,9	7,1	6,3-7,7

* Примечание здесь и далее: ПУ – продуктивный узел

Наиболее стабильным оказался признак «число бобов на продуктивный узел», у которого средние значения по сортам в годы исследований различались незначительно, генотипическое варьирование признака отмечено на слабом уровне ($CV= 5,1$ и $5,2$ %) (рис. 1). Также минимальное различие вариабельности по годам отмечено по признаку «число семян на растении» ($CV=10,1$ и $10,4$ %). Максимальная генотипическая изменчивость наблюдалась по массе семян с растения, но коэффициент вариации признака по годам менялся незначительно и составил, соответственно, $15,2$ и $13,7$ %.

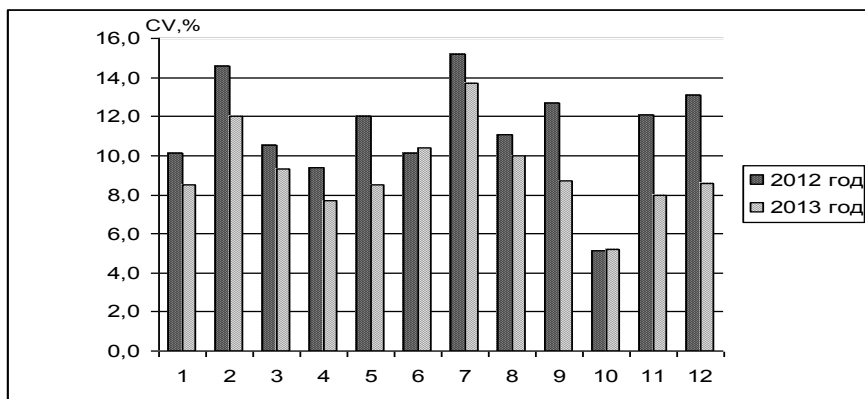


Рис. 1. Изменчивость количественных признаков в группе генотипов с беспергаментными бобами по годам (CV,%)

Примечание здесь и далее: 1 – урожай; 2 – масса растений; 3 – длина растений; 4 – число ПУ; 5 – число бобов; 6 – число семян; 7 – масса семян, г; 8 – число семян в бобе; 9 – масса 1000 семян. Нагрузка на ПУ: 10 – число бобов; 11 – число семян; 12 – масса семян.

Для выявления значимости отдельного признака и его взаимосвязи с другими важно изучить закономерности их сопряженного проявления. Полученные данные указывают на положительный характер направленности связей большинства из них (рис. 2). Но достоверность их проявления в сильной степени зависит от влияния внешних условий среды. Установлено высокое положительное влияние на урожай признаков «масса семян и масса растений» ($r=0,73^{**}$ и $0,76^{**}$) на 1% уровне значимости и «длины растений» на 5 % уровне ($0,89^{*}$), проявляющиеся лишь в условиях умеренного увлажнения. Эти результаты

свидетельствуют о том, что в благоприятные годы преимущества по урожайности будут иметь более высокорослые высокопродуктивные генотипы, тогда как в неблагоприятные годы связь между этими параметрами незначительна ($r=0,06...-0,6$).

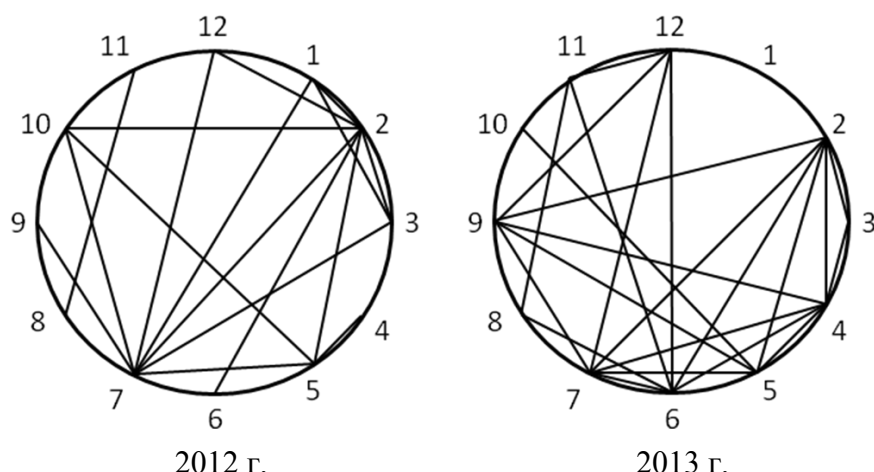


Рис. 2. Положительные корреляции количественных признаков у генотипов гороха с различными бобами по годам, 2012-2013 гг.

Проведенный корреляционный анализ множества количественных признаков растений гороха между собой показал, что независимо от условий года сохранилась стабильно высокая положительная взаимозависимость некоторых из них. К таким относятся корреляция биомассы растений с признаками «масса и число семян с растения ($r=0,98^{**}$, $0,89^{**}$ и $0,67^{*}$, $0,72^{**}$), масса семян на продуктивный узел ($r=0,84^{**}$ и $0,70^{**}$), длина стебля ($r=0,77^{*}$ и $0,51^{*}$)». Аналогичная зависимость выявлена между признаками «число продуктивных узлов и число бобов на растении» ($r=0,93^{**}$; $0,87^{**}$), «число бобов и семян на растении» ($r=0,74^{*}$ и $0,71^{**}$). На высоком уровне достоверности обнаружена положительная корреляция признака «масса семян с растения» с несколькими показателями: «масса семян на продуктивный узел ($r=0,82^{**}$; $0,88^{**}$), число семян в бобе ($r=0,91^{**}$ и $0,88^{**}$), масса 1000 семян ($r=0,69^{*}$ и $0,64^{**}$)». Установленные закономерности позволяют применять их в селекционной работе при разработке моделей морфоструктуры растений при создании новых высокоурожайных сортов.

Необходимо подчеркнуть, что большую ценность для адаптивной селекции представляют данные по корреляции признаков, которые достоверны в определенных условиях произрастания. Согласно полученным результатам можно проводить отборы растений в различные годы по соответствующим признакам. В наших исследованиях обнаружены парные взаимосвязи признаков в двух контрастных условиях, различающихся по метеорологическим показателям. Большинство выявленных корреляций носили положительный характер. При умеренном влагообеспечении (2012 г.) к таковым относятся: зависимость величины биомассы растений от числа бобов и массы семян на продуктивном узле ($r=0,82^{**}$ и $0,84^{**}$), массы семян с растения от числа бобов на продуктивном узле ($r=0,84^{**}$). Определена тенденция снижения массы 1000 семян по мере увеличения длины стебля растений ($r=-0,77^{*}$).

Положительное влияние массы 1000 семян на величину биомассы ($r=0,50^{*}$) доказано лишь в засушливых условиях. Аналогичное влияние определено числа продуктивных узлов на изменение величины признаков «число и масса семян с растения» ($r=0,52^{*}$ и $0,79^{**}$). В свою очередь, признак «число семян с растения» связан высокой положительной зависимостью с показателями «число семян в бобе, число и масса семян на продуктивном узле» ($r=0,66^{**}$, $0,74^{**}$ и $0,65^{**}$). Установленные закономерности корреляции массы 1000 семян в рассмотренной группе генотипов позволяют вести селекцию на продуктивность за счет некоторого повышения значений данного признака.

Выводы. Потенциал нового генофонда гороха посевного с беспергаментными бобами, обуславливающими их устойчивость к раскрыванию, подвержен влиянию внешних условий. В умеренно увлажненных условиях лучшие генотипы формировали урожай на уровне 3,87-4,41 т/га, в засушливых условиях он снижался до 1,84-2,06 т/га.

Установленные закономерности изменчивости и взаимосвязи количественных признаков в группе генотипов с беспергаментными бобами открывают широкую перспективу селекционного улучшения на повышение продуктивности и устойчивости к раскрыванию бобов. Выявлены индивидуальные особенности проявления отдельных признаков, достаточным уровнем стабильности проявления некоторых из них в засушливые годы. Достоверно высокий вклад в формирование урожая признаков «масса семян, биомасса растений и длина растений» в условиях умеренного увлажнения указывают на преимущество по урожайности высокорослых генотипов в этих условиях.

Данные по корреляции признаков, достоверных в определенных условиях произрастания, ценны для проведения отбора растений в соответствующих средах при создании новых высокоурожайных сортов.

Литература

1. Атабекова А. И., Пухальская Н. Ф. Особенности анатомо-морфологического строения бобов у различных сортов фасоли обыкновенной *Phaseolus vulgaris* (L.) Savi // С.-х. биол. – 1966. Т.1. № 1. – С. 125 – 132.
2. Агеева П. А. Создание сортов люпина узколистного с новыми хозяйственно ценными признаками // Тез. докл. конф. «Биологический и экономический потенциал люпина и пути его реализации». Брянск. – 1997. – С. 16 – 18.
3. Бурляева М. О. Новые подходы к поиску источников устойчивости к растрескиванию бобов у зерновых бобовых культур // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, – 2012. – Т.170. – С.130-142.
4. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Проблема селекции сои на устойчивость к преждевременному вскрытию (растрескиванию) бобов (сообщение I) // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень института масличных культур. В. 2. (159-160)– 2014. – С. 47-59.
5. Christiansen L.C., Dal Degan F., Ulvskov P., Borkhard B. Examination of the dehiscence zone in soybean pods and isolation of a dehiscence-related endopolysaccharuronase gene. – [электронный ресурс]. – Plant and Environment, 2002. – Р. 479-490. – URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.2002/00839/x/full>.
6. Зеленов А.Н. О признаке неосыпаемости семян у гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 79-85.
7. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д., Фадеев Е.А. Селекционные аспекты повышения технологичности возделывания гороха // Достижения науки и техники АПК. – 2009, № 11. - С. 25-27.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Министерство сельского хозяйства СССР. 1985. – 285 с.
9. Тагиров М.Ш., Шайтанов О.Л. Современные изменения климата на территории Татарстана и их влияние на сельскохозяйственное производство. – Казань, 2013. – 25 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М.: Изд-во Колос, 1973. – 336 с.

OF VARIATION AND RELATIONSHIP OF QUANTITATIVE TRAITS IN GENOTYPES OF PEA WITH UNDISCLOSED PODS

E.A. Fadeev

FGBNU «TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE»

Abstract: A new gene pool of pea (*Pisum sativum* L.) with uncracking pods were studied. The varieties with high-yield advantage to the standard yields in moderately moist conditions on 9,6-24,9, in acute shortage of water – by 24,3-39,2% were selected. Values biometric pea plants in the most favorable conditions are substantially higher than them in a dry year, but genotypic variation was expanded. The level of variability of varieties remained stable on the basis of «the number of seeds per plant» and «the number of pods in the productive knot». The high dependence of the positive signs of the yield, «the mass of seeds from plants» ($r = 0,73^{**}$ and $0,76^{**}$) and the «length of Plants» ($0,89^{*}$) is proved only in a moderate humidity. The established patterns of increasing importance of plant biomass and seed weight and plants with an increase of some quantitative traits («mass of seeds on productive knot» ($r = 0,82^{**}$ and $0,88^{**}$) «number of seeds in a pod» ($r = 0,91^{**}$ and $0,88^{**}$), «the mass of 1000 seeds» ($r = 0,69^{*}$ and $0,64^{**}$), regardless of the year allow you to adjust the parameters of morphological structure of plants in the creation

of new high-yielding varieties. For the adaptive selection of value data on the correlation attributes that are valid under certain growth conditions.

Keywords: Pisum sativum, variety, resistance to shattering pods, yield, variability, correlation.

УДК 635. 656: 631. 53

ДЕЙСТВИЕ ЗАЩИТНО – СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДА ЦЕЗИЯ – 137 В ВЫРАЩЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ГОРОХА

А.И. ЕРОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Задача современного растениеводства – получение экологически чистой продукции на основе применения технологических приёмов предпосевной подготовки семян в условиях загрязнения территории Орловской области долгоживущими радионуклидами цезием – 137 и стронцием – 90. И хотя по истечению времени радиационная опасность существенно изменилась в лучшую сторону, тем не менее выращенная продукция на загрязнённой радиацией территории по-прежнему представляет опасность дополнительного облучения населения радионуклидами.

*В наших исследованиях установлено положительное влияние предпосевной обработки семян защитно – стимулирующими составами Экост $^{1/3}$ в дозе 400 г/т, Экост $^{1/6}$ в дозе 500 г/т семян, биологически активными препаратами – Гуматом Плодородие – 625 мл/т и Гуматом Калия жидким (торфяным) – 600 мл/т семян на уменьшение содержания радиоактивного изотопа цезия – 137 в выращенной продукции гороха сорта Орлус от 4,6 до 5,0 Бк/кг*сек и коэффициента перехода радионуклида из почвы в растение до 0,09 по сравнению с контрольным вариантом. Опрыскивание вегетирующих растений препаратами Экост $^{1/6}$, Гуматом Плодородие, обработка семян и растений Гуматом Калия жидким (торфяным) позволяет уменьшить содержание цезия – 137 в выращенном зерне гороха от 1,7 до 3,8 Бк/кг*сек.*

Ключевые слова: препараты – Экост $^{1/3}$, Экост $^{1/6}$, Гумат Плодородие, Гумат Калия жидкий (торфяной), горох, зерно, растения, обработка, цезий – 137.

Результатом аварии на Чернобыльской АЭС явилось радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий смесью продуктов ядерного деления и нейтронной активации. Взрывное разрушение реактора АЭС, его разгерметизация, метеорологические условия в районе аварии – всё это привело к мгновенному выбросу и быстрому распределению в атмосфере топливных частиц, формированию смеси радиоактивных аэрозолей, переноса их на сотни и тысячи километров от источника выброса. Орловская область как и другие регионы России так же подверглась сильному радиоактивному загрязнению. Так, например, сельскохозяйственные угодья Орловской области были загрязнены радионуклидами на территории 604,7 тыс. га. На начало 1993 года в Орловской области загрязнённых площадей пашни от 1 до 15 Ки/км² находилось 49,4 % сенокосов и пастбищ – 51,8 %, садов – 68,1 %. При этом основными «загрязнителями» растениеводческой и животноводческой продукции стали радиоактивные изотопы цезий – 137 и стронций – 90, имеющие период полураспада около 30 лет и активно включающиеся в процессы биологической миграции, приводящие к их накоплению растениями, животными и человеком [1]. Радионуклиды задерживаются, в основном, в верхних слоях почвы 5-10 см. Поступление радиоактивных веществ цезия – 137 и стронция – 90 в организм человека с продуктами питания происходит, главным образом, в результате перехода из почвы в растения и далее в продукцию животноводства.

Переход из рациона животных в животноводческую продукцию для стронция – 90 ниже, чем для цезия – 137, для молока в 5-10 раз, а для мяса приблизительно в 100 раз. Такое

обстоятельство исключает необходимость контроля за содержанием стронция – 90. И хотя по истечению времени радиационная опасность существенно снизилась, тем не менее получаемая продукция на загрязнённой территории остаётся источником дополнительного облучения населения радионуклидами. С этой точки зрения приобретает особое значение проведение защитных мероприятий, направленных на снижение перехода радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур и, как следствие, снижение дозы внутреннего облучения населения [2, 3]. В настоящее время в сельскохозяйственной радиологии накоплен экспериментальный материал о применении минеральных (особенно калийных), органических, известковых удобрений и гуминовых препаратов, влияющих на уменьшение перехода радионуклидов в продукцию растениеводства в 1,5-2,0 раза. Например, предпосевная обработка семян и растений овощных культур 0,01 % раствором Гумата Натрия способствует снижению накопления цезия – 137 в урожае, эффективность снижения перехода цезия – 137 в овощные культуры из почвы изменялась в пределах от 19 до 44 % [4].

Материалы и методы

Для исследований был принят сорт гороха Орлус зернового направления. Полевые опыты проведены в 2000-2005 гг. в севообороте ВНИИЗБК, на тёмно – серых лесных почвах с мощностью гумусового горизонта 25-30 см. Содержание гумуса в почве – 4,2-4,6 %. pH почвенного раствора 5,0-5,2. Посев обработанных семян защитно – стимулирующими составами Экост $^{1/3}$ – 400 г/т, Экост $^{1/6}$ – 500 г/т и биологически активными препаратами: Гуматом Плодородие – 625 мл/т, Гуматом Калия жидким (торфяным) – 600 мл/т проводили в оптимальные сроки селекционной сеялкой СКС – 6-10. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян на гектар. Размер опытных делянок 10 м², повторность шестикратная, размещение делянок рендомизированное. Опрыскивание растений гороха препаратами – Экост $^{1/6}$ – 500 г/га, Гуматом Плодородие – 500 мл/га и Гуматом Калия жидким (т) – 600 мл/га на 250-300 литров воды проводили в фазу бутонизации – начало цветения.

Экост $^{1/3}$ – защитно-стимулирующий состав для сухой обработки семян сельскохозяйственных культур. Действующее вещество – комплекс микроэлементов и биологически активный диоксид кремния (гидрофобная форма). Обеспечивает равномерное покрытие семян без использования специальных прилипателей (5).

Экост $^{1/6}$ – защитно-стимулирующий состав для влажно – сухой предпосевной обработки семян зерновых культур (водная паста). Действующее вещество – комплекс микроэлементов и биологически активный диоксид кремния (гидрофильная форма). Разрешён для применения на ячмене (5).

Гумат Плодородие – жидкость тёмно-коричневого цвета (pH – 9,5). В качестве реагента для приготовления препарата используется раствор едкого натрия (NaOH), а в качестве сырья – сапропель Галичского озера и торф. В препарате содержатся микроэлементы: кальций, сера, железо, медь, марганец, кобальт и др. Предназначен для инкрустирования семян сельскохозяйственных культур.

Гумат Калия жидкий (торфяной) – комплексное органо-минеральное удобрение, действующее вещество которого физиологически – активные формы калиевых солей гуминовых кислот (гуматы калия). В состав препарата входят аминокислоты, углеводы, водорастворимые карбоновые кислоты, элементы минерального питания и микроэлементы: железо, цинк, медь, марганец, бор, молибден. Производится на основе экологически чистого сырья низинного торфа. Препарат наряду с повышением всхожести семян и продуктивности растений связывает тяжёлые металлы, радионуклиды и другие токсиканты, предотвращая их поступление из почвы в растение.

После уборки делянок гороха были отобраны почвенные образцы согласно инструкции по отбору проб почвы при радиационном обследовании загрязнённой местности, утверждённой Госкомгидрометом в 1987 году. Радионуклиды в зерне и почве определяли на приборе БДКП – 03П с измерительным устройством УИ – 38П2. Измерение проводили согласно методике экспрессного радиометрического определения по гамма – излучению,

объёмной и удельной активности радионуклидов цезия – 137 в почве, продуктах питания, продукции растениеводства и животноводства.

Результаты исследований

В результате проведённых исследований установлено, что предпосевная обработка семян защитно – стимулирующими составами Экост $1/3$ и Экост $1/6$ снижает накопление радионуклида цезия – 137 в выращенной продукции гороха от 4,6 до 5,0 Бк/кг*сек или по сравнению с необработанными семенами на 16,5...18,2 % (табл. 1).

Таблица 1

Содержание цезия – 137 в выращенной продукции гороха сорта Орлус, средние данные за 2000-2002 гг.

Варианты опыта	Содержание цезия – 137, Бк/кг*сек		Коэффициент накопления в зерне гороха цезия – 137
	зерно	почва	
Контроль	32,4	280,5	0,12
Семена обработанные препаратом Экост $1/3$ – 400 г/т	27,4	292,7	0,09
Семена обработанные препаратом Экост $1/6$ – 500 г/т	27,8	295,6	0,09
Опрыскивание растений препаратом Экост $1/6$ – 500 г/га	31,3	295,6	0,11

Наименьший коэффициент пропорциональности перехода цезия – 137 из почвы в растение отмечен в вариантах опыта с применением на семенах защитно – стимулирующих составов, где в среднем за три года (2000-2002гг.) он составил – 0,09, тогда как в контрольном варианте (необработанные семена) коэффициент накопления в выращенном зерне гороха радионуклида цезия – 137 был равен 0,12.

Опрыскивание растений гороха в фазе бутонизации – начало цветения защитно – стимулирующим составом Экост $1/6$ незначительно уменьшает содержание радиоизотопа в зерне гороха, всего на 1,1 Бк/кг*сек или 3,5 %, по сравнению с необработанными растениями.

Исследованиями влияния биологически активных препаратов на содержание цезия – 137 в выращенной продукции установлено, что при обработке семян гороха перед посевом Гуматом Плодородие в дозе 625 мл/т содержание радионуклида в выращенном зерне уменьшалось на 3,8 Бк/кг*сек или 14,9 %, а Гуматом Калия жидким (т) – 600 мл/т – на 1,9 Бк/кг*сек (8,2 %), по сравнению с контрольным вариантом (табл. 2).

Таблица 2

Содержание цезия – 137 в выращенной продукции гороха, в зависимости от обработки семян и растений Гуматом Плодородие и Гуматом Калия жидким (торфяным), средние данные за 2003...2005 гг.

Варианты опыта	Содержание цезия – 137, Бк/кг*сек		Коэффициент накопления цезия – 137 в зерне
	зерно	почва	
Контроль	29,3	314,0	0,09
Гумат Плодородие – 625 мл/т (обработка семян)	25,5	316,0	0,08
Гумат Плодородие – 500 мл/га (опрыскивание растений)	26,5	319,0	0,08
Контроль	25,2	227,7	0,11
Гумат Калия жидкий (т) - 600 мл/т (обработка семян)	23,3	237,5	0,10
Гумат Калия жидкий (т) – 600 мл/т,га (обработка семян + опрыскивание растений)	23,5	254,1	0,09

Опрыскивание растений Гуматом Плдородие снижает содержание цезия – 137 в выращенном зерне гороха на 2,8 Бк/кг*сек или на 10,6 %, а от обработки семян и опрыскивания растений Гуматом Калия жидким (торфяным) – на 1,7 Бк/кг*сек – 7,2 %. Коэффициент накопления в зерне радионуклида цезия – 137 с применением для обработки семян гороха Гумата Плдородие составил – 0,08, тогда как в контрольном варианте он равен – 0,09, с применением Гумата Калия жидкого (торфяного) – 0,09 – 0,10, в контроле – 0,11.

Следовательно, в целях уменьшения содержания радионуклида цезия – 137 в выращенной продукции гороха необходимо проводить перед посевом обработку семян, а в поле опрыскивание вегетирующих растений защитно – стимулирующими составами Экост $^{1/3}$, Экост $^{1/6}$ и биологически активными препаратами Гуматом Плдородие, Гуматом Калия жидким (торфяным) для усиления дополнительных мер по увеличению концентрации катионов калия в почвенном растворе, разбавления радиоцезия калием и ингибирования поступление радионуклида в корневую систему растений.

Выводы

1. Применение защитно – стимулирующих составов Экост $^{1/3}$ и Экост $^{1/6}$ на семенах и растениях снижает накопление цезия – 137 в выращенной продукции гороха до 4,6-5,0 Бк/кг*сек и коэффициент перехода радионуклида из почвы в растение до 0,09.

2. Использование биологически активных препаратов Гумата Плдородие и Гумата Калия жидкого (торфяного), при обработке семян и растений, позволяет уменьшить содержание цезия – 137 в выращенном зерне гороха от 1,7 до 3,8 Бк/кг*сек и коэффициент накопления радионуклида в урожае до 0,08-0,10.

Литература

1. Методические подходы к созданию устойчивого и эффективного растениеводства в условиях глобального изменения климата (на примере Орловской области): практические рекомендации /Амелин А.В., Петрова С.Н., Лысенко Н.Н., Казьмин В.М., Новиков В.М., Мельник А.Ф., Кузьмичёва Ю.В., Рыжов И.А., Брусенцов И.И. - Орёл: Изд-во Орёл ГАУ, 2015 – 68 с.
2. Ерохин А.И., Цуканова З.Р. Посевные качества семян и продуктивность гороха под действием Гумата Калия жидкого (торфяного) / Земледелие. – 2011. – № 6. – С. 47-48.
3. Путинцев А.Ф., Ерохин А.И., Платонова Н.А., Казьмин В.М. Действие Гумата Плдородие на ростовые процессы и урожайность гороха / Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 46-47.
4. Ратников А. И., Жихарева Т. А., Попова Г. И., Корнеев Н. А. Эффективность Гумата Натрия на овощных культурах в условиях радиоактивного загрязнения почвы / Аграрная наука. – 2000. – № 1. – С. 13-14.
5. Ковалёв В. М., Янина М. М. Методологические принципы и способы применения рострегулирующих препаратов нового поколения в растениеводстве. Аграрная Россия – научно производственный бюллетень № 1(2). 1999. Изд-во Москва «ФОЛИУМ». – С.9 - 11.

ACTION OF PROTECTIVELY-STIMULATING COMPOUNDS AND BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS ON THE CONTENT OF THE RADIONUCLIDE CESIUM-137 IN THE GROWN PEAS PRODUCTS

A.I. Erohin

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: The task of modern plant growing is to provide environmentally friendly products by applying methods of presowing preparation of seeds in conditions of contamination of the Orel Oblast territory with long-lived radionuclides – Cesium-137 and Strontium-90.

Although with passage of time radiation hazard has changed significantly for the better, nevertheless plants grown on contaminated areas still have a danger of additional public exposure with radionuclids.

Our studies have shown a positive effect of pre-sowing treatment of seeds with protective-stimulating compositions such as Ekost $^{1/3}$ in ratio – 400 g/t of seeds, Ekost $^{1/6}$ in ratio – 500 g/t of seeds, with biologic active preparations – humate «Plodorodie» – 625 ml/t and liquid (peat) potassium humate – 600 ml/t of seeds on decrease of content of radioactive isotope Cesium-137 in the grown products of pea variety Orlus from 4,6 to 5,0 Bq/kg*sec. and of rate of transfer of factors of radionuclids from soil to plants up to 0,09 in comparison to control variant. Spraying of vegetating plants with preparation Ekost $^{1/6}$, Humate «Plodorodie», treatment of seeds and plants

*with liquid (peat) potassium humate reduces content of Cesium-137 in the produced pea grain from 1,7 up to 3,8 Bq/kg*sec.*

Keywords: preparations Ekost ¹/₃, Ekost ¹/₆, Humate «Plodorodie», liquid (peat) potassium humate, pea, grain, plants, treatment, Cesium-137.

УДК635:567.851.15

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА У ГОРОХА

Г.П. ГУРЬЕВ, кандидат биологических наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье показана роль таких факторов внешней среды как предшественник и влияние вредителей на формирование клубеньков на корнях гороха и их дальнейшее функционирование в системе симбиотической азотфиксации. Озимая пшеница явилась лучшим предшественником под горох по сравнению с чёрным паром. Обязательным условием успешного бобово-ризобиального симбиоза является также контроль и своевременная борьба с клубеньковыми долгоносиками.

Ключевые слова: горох, симбиотическая азотфиксация, предшественник, клубеньковые долгоносики.

Традиционная для России культура-горох занимает важное место в получении пищевого и кормового белка. Горох содержит все незаменимые аминокислоты в стабилизированных количествах, кроме метионина [1]. Во многих европейских странах урожай гороха с внедрением новых высокоурожайных, устойчивых к полеганию сортов достигает 40-50 ц/га. В России средний урожай зерна составил 14,8 ц/га в 2010 г., а посевная площадь достигла 882 тыс. га [2]. Разумеется, потенциал новых сортов гороха позволяет достигать урожая намного выше средних значений, что зависит напрямую от культуры земледелия. Важная роль в формировании урожая придаётся минеральному питанию растений и, в частности азотом. В этом смысле важное место отводится азоту, полученному растениями из воздуха за счёт симбиотической азотфиксации.

По разным данным доля фиксированного горохом азота атмосферы доходит до 40-70 % от всего потреблённого азота, а в абсолютном выражении до 150 кг/га. По данным Н.В. Парахина и С.Н. Петровой [3] доля симбиотического азота в формировании урожая гороха составляет 35-40 %, а в абсолютном выражении 80-110кг/га. В книге П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова [4] при урожае зерна гороха 15-17 ц/га доля симбиотического азота составляла 50-60 кг/га, при урожае 35 ц/га – 140, а при урожае 50 ц/га – до 180 кг/га. В наших исследованиях [5] доля симбиотически фиксированного азота составляла 34-61 % от общего выноса азота. Причём самая высокая азотфиксация (61 %) отмечена в варианте с внесением соломы. Следует отметить, что расчёты симбиотически фиксированного азота были проведены методом сравнения с небобовой культурой – овсом.

Подобные расчёты, кроме приведённого выше метода сравнения с небобовой культурой, применяют часто используя коэффициент К.Г. Хоппинса – А.И. Питтерса: 2/3 накопленного бобовыми культурами азота потребляется из воздуха и 1/3 из почвы. Однако в конкретных полевых условиях эффективность симбиоза в решающей степени зависит от целого ряда факторов, при которых, в случае их неблагоприятного воздействия, симбиотическая азотфиксация может быть подавлена или не происходить вовсе, что зависит от формирования клубеньков на корнях гороха. Последнее зависит от наличия в почве специфических клубеньковых бактерий, достаточно эффективных, вирулентных и конкурентоспособных. Это могут быть как местные штаммы, так и привнесённые извне, изготовленные на минеральной основе, торфяной или в жидкой форме. Однако наличие в

зоне корня клубеньковых бактерий ещё не залог успешного формирования симбиотического аппарата и усвоения азота из воздуха. На этот процесс, начиная с момента образования инфекционных нитей в корневых волосках, с учётом влияния высшего растения (макросимбионт), оказывают воздействие множество внешних факторов, что детально описано в монографии Е.Н.Мишустина и В.К. Шильниковой [6]. **Влажность** почвы имеет свой минимум в 16 %, ниже которого клубеньки не образуются. **Температура** – важнейший фактор влияния на успех формирования клубеньков. Высокая ночная температура до 20⁰С и дневная более 27⁰С отрицательно сказываются на азотфиксации, а формирование клубеньков прекращается. При этом оптимальные температуры для роста и развития растений, образования клубеньков и азотоусвоения могут не совпадать. **Реакция почвенного раствора** для разных видов и даже штаммов клубеньковых бактерий несколько различна. К оптимальным значениям рН для успешного симбиоза клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* и бобовых растений: горох, бобы, вика, чечевица, следует отнести слабокислую, ближе к нейтральной реакцию почвенного раствора. Немаловажное, а иногда решающее значение имеет наличие **подвижных форм азотосодержащих соединений**. Давно установлено, что небольшие, так называемые «стартовые» дозы азота 30-40 кг/га д.в. стимулируют азотфиксацию, а высокие подавляют. Отсюда проистекают и выбор предшественника и расчётные дозы удобрений. При низком содержании **фосфора** проникновение клубеньковых бактерий в корень происходит, но клубеньки не образуются, что объясняется ингибированием действия молибдена. Некоторые исследователи [7], отмечают благоприятное влияние фосфора на активность клубеньковых бактерий, что позволяет отказаться от инокуляции, разумеется при наличии в почве активных клубеньковых бактерий.

Углеводный обмен определяется фотосинтезом и, как показали наши исследования на люпине [8], пик азотфиксации и фотосинтеза могут совпадать. В тоже время симбиотическое азотоусвоение происходит и ночью, хотя и в меньшей степени. Процесс симбиотической азотфиксации напрямую связан с фотосинтезом, в ходе которого идёт потребление СО₂ при обязательном наличии света. Азотфиксация процесс теневой, но довольно энергозатратный, при этом образующаяся в ходе дыхания энергия своим происхождением обязана транспорту ассимилятов из листьев в корни. Пополнение содержания углекислого газа, необходимого для фотосинтеза происходит, главным образом за счёт деятельности микроорганизмов, разлагающих органические остатки среди которых важное место может быть отведено соломе [9]. Являясь прекрасным энергетическим материалом для целлюлозолитических микроорганизмов, солома способствует размножению и других сапрофитов, а также клубеньковых бактерий через оструктурирование почвы и улучшение аэрации.

К биологическим факторам можно отнести наличие в корневой зоне обильной микрофлоры среди которой имеются как ингибиторы так и активаторы процесса симбиоза. Немаловажное значение имеет и роль высшего растения, определяющего специфичность клубеньковых бактерий. Отдельно следует сказать о влиянии насекомых и нематод на симбиотическую азотфиксацию и особенно негативно значение клубеньковых долгоносиков (*Sitona lineatus* L. и *S. crinitus* Herbst) , которые в условиях сухой и жаркой погоды, могут уничтожить до 30 % листовой поверхности [10], а вылупившиеся личинки питаются в почве преимущественно клубеньками и корневыми волосками. При этом одна личинка за 30-40 дней съедает от 2 до 6 клубеньков. С учётом того, что одна самка может откладывать до 100 яиц, при отсутствии мер борьбы, на симбиотическую азотфиксацию можно не рассчитывать.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнялись в разные годы. Результаты, полученные в 2002-2004 гг., описаны нами ранее [11]. Полевые опыты 2010-2012 гг. проводили на тёмно-серой лесной почве. В качестве тест культуры использовали горох сортов Фараон, Спартак, Софья, Стабил. Посев при норме 1,4 млн. всхожих семян проводили рядовым способом с помощью селекционной сеялки СКС-6-10. Площадь опытной делянки 10-12 м². Повторность 4-х

кратная. Инокуляцию семян препаратами клубеньковых бактерий проводили непосредственно перед посевом с исключением попадания прямых солнечных лучей. Изучение симбиотической азотфиксации проводили путём учёта количества и массы клубеньков на корнях гороха, её интенсивность измеряли ацетиленовым методом на газовом хроматографе Цвет-106 по модифицированной методике В.П. Орлова с сотрудниками (1984). Вегетационный опыт провели в пластиковых 5кг сосудах по З.И. Журбицкому (1968). Учёт количества и массы клубеньков, а также интенсивность азотфиксации проводили аналогично, как и в полевых опытах.

Результаты и обсуждение

Целью полевых испытаний на сортах гороха Фараон, Спартак, Софья Стабил явилось выявление их отзывчивости на инокуляцию разными штаммами, а также изолятами собственной селекции клубеньковых бактерий. Следует отметить, что предшественником гороха во все годы явился чёрный пар, что не могло не оказать негативного действия на симбиотическую азотфиксацию. К неблагоприятным внешним факторам следует также отнести погодные условия: высокую температуру и недостаток влаги в почве. Особенно экстремальным по этим показателям выделился 2010 год, когда высокая температура при низкой влажности способствовала массовому размножению клубеньковых долгоносиков. Таким образом из трёх лет испытаний только один 2011 год соответствовал относительно нормальным условиям для формирования клубеньков и симбиотической азотфиксации (табл.1).

Таблица 1

Действие препаратов клубеньковых бактерий на симбиотическую азотфиксацию (фаза 8-9 листьев, ветвление, 2011 г., полевой опыт)

Вариант	СОРТА							
	Фараон		Спартак		Софья		Стабил	
	Масса клуб-в мг/раст	Азотфиксация мкг/р/час	Масса клуб-в мг/раст	Азотфиксация мкг/р/час	Масса клуб-в мг/раст	Азотфиксация мкг/р/час	Масса клуб-в мг/раст	Азотфиксация мкг/р/час
Контроль	150	7,6	190	4,9	250	11,2	190	0,5
Шт.245а	380	13,5	190	5,1	270	13,6	200	39,5
Шт.261б	260	17,6	380	19,8	520	14,5	360	13,5
Шт.263б	220	13,1	330	13,6	300	30,1	600	9,0
Из-т1-10	150	14,9	410	13,2	170	11,2	210	13,5
Из-т2-10	500	13,6	330	7,0	430	20,5	310	3,6

Как следует из таблицы, просматривается чёткая тенденция к увеличению симбиотической азотфиксации под воздействием препаратов клубеньковых бактерий. В тоже время к моменту бутонизации процесс симбиотических взаимоотношений пошел на спад и закончился лизисом клубеньков. Тем не менее, несмотря на относительно короткий период симбиоза, было зафиксировано достоверное увеличение урожая на сорте Фараон (табл.2). На остальных сортах отмечена лишь слабая тенденция к увеличению урожая от действия нитрагинизации.

В аномальном 2010 году, характеризующимся жарким и сухим летом во время вегетационного периода, действие препаратов в силу указанных причин не проявилось. Клубеньки на корнях гороха не сформировались, хотя нами были отмечены их следы на главных корнях. Вероятной причиной их разрушения явилось действие клубеньковых долгоносиков. Губительное влияние долгоносиков проявилось и в 2012 году, который характеризовался более благоприятными условиями для роста и развития растений, но сильным заселением вредителей.

Таким образом, из трёх лет полевых испытаний, симбиотическая азотфиксация имела место только в 2011 году. В вегетационном опыте в том же году влияние внешних негативных факторов было сведено к минимуму.

Таблица 2

Урожай различных сортов гороха при инокуляции их набором препаратов клубеньковых бактерий (ц/га)

Вариант	СОРТА			
	Фараон	Спартак	Софья	Стабил
2010 г.				
Контроль	42,6	43,9	36,7	–
Штамм 245а	41,0	40,0	33,9	–
Штамм 261б	41,3	41,3	41,4	–
Штамм 263б	39,8	41,9	33,6	–
Изолят 1-10	39,9	41,6	34,4	–
Изолят 2-10	41,6	40,2	34,4	–
НСР05	2,2	2,9	3,0	–
2011 г.				
Контроль	27,9	27,6	30,4	30,6
Штамм 245а	32,8	29,6	33,2	32,7
Штамм 261б	33,6	28,7	30,3	29,0
Штамм 263б	33,0	28,0	30,8	30,9
Изолят 1-10	32,1	29,5	35,1	32,6
Изолят 2-10	29,2	27,0	31,5	31,6
НСР05	3,3	3,7	2,8	2,7
2012 г.				
Контроль	34,4	32,7	28,9	34,1
Штамм 245а	33,0	34,6	30,6	35,7
Штамм 261б	32,8	35,0	29,2	37,0
Штамм 263б	33,9	32,3	28,5	36,9
Изолят 1-10	36,5	34,0	29,8	35,7
Изолят 2-10	32,6	34,1	28,8	34,9
НСР ₀₅	5,0	2,3	3,5	3,5

Влажность в сосудах поддерживалась на уровне 70% от ПВ. В условиях частичного контроля роста и развития растений, а также исключения вреда, наносимого клубеньковыми долгоносиками, на корнях гороха сформировались нормальные клубеньки розового цвета (рис.1). Наибольшая масса клубеньков (76-323 мг/растение) отмечена в фазу бутонизации, хотя наибольший уровень азотфиксации был отмечен в фазу ветвления (39,3 – 221,3 мкгN/раст/час) против 3,4– 85,4 мкгN/раст/час в фазу бутонизации. Следует отметить, что при общем затухании активности азотфиксации к фазе бутонизации при нарастании массы клубеньков, более отзывчивым на инокуляцию оказался сорт Фараон.



Таким образом, симбиотическая азотфиксация у гороха возможна только в условиях нормального формирования симбиотического аппарата и благоприятных факторах его успешного функционирования. Условия вегетационного опыта, позволяющие контролировать влажность, минеральное питание, заселение вредителями, являются не только благоприятными, но и позволяющими вычленить факторы негативного влияния на формирование клубеньков в полевых условиях.

Рис. 1. Корни гороха сорта Фараон. Фаза бутонизации, вегетационный опыт, 2011 г.

В 2013 г. были проведены отборы проб растений гороха при разных сроках посева по озимой пшенице и черному пару (рис.2).

На рисунке 2 представлен сорт гороха Фараон. Растения 1 и 2 выращены на одном поле по озимой пшенице, но при разных сроках посева. При более позднем сроке сформировались крупные клубеньки розового цвета. Данный факт можно объяснить отсутствием клубеньковых долгоносиков цикл развития которых совпал с более ранним

сроком посева гороха. Плохое формирование клубеньков или их полное отсутствие наблюдалось и при позднем сроке посева (10 мая), но по паровому предшественнику.



*Рис.2 Корни гороха сорта Фараон:
1. Посев 26 апреля, предшественник озимая пшеница;
2. Посев 10 мая, предшественник озимая пшеница;
3. Посев 10 мая, предшественник черный пар.*

Заключение

Симбиотическое азотоусвоение, при обязательном условии формирования клубеньков на корнях гороха, зависит от ряда факторов. В полевых условиях часть из них (температура, влажность) нам не подконтрольна. Однако ряд других, как предшественники, минеральное питание, аэрация, вредители, вполне регулируемы, что следует учитывать в практике.

Исходя из наших исследований, лучшим предшественником под горох является озимая пшеница с послеуборочной заправкой соломы, которая обогащает почву органикой, улучшает структуру почвы и её аэрацию, что является обязательным условием успешного формирования клубеньков. К обязательному условию следует также отнести контроль за численностью вредителей, в частности клубеньковых долгоносиков.

Литература

1. Зотиков В.И., Боравлёв А.А. Пути увеличения производства растительного белка в России. // Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. Орел. 2008. – С.36-49.
2. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012, №2. – С.31-35.
3. Парахин Н.В, Петрова С.Н. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации. – М. Колос, 2006. – С. 65-81.
4. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. – М. Россельхозиздат, 1983. – 250 с.
5. Гурьев Г.П. Использование соломы как органического удобрения. // Эффективность использования соломы в качестве органического удобрения. М. Наука, 1980.- С.218-226.
6. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. Изд-во «Наука». М. 1968. – С. 95-131.
7. Динчев Д. Азотфиксация активность на фасулевите грудкови бактерий. Известия Центр НИИ почвоведение и агротехн., 1961, 1, – С. 127-156 (цит. по Мишустин Е.Н., Шильникова В.К., 1968).
8. Орлов В.П., Орлова И.Ф., Гурьев Г.П., Щербина Е.А., Васильчиков А.Г. Суточная и сезонная динамика азотфиксации у люпина в полевых условиях // Физиология и биохимия культурных растений. 1985. т.17, №5.
9. Шильникова В.К., Гурьев Г.П., Мишустин Е.Н. Процесс инфицирования корневой системы гороха клубеньковыми бактериями в присутствии соломы // Известия АН СССР, сер. биол. М. 1978. – С.635-638.
10. Зотиков В.И., Голопатов М.Т. и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха // Методические рекомендации. М. ФГНУ, «Росинфмагротех». 2009. – 36 с.
11. Гурьев Г.П. К вопросу о симбиотической азотфиксации у гороха в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012, №2. – С. 66-71.

INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS OF MEDIUM ON FUNCTIONING POD-RHIZOBIAL SYMBIOSIS OF PEAS

G. P. Gurjev

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Abstract: Role of such environmental factors as predecessors and influence of pests on formation of nodules on roots of peas and their further functioning in system of symbiotic nitrogen fixation. Winter wheat was the best predecessor for peas in comparison to black fallow. Indispensable condition of successful pod-rhizobial symbiosis is sitonas control also.

Keywords: peas, symbiotic nitrogen fixation, predecessor, sitonas.

УДК 575.164:575.174.5:631.527

*К 150-летию открытия законов наследственности
и 100-летию хромосомной теории*

СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ В ЭПОХУ ФАКТОРИАЛЬНОЙ КОНЦЕПЦИИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

А.А. СИНЮШИН, кандидат биологических наук

КАФЕДРА ГЕНЕТИКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

На примере гороха посевного кратко рассмотрены основные перспективы, открывающиеся для селекции по мере развития факториальной концепции наследственности. Проанализированы возможные последствия использования в селекции культуры принципов, действующих в природных популяциях. Обсуждается роль маркер-опосредованного отбора в выведении новых сортов.

Ключевые слова: горох посевной, эволюция, мутация, изоляция, факториальная концепция наследственности

На рубеже 150-летнего юбилея генетики логично выделить некоторые особенности ее развития и подвести итоги.

Вся история представлений о наследственности – это успешное применение методологического редукционизма: разделение сложных явлений на более простые компоненты. От представлений о «слитном наследовании» признаков и абстрактном «веществе наследственности» молодая наука проделала путь к познанию структуры гена и тонких молекулярных механизмов реализации генетической информации. Рождение генетики фактически реанимировало первоначальный дарвиновский эволюционизм, мучимый «кошмаром Дженкина», и современные представления об эволюции немыслимы без осознания закономерностей генетики.

Едва ли не самое ценное в классической работе Грегора Менделя «Опыты над растительными гибридами» – это демонстрация того, что наследование признаков связано с дискретными и неизменяемыми (в первом приближении) факторами, «задатками». Полвека спустя Вильгельм Иогансен назовет их генами, и все дальнейшее победоносное шествие генетики – это нарастающая детализация, выявление все более тонких – но доступных изучению – нюансов процесса передачи информации в живых системах. В работе Менделя родилась *факториальная гипотеза наследственности*, составляющая суть генетики и современной эволюционной биологии.

Достижения генетики во все времена становились достоянием и прикладных областей, среди которых на первом месте необходимо назвать селекцию. С другой стороны, именно селекция как никакой другой из родов человеческой деятельности вызывает интерес с точки зрения моделирования эволюционных событий, движущей силой делаая искусственный

отбор. Теоретические основы селекции были предметом неоднократных обобщений. Среди них хронологически и по смыслу одно из первых мест принадлежит труду Ч. Дарвина «Изменение животных и растений в домашнем состоянии» (1868 г.), русский перевод которого был опубликован раньше английского оригинала (1867 г.) [1] – исторический курьез, в котором при желании можно усмотреть некоторую символичность.

Настоящая работа призвана вкратце рассмотреть основные перспективы, открывающиеся перед селекцией в свете современного состояния факториальной концепции наследственности. По соображениям юбилейного для генетики года и меры собственной компетентности автора, основная часть работы будет проиллюстрирована примерами из генетики и селекции гороха (*Pisum sativum* L.) – объекта, с которого начиналась генетика как самостоятельная дисциплина.

Роль мутаций в селекции культуры

Грегор Мендель не занимался экспериментальным получением мутаций: он просто взял для работы уже имевшиеся в распоряжении фермеров формы гороха. Это означает, что по крайней мере семь рецессивных морфологических (и очевидно, спонтанных) мутаций уже активно использовались в селекции этой культуры.

Одомашнивание гороха, как и любой культуры, началось с закрепления в его генотипе нескольких спонтанных мутаций, которые сделали возможным сам процесс доместикации. Среди них особенное значение имеют те, которые нарушают нормальные для дикого гороха свойства: вскрывание боба с разбрасыванием семян, длительный период покоя семян, обильное ветвление, развитие толстой и плохо проницаемой для воды семенной кожуры, особенности фотопериодизма [2]. Позднее к этому списку добавились некоторые «менделевские» мутации: нарушение нормальной антоциановой окраски цветка, укороченный стебель, морщинистые семена, зеленая окраска семядолей [3]. Некоторые особенности характерны только для определенных направлений селекции – к ним относятся, например, рецессивные мутации *p* и *v*, нарушающие образование пергаментного слоя в бобе овощных сортов. Для некоторых селекционных центров определенные мутации стали частью профессионального «стиля» – например, многие сорта гороха селекции ВНИИЗБК (г. Орел) несут мутацию *def*, вызывающую прирастание семяножки к семенной кожуре. Большое значение имеют мутации, повышающие устойчивость к патогенам.

Этот список можно было бы продолжать – но недолго. Назовем две важные особенности использования морфологических мутаций в селекции гороха.

1. Из нескольких сот известных у гороха мутаций (как спонтанных, так и индуцированных) в селекции использованы лишь несколько десятков.

2. Все без исключения названные мутации охарактеризованы **на факториальном уровне** очень точно: известна их хромосомная локализация, а для некоторых – и молекулярная структура гена, включая собственно природу мутантного аллеля (нуклеотидная замена, вставка/выпадение фрагмента и т.д.).

Ниже рассмотрим следствия из этих наблюдений.

Влияние морфологических мутаций на приспособительную ценность фенотипа

Селекция с использованием морфологических мутаций идет методом проб и ошибок. Так, были созданы – но не получили распространения и в итоге утратили значимость – сорта с наследственно закрепленной фасциацией побега (например, отечественный сорт Штамбовый 2). Внедренная в генотип британского сорта Filby мутация *st*, приводящая к редукции прилистников, более не была использована в селекции, так как вызывает уменьшение фотосинтезирующей поверхности.

По мере исторического развития селекции, сорта гороха включают в свой генотип все большее количество морфологических мутаций. На материале сортов гороха двух отечественных селекционных центров, ВНИИССОК и ВНИИЗБК, показана эта зависимость (рис. 1 А). Однако, при увеличении числа рецессивных морфологических мутаций в генотипе отмечается негативный эффект, который выражается в некотором снижении фертильности пыльцы (рис. 1 Б) и выполненности боба (рис. 1 В). Этот феномен требует глубокого

изучения с привлечением более широкого спектра сортов и линий, но тенденция обращает на себя внимание.

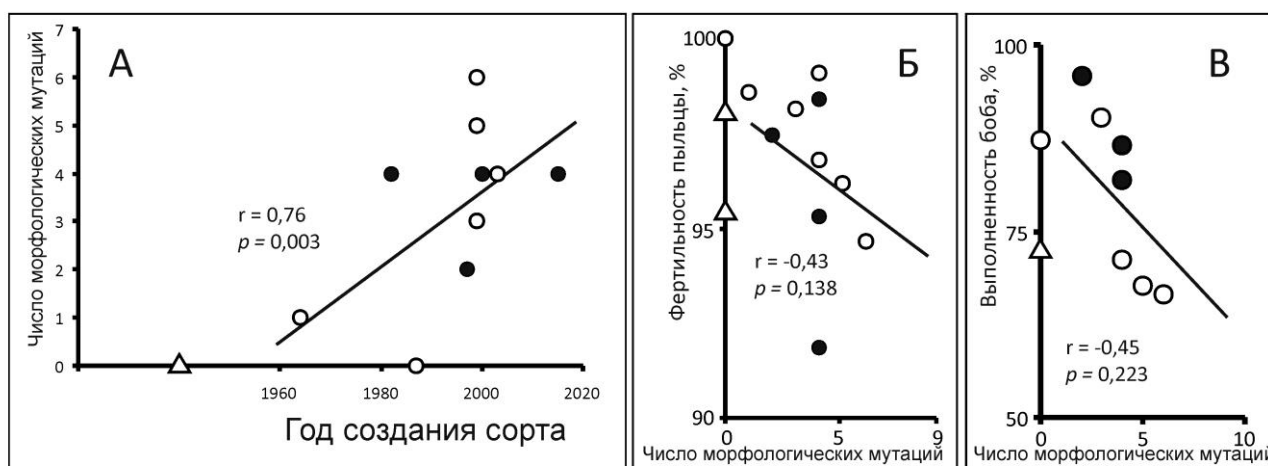


Рис. 1. Динамика накопления морфологических мутаций в генотипах отечественных сортов (А) и влияние этого процесса на фертильность пыльцы (Б) и выполненность бобов (В). Черными точками показаны сорта селекции ВНИИССОК, белыми – сорта ВНИИЗБК. Для сравнения взяты неокультуренные формы гороха, показанные треугольниками. Приведены коэффициент корреляции (r) и p -значение.

Фенотип каждого мутанта, имеющего потенциальную хозяйственную ценность, должен быть детально описан. Методологическая проблема работы с горохом (и, пожалуй, со всеми модельными объектами генетики) – очень слабая изученность фенотипа, особенно нормального. Мы очень мало знаем об изменчивости нормы и о том, какие последствия влечет за собой включение в генотип даже единственной мутации, которая, как кажется, нарушает развитие лишь одного органа (например, изменяет окраску венчика).

В этом смысле показательно, что практически все наследственные заболевания у человека, за которыми стоят конкретные мутации, классифицируют как *синдромы* – совокупности симптомов с общим патогенезом. Это связано исключительно с тем, что нормальный фенотип человека изучен по сравнению с другими видами очень хорошо, разработаны методики его описания и диагностики нарушений.

В свете этого необходимо тщательно изучить все возможные фенотипические проявления хозяйственно-ценных мутаций гороха. Так, формы с высоким «биоэнергетическим потенциалом» имеют сочетания рецессивных мутаций, которые изменяют морфологию листа. В первом приближении можно было бы ожидать повышение продуктивности как следствие увеличение площади фотосинтезирующей поверхности: это относится к двойным мутантам *af tac^A* (рассеченнолисточковый фенотип), *af uni^{tac}* (морфотип хамелеон), *af tl* (многократно непарноперистый морфотип).

При изучении двойного мутанта *af tac^A* («Рас-тип») в сравнении с контролем (усиковый сорт Батрак, *af TAC^A*) нами получены предварительные данные, которые указывают на ограниченность применения рассеченнолисточкового морфотипа в селекции. Так, характеристики фотосинтеза в видоизмененных листочках у формы «Рас-тип» сходны с таковыми в нормальных листочках и превышают параметры усиков. Однако на более поздних стадиях листа «Рас-типа» начинают уступать усикам сорта Батрак, т.е. высокая эффективность фотосинтеза оказывается недолговечной [5]. Первый раунд изучения накопления биомассы и испарения воды на ранних стадиях (полное развитие 4-5 листьев) показал, что у мутанта «Рас-тип» формируется *меньшая* биомасса, чем у сорта Батрак, причем ценой потребления достоверно *большого* количества воды [6]. На обеих сторонах прилистников мутанта «Рас-тип» устьиц достоверно больше (в среднем более чем в 2 раза),

чем у сорта Батрак [7]. Эти интересные результаты во многом пока остаются неопубликованными, однако очевидно, что область применимости нового морфотипа существенно уже, чем у исходного сорта. Можно прогнозировать, что он будет более чувствителен к водному дефициту. Аналогичное заключение было сделано и в отношении двойных мутантов *af tl* [8].

Не касаясь последствия этих мутаций для жизнеспособности растения (очевидно, это последствие негативно), можно заключить, что и в селекции их ценность ограничена. Напрашивается аналогия с далеко зашедшей в ходе естественного отбора специализацией, когда адаптивный диапазон сужается, и выход за его пределы грозит элиминацией соответствующих генотипов. Морфологические мутации гороха и других объектов – это интересный материал для генетики развития уже потому, что они *никогда* не подвергались действию естественного отбора, они лишь иллюстрируют «число степеней свободы» той или иной структуры. Так, у разных мутантов вместо лепестка может развиваться тычинка, чашелистик, плодolistик – но это не имеет никакого адаптивного значения, а лишь информативно в плане установления морфогенетических закономерностей.

То, что новые мутации не прошли через «сито» естественного отбора, – скорее аргумент против их использования в селекции просто потому, что их жизнеспособность и адаптивный диапазон могут существенно уступать таковым у форм, существующих в дикой природе или хотя бы длительное время бывших «в обороте» селекции.

В рамках концепции ароморфозного направления в селекции [4] была высказана идея о том, что повышение жизнеспособности форм, содержащих в генотипе морфологические мутации, должно происходить путем формирования комплекса компенсаторных генов (ККГ) по аналогии с тем, как это предположительно происходит в условиях естественного отбора. Рассмотрим возможность подобного процесса применительно к искусственному отбору у гороха.

Если полагаться исключительно на спонтанное мутирование, то имеющиеся данные указывают на крайне редкую частоту подобного события. У человека вероятность возникновения спонтанных мутаций, усредненная для нескольких локусов, составляет $2,88 \times 10^{-5}$ мутаций на локус на поколение; у дрозофилы оценки сходны – $7,48 \times 10^{-7}$ мутаций на локус на поколение [9: 33-35]. К.К. Сидорова [10] приводит данные о том, что у зернового сорта гороха Торсдаг без обработки мутагенами доля растений с вновь возникшими морфологическими и хлорофильными мутациями составляет около $2,00 \times 10^{-4}$. Очевидно, что в эту категорию попадают спонтанные мутанты по сотням (или даже тысячам) генов, имеющие хорошо отличимый фенотип. При пересчете на один локус значение оказалось бы куда меньше.

Предположим, что в простейшем случае ККГ состоит всего из одного гена – вернее, одной мутации, поскольку в большинстве случаев в результате мутаций возникают не новые гены, а новые аллели уже существовавших генов. Допустим, у гомозигот *aa* негативное действие какой-то уже имеющейся мутации (например, *tac^A*) компенсируется полностью. Если вновь возникшая мутация возникает спонтанно как рецессивная у одного растения в выборке из десяти растений с генотипом *AA tac^A tac^A* (понятно, что это очень умозрительные величины), получаем соотношение в этой модельной популяции $9/10 AA tac^A tac^A$: $1/10 Aa tac^A tac^A$. Чтобы рецессивная мутация проявилась в фенотипе, она должна оказаться в гомозиготе. При условии строгого самоопыления уже в следующем поколении появятся гомозиготы *aa*: в популяции соотношение генотипов будет иметь вид $37/40 AA$: $2/40 Aa$: $1/40 aa$ (все гомозиготы по мутации *tac^A*). Чтобы на практике обнаружить хотя бы одно растение с генотипом *aa tac^A tac^A*, минимальный размер выборки должен составить $\lg(0,05)/\lg(1-1/40)$, т.е. примерно 118 растений¹.

¹ Последовательное применение факториальной концепции позволяет прогнозировать результаты скрещиваний с математической точностью. Аналогично с приведенным расчетом, можно определить причины редкости получения люпиноидов с рассеченными листочками (*af det fa tac^A*) или с листом хамелеон (*af det fa uni^{tac}*). Так, среди гибридов F_2 от скрещивания люпиноидов с нормальным листом (*AF det fa TAC^A*) и хамелеонов с нормальным соцветием (*af DET FA tac^A*) ожидаемая частота требуемого фенотипа – гомозиготы по 4 мутациям – составит $1/4^4$ (0,39 %), а минимальный размер популяции F_2 должен быть около 765 растений.

Эта величина кажется небольшой, однако необходимо учесть несколько обстоятельств:

1. Частота спонтанного мутирования *конкретного* гена очень мала (см. выше).

2. Не любая мутация гена может привести к изменению его функции; возможны мутации в некодирующих областях (интронах) или синонимические замены (изменения в последовательности нуклеотидов, не приводящие к изменению последовательности аминокислот в белковом продукте).

3. Гипотетический ККГ может включать не только один, но и большее количество генов, каждый из которых должен мутировать.

4. Чтобы оценить «компенсирующее» влияние мутации на проявление количественного признака (количество накопленной биомассы, потребление воды, скорость испарения, и даже просто продуктивность), необходим детальный анализ *каждого* растения с учетом всех соображений корректного статистического подхода.

Определенные надежды возлагаются на мутации в гетерозиготе – у гетерозигот по индуцированным мутациям часто наблюдается гетерозис [10]. Однако у самоопылителя доля гетерозигот будет неуклонно снижаться. Несложный расчет показывает, что в поколении F_n , полученном от самоопыления растений поколения F_{n-1} , частота гетерозигот будет составлять $p_n = p_0 \times 2^{-n}$, где p_0 – начальная частота гетерозигот. Чем меньше доля редкого генотипа в популяции, тем выше вероятность его утраты за счет случайных причин.

В свете этих соображений, время ожидания того момента, когда ККГ сформируется за счет спонтанных мутаций, приобретает астрономические масштабы, а выявление этого события требует невообразимых трудозатрат. Будь иначе, *любая* не летальная мутация успешно «собирала» бы некий компенсаторный комплекс, который поддерживал бы генотип с ее участием.

Вероятность появления необходимых мутаций можно повысить с применением индуцированного мутагенеза, но и в этом случае мутации возникают в произвольных местах генома, и все вышеперечисленные ограничения остаются актуальными.

Другим, более эффективным источником аллелей для формирования ККГ мог бы стать весь генофонд культивируемого гороха. В природных популяциях перекрестно опыляемых растений устанавливается близкая к панмиксии (свободному скрещиванию) ситуация, когда в каждом поколении за счет преимущественно комбинативной изменчивости возникают новые генотипы. Эти генотипы сразу оказываются под селективным давлением естественного отбора. Вновь возникающие мутации, если не элиминируются, быстро «становятся достоянием» всей популяции. Если ККГ реально возможен, таким путем он мог бы формироваться более эффективно. Однако горох является почти исключительно самоопылителем, и для него эти процессы затруднены даже в природных популяциях. Сортопопуляции обычно достаточно выровнены генетически, и состав аллелей в них варьирует в очень небольших пределах. Кроме того, в рамках концепции ароморфозного направления указывается на необходимость «*изоляции*» от существующей мегапопуляции возделываемого гороха» [4: 16]. Данная концепция предполагает сведение роли комбинативной изменчивости к минимуму. Вклад мутационного процесса в становление ККГ рассмотрен выше.

«Свободные» гены, гипотетически способные оптимизировать гибридный геном [4], могли бы иметь значение при макроэволюционных событиях. Можно предположить, например, что гены предковой группы рептилий, имевших конечности, у различных безногих рептилий (некоторых ящериц, змей, амфисбен) приобретают иные функции. Однако в пределах одного вида едва ли остаются гены, которые были бы постоянно активны у одних разновидностей (в том числе видов) и постоянно неактивны – у других. Речь в этом случае не идет о мутантных аллелях. Так, не существует «генов формы семян» у овощных сортов гороха. Есть локус V группы сцепления, который может быть «занят» или функциональным аллелем R , или нефункциональным r . Доминантный аллель кодирует нормальный по структуре и функции фермент, образующий 1,6-связи в молекуле крахмала. У форм с морщинистыми семенами в том же локусе находится рецессивный аллель r ,

неспособный к выполнению нормальной функции. В результате этого дефекта не образуется нормальный крахмал-разветвляющий фермент, крахмал в семенах формируется в виде коротких олигосахаридных цепочек, и при высыхании семена сморщиваются. Эта мутация была первой «менделевской», идентифицированной у гороха на молекулярном уровне [11]. Таким образом, у конкретного сорта присутствует или хотя бы одна функциональная копия гена (**RR** или **Rr**), или ни одной (**rr**). Функция или выполняется нормально, или нет – но нет возможности «перевербовки» гена в пределах одного вида.

Определенный вклад в «адаптации» генотипа к мутациям, снижающим жизнеспособность, могут вносить эпигенетические события – например, модификации ДНК и гистонов, не связанные напрямую с изменением нуклеотидной последовательности. Однако они нестабильны, во многом зависят от условий среды и легко обратимы.

Особенности динамики генетического разнообразия у культивируемого гороха

За тысячелетия возделывания гороха накоплено значительное разнообразие его форм. Динамика генетического полиморфизма во времени для этой культуры имеет ряд особенностей, которые в целом плохо сводимы к известным для природных популяций закономерностям.

Процесс создания сорта ориентирован на получение сколь возможно чистой линии, т.е. однородного в генетическом плане материала. При помощи контроля над однородностью, отличимостью и стабильностью удастся добиться фенотипического единообразия – по крайней мере, по качественным признакам. Большинство возделываемых сейчас сортов гороха содержат значительное число рецессивных мутаций, и привнесение в их генотип новых аллелей (например, за счет редких событий перекрестного опыления) с высокой вероятностью приведет к выщеплению новых – нехарактерных для первоначального сорта – фенотипов.

На молекулярном уровне добиться полной гомозиготности генома по всем локусам и однородности сорта представляется трудно выполнимой задачей. Скорее всего, большинство локусов (но не все) представлено единственным аллелем. Если за счет изначальной неоднородности материала, спонтанного мутирования или заноса какие-то локусы переходят в гетерозиготное состояние (например, появляется новый аллель), то при условии самоопыления доля гетерозигот остается малой, а частота гомозигот по каждому из аллелей возрастает.

Если доля растений с редкими аллелями в популяции невелика, то случайные колебания численности могут привести к полной элиминации этих аллелей, как это происходит в природных популяциях за счет генетического дрейфа.

Для ряда культур накоплены обширные данные о динамике генетического разнообразия. Так, для ячменя показано, что «селекция, направленная на создание генетически однородных сортов, приводит к утрате внутрисортного и аллельного разнообразия на ареале... налицо элементы генетической эрозии» [9: 351-394]. Аналогичная тенденция показана и для пшеницы, между сортами которой по мере исторического развития возрастает степень генетического сходства. Это связано с использованием «в селекционных центрах ограниченного набора выдающихся по урожайности сортов» [9]. И пшеница, и ячмень – преимущественно самоопылители, поэтому отмеченную динамику можно считать присущей и гороху.

Таким образом, от года к году вероятность «сборки» ККГ для новой мутации из генофонда культурных форм гороха даже при условии нарушения изоляции снижается. Если гипотетический ККГ не существует уже в генотипе сорта, в котором морфологическая мутация была получена, то шансы сформировать его путем комбинативной изменчивости с привлечением «внешних ресурсов» также невелики.

Проиллюстрировать динамику изменчивости внутри одного сорта можно на следующем примере. В ходе работы [12] изучали ДНК-полиморфизм в пяти образцах одного и того же сорта Filbu, полученных из разных источников: ВНИИЗБК, ВИР, John Innes Centre (Великобритания), коллекция кафедры генетики МГУ – репродукции 2010 и 1993 г. (в

последнем случае ДНК выделяли из невсхожих семян). Каждый образец включал по 20 растений, морфологически все изученные растения были сходны. Для анализа использовали 6 микросателлитных маркеров, каждый из которых характеризует по одному уникальному неcodирующему локусу с известной хромосомной локализацией. Для 4 маркеров все образцы оказались гомозиготами по единственному аллелю, в 2 случаях наблюдали полиморфизм. Частоты аллелей приведены в таблице.

Таблица

Частоты аллелей ДНК-маркеров в пяти образцах сорта Filby. Буквенные обозначения аллелей присвоены условно

Маркер	Аллель	Образец				
		МГУ-2010	МГУ-1993	ВИР	ВНИИЗБК	ЛС
AD141	A	1,00	0,570	0,95	1,00	1,00
	B	0,00	0,185	0,00	0,00	0,00
	C	0,00	0,185	0,05	0,00	0,00
AA430942	A	1,00	0,55	0,91	0,98	1,00
	B	0,00	0,45	0,09	0,02	0,00

Микросателлитные локусы принадлежат к числу высокополиморфных, их мутирование в основном связано с ошибками репликации при удвоении ДНК или неравным кроссинговером при мейозе. Эти локусы не кодируют никаких продуктов. Мутации в них происходят чаще, чем в генах, и могут быть легко выявлены с помощью ПЦР и электрофореза.

Приведенные в таблице данные показывают, что только две группы, МГУ-2010 и ЛС, представляют собой чистые линии в отношении изученных локусов. У остальных образцов наблюдается тот или иной уровень полиморфизма. За 17 лет поддержания в коллекции кафедры генетики произошло сокращение первоначального разнообразия, приведшее к фиксации единственного аллеля каждого локуса. По всей видимости, такой же процесс произошел и в коллекции John Innes Centre. Так как аллель «В» локуса AA430942 присутствует в четырех образцах из шести, сложно предположить, что он возник в результате мутаций независимо в 4 коллекциях. Скорее всего, имел место «эффект основателя»: исходный полиморфизм сорта Filby, созданного в Великобритании в 1978 г., сохранился в части коллекций, а в других фондах произошла эрозия разнообразия.

Важно отметить, что даже один сорт, воспроизводимый в разных коллекциях, не представляет собой единой популяции. Наблюдаются характерные последствия фрагментации первоначальной популяции: элиминация части аллелей в одних группах, изменение частот в других. Это еще в большей степени относится ко всему генофонду культивируемого гороха, воспринимаемому как единое целое. Единая «мегапопуляция» (термин из работы [4]) лишена признаков панмиксии, внутри нее существуют очевидные изоляционные барьеры. Обмен генетическим материалом происходит на стадии создания нового сорта (и, как это было показано выше на примере злаков, приводит к эрозии разнообразия), а вновь созданный сорт и даже его образцы в разных коллекциях представляют собой надежно изолированные популяции, в которых высока вероятность снижения полиморфизма. В таких условиях формирование ККГ для новых мутаций представляется сомнительным. Формам, которые человек отбирает в ходе селекции, (в том числе и новым листовым морфотипам) просто не из чего «соотбирать» - изящный термин Н.В. Тимофеева-Ресовского – «оптимальную генотипическую среду» (цит. по [4]). Это

связано, прежде всего, с тем, что закономерности селекции лишь отчасти могут быть сведены к тенденциям естественного отбора.

Приведенные доводы не являются чем-то принципиально новым, они логично вытекают из основ факториальной гипотезы наследственности и генетики популяций. Предположение, что для «выгодных» человеку мутаций эти тенденции будут иными, означает следование антропному принципу в одной из самых одиозных его формулировок: природа с ее законами существует исключительно на благо человека.

Маркер-опосредованный отбор в современной селекции

Альтернативой пассивному ожиданию «милостей от природы» может стать применение еще одной ценной возможности, которая открывается в русле факториальной гипотезы наследственности – маркер-опосредованного отбора (marker-assisted selection, MAS).

По мере изучения частной генетики гороха происходит идентификация на молекулярном уровне все большего числа его генов – в том числе имеющих большое значение в селекции. Если установлена нуклеотидная последовательность гена и природа мутации в нем, можно вести предварительный отбор не по фенотипу, а путем прямого генотипирования.

Приведем пример из селекции близкой культуры – бобов (*Vicia faba* L.). У этого вида, как и у гороха, известна мутация, которая в гомозиготе приводит к детерминантному типу роста (ДТР). Интересно, что мутации в сходном гене ответственны за ДТР и у других бобовых – гороха, фасоли, «голубинового гороха», вигны [13]. У бобов обнаружена мутация в гене **VfTFL1a**, ассоциированная с ДТР. С помощью ПЦР, обработки эндонуклеазой рестрикции и электрофореза можно точно установить генотип растения по этому локусу на любой стадии – даже у проростков, у которых еще не произошло заложение соцветия. Эти процедуры стали рутинными во всем мире. С их применением реально пройти путь от выделения ДНК из растительного материала до однозначного генотипирования нескольких сотен образцов за один рабочий день. По итогам анализа можно уверенно сказать, какие из растений гибридной популяции проявят признак ДТР, какие гетерозиготны по этому локусу, а какие – гомозиготны по доминантному аллелю. В результате, возможно осуществить выбраковку части материала, сэкономив время, усилия и посевную площадь.

У гороха было независимо получено две мутации по одному и тому же гену (**det**), которые приводят к ДТР [15]. На молекулярном уровне они еще не идентифицированы (сейчас нами ведется эта работа), но, как только это будет сделано, можно будет осуществлять маркер-опосредованный отбор по этому локусу.

Это относится не только к морфологическим признакам, но и, например, к признакам устойчивости к патогенам. Например, были идентифицированы ДНК-маркеры, сцепленные с локусами, которые контролируют устойчивость к фузариозу, мучнистой росе и вирусу обыкновенной мозаики [14]. Отбирая по этим маркерам, можно создать линии с высоким уровнем устойчивости, фактически не прибегая к отбору по фенотипу по степени зараженности.

Во многих случаях природа целевого гена неизвестна. Это часто относится к так называемым локусам количественных признаков (ЛКП, quantitative trait loci, QTL). Однако, если положение такого локуса на генетической карте установлено (для очень многих признаков гороха это именно так), то можно вести маркер-опосредованный отбор по маркерам, сцепленным с этим локусом (рис. 2). Применение молекулярных маркеров имеет множество известных плюсов – в частности, возможность генотипирования на любой стадии.

Большое значение имеет скорейшая идентификация локусов, которые не имеют самостоятельного фенотипического проявления, но модифицируют выраженность других признаков. Известно, например, что ценная в селекционном плане мутация *determinate habit* (**deh**) в разной степени проявляется на фоне разных генотипов [15]. Другая мутация детерминантного типа роста, *determinate* (**det**), у разных линий приводит к образованию 2 или 3-5 пазушных соцветий [15]. Важная задача состоит в том, чтобы свести анонимные формулировки типа «ряд генов-модификаторов», «компенсаторный комплекс» или

«генотипическая среда» к конкретным факторам, которые можно анализировать статистическими методами и в отношении которых можно вести маркер-опосредованный отбор.

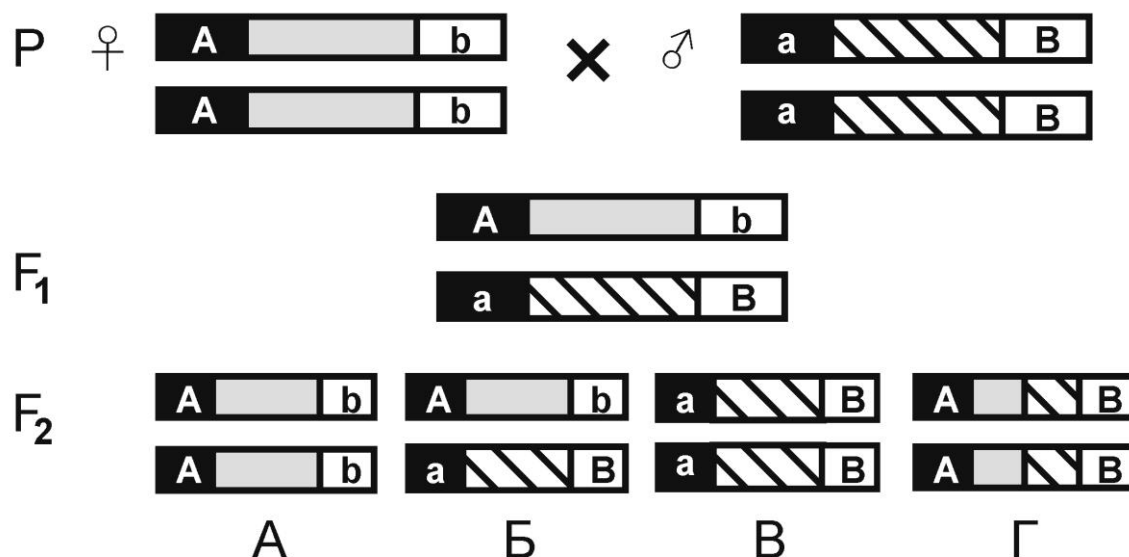


Рис. 2. Схема маркер-опосредованного отбора. Материнское растение несет ценный вариант локуса количественного признака (ЛКП, показан серым), который сцеплен с двумя маркерами (генотип по ним – AAbb). Отцовское растение является донором ценного качественного признака, но лишено необходимых аллелей ЛКП (локус выделен штриховкой); генотип по сцепленным маркерам aaBB. Можно оценить чистоту гибридов F₁, проведя генотипирование по одному из двух маркерных локусов и выбраковав гомозиготы. В расщепляющейся популяции F₂ необходимо отобрать для дальнейшей работы растения, унаследовавшие морфотип от отцовского растения и генотип по ЛКП – от материнского (A, генотип AAbb). Гетерозиготы (AaBb, Б), гомозиготы по отцовским аллелям (aaBB, В) и различные генотипы, возникшие вследствие кроссинговера внутри ЛКП (например, AABB, Г), могут быть выбракованы, не прибегая к анализу фенотипа по количественному признаку.

В современной генетике человека проблема моногенных и наследующихся по менделевским закономерностям патологий уже фактически закрыта. У подавляющего большинства таких заболеваний уже известна молекулярная основа, гены и мутации в них идентифицированы, разработаны простые тест-системы, определяющие генотип пациентов. Такая же простота и точность анализа – цель генетики растений, ориентированной именно на практические приложения.

К настоящему времени число идентифицированных на молекулярном уровне генов гороха неуклонно растет, этому способствует получение нуклеотидных последовательностей (секвенирование) полных геномов родственных бобовых – люцерны, лядвенца, нута, «голубинового гороха», арахиса. В ближайшее время будет завершен идущий полным ходом проект по секвенированию генома гороха, и селекция получит действенный инструмент для еще более эффективного применения на практике достижений факториальной гипотезы наследственности.

Заключение

Противостояние нарастающей нехватке продовольствия возможно лишь с усовершенствованием подходов к селекции. При современном уровне развития генетики, молекулярной биологии и биотехнологии селекция должна стать процессом с гарантированно положительным результатом, который зависит не от случайной возможности, интуиции селекционера или иных плохо формализуемых причин.

Представления о физиологических механизмах основных процессов растения, генетических факторах, регулирующих эти механизмы, характере взаимодействия между ними и внешней средой способны сделать селекцию еще более продуктивной. Современная биология располагает множеством инструментов для этого – от маркер-опосредованного отбора до трансгенеза. Основы для такого совершенствования были заложены 150 лет назад одновременно с рождением генетики – в виде факториальной концепции наследственности.

Автор благодарит А.С. Белякову за плодотворное обсуждение работы, а также замечания по тексту рукописи.

Литература

1. Галл Я.М. Владимир Ковалевский как переводчик и издатель труда Чарльза Дарвина «The variation of animals and plants under domestication» // Вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11. – С. 40-44.
2. Weeden N.F. Genetic changes accompanying the domestication of *Pisum sativum*: Is there a common genetic basis to the “domestication syndrome” for legumes? // Ann. Bot. – 2007. – V. 100. – P. 1017-1025.
3. Ellis T.H.N., Hofer J.M.I., Timmerman-Vaughan G.M., Coyne C.J., Hellens R.P. Mendel, 150 years on // Trends Plant Sci. – 2011. – V. 16. – P. 590-596.
4. Зеленов А.Н. Основные положения концепции ароморфозного направления в селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №2. – С. 12-20.
5. Avercheva O.V., Sinjushin A.A., Zelenov A.N. A spontaneous mutation in a semi-leafless pea cultivar restores leaflet formation and improves photosynthetic function. – VI International Conference on Legumes Genetics and Genomics (Hyderabad, India, October 2-7, 2012). Program and abstract book. – P. 391.
6. Belyakova A.S., Sinjushin A.A. Gene *TENDRILLED ACACIA-A* affects leaf development in pea and may have practical contribution // Research in Plant Genetics (from Mendel's Peas to Present). Abstracts for poster session (September 7-10, 2015, Brno, Czech Republic). – Brno: Masarykova univerzita, 2015. – P. 3.
7. Кривошеева И.А. Изучение роли гена *TENDRILLED ACACIA-A* в развитии листа у гороха посевного (*Pisum sativum* L.). Курсовая работа (рукопись). – М.: МГУ, 2014. – 28 с.
8. Зеленов А.Н., Наумкина Т.С., Щетинин В.Ю., Задорин А.М., Зеленов А.А. Достоинства и перспективы использования многократно непарноперистой формы гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №3. – С. 12-19.
9. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / Под ред. Ю.П. Алтухова. – М.: Наука, 2004. – 619 с.
10. Сидорова К.К. Генетика мутантов гороха. – Новосибирск: Наука, 1981. – 168 с.
11. Синюшин А.А. Горох Грегора Менделя 150 лет спустя: судьба первых семерых // Потенциал. – 2015. – В печати.
12. Калегина А.В. Изучение последствий изоляции в сортопопуляциях гороха посевного (*Pisum sativum* L.) с использованием молекулярных маркеров. Курсовая работа (рукопись). – М.: МГУ, 2012. – 45 с.
13. Sinjushin A.A. Mutations of determinate growth and their application in legume breeding // Legume Perspectives. – 2015. – V. 6. – P. 14-15.
14. Dirlewanger E., Isaac P.G., Ranade S., Belajouza M., Cousin R., de Vienne D. Restriction fragment length polymorphism analysis of loci associated with disease resistance genes and developmental traits in *Pisum sativum* L. // Theor. Appl. Genet. – 1994. – V. 88. – P. 17-27.
15. Кондыков И.В., Зотиков В.И., Зеленов А.Н. Кондыкова Н.Н., Уваров В.Н. Биология и селекция детерминантных форм гороха. – Орел: Картуш, 2006. – 119 с.

PLANT BREEDING IN SCOPE OF THE FACTORIAL CONCEPT OF HEREDITY

A.A. Sinjushin

M.V. LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

Abstract: The main perspectives of progressive development of the factorial concept of heredity in breeding are briefly reviewed and illustrated with an experience of a garden pea. Possible consequences of usage of principles initially formulated for natural populations in pea breeding are analyzed. Role of marker-assisted selection in production of new cultivars is discussed.

Keywords: garden pea, evolution, mutation, isolation, factorial concept of heredity.

КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ А.А. СИНЮШИНА «СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ В ЭПОХУ ФАКТОРИАЛЬНОЙ КОНЦЕПЦИИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ»

Поводом для написания настоящего комментария послужила присланная в редакцию журнала «Зернобобовые и крупяные культуры» статья А.А. Синюшина (МГУ им. М.В. Ломоносова) «Селекция растений в эпоху факториальной концепции наследственности». В рецензии по некоторым положениям статьи А.А. Синюшина были сделаны замечания, с которыми автор не согласился. По заключению редколлегии и взаимной договорённости автора статьи и рецензента приглашаем читателей журнала «Зернобобовые и крупяные культуры» к дискуссии по данному вопросу.

В преддверии двух юбилейных дат в истории генетики А.А. Синюшин в своей статье попытался показать «основные перспективы, открывающиеся перед селекцией в свете современного состояния факториальной гипотезы [концепции] наследственности». По гороху, в частности, большие надежды возлагаются на интенсивно ведущиеся исследования по расшифровке генома сорта Камеор. Генетика – достаточно сильное, высокоточное оружие для селекции (говорю это без иронии). Использовать его нужно после предварительной разведки и выявления наиболее острых проблем. Применительно к затронутой теме должны быть проанализированы достижения селекции и выявлены накопившиеся проблемы. Вместо этого в статье А.А. Синюшина, пожалуй, центральное место занимает комментарий моей статьи «Основные положения концепции ароморфозного направления в селекции гороха» («Зернобобовые и крупяные культуры», № 2, 2015. – С. 12-20) и анализ возможности использования в этом направлении форм гороха с нетрадиционным строением листа и соцветия.

Какие, с нашей точки зрения, главные проблемы в селекции гороха существуют в настоящее время? **Первая** – «селекция гороха на урожайность семян путём увеличения уборочного индекса и использования семенами элементов питания свои возможности почти исчерпала. В этой связи, дальнейший прогресс представляется наиболее успешным путём увеличения общей биологической продуктивности растений» [1]. **Второе** – в процессе длительной селекции снижается содержание белка в семенах. Если в образцах мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова в 1937 г. минимальное содержание белка в семенах составляло 22 %, в 1979 – 18,6 %, в 2014 – 17,0 %.

Причина состоит в том, что на формирование 1 г белка затрачивается в два раза больше первичных продуктов ассимиляции, чем на 1 г крахмала. Прогресс в селекции на урожайность семян шёл за счёт уменьшения в них накопления белка. Если взять крайние показатели, то содержание белка в «крахмалистых» культурах – овсе, ячмене – почти такое же, как и в «высокобелковом» горохе. **Третье** – снизилась устойчивость гороха к биогенным и абиогенным стрессорам. От первых спасает химия, но это дополнительные затраты и ухудшение экологии. Гены устойчивости к болезням и вредителям, адаптивности к условиям возделывания для своего функционирования также нуждаются в повышении биоэнергетического потенциала [2], который, как показали исследования на многих культурах, в том числе и на горохе, почти не изменяется в процессе длительной селекции. Его стабильность определяется тем, что «идиотип высших растений, в том числе и культивируемых, – это высокоинтегрированная система, в которой основные адаптивные, включая и хозяйственно ценные, признаки контролируются коадаптивными блоками генов, весьма устойчивым к мейотической рекомбинации» [3]. Для новых морфотипов остро стоит проблема неоплегаемости.

Н.И. Вавилов обращал внимание на то, что организм «не мозаика признаков, в которой можно заменять одни звенья на другие» [4]. «Геном – не мешок с бобами – генами» – неоднократно повторял А.А. Жученко. «Генетическая трансформация гороха весьма

затруднена», – констатирует О.Э. Костерин [5]. Наши исследования с горохом подтверждают такие выводы. Но это не только не опровергает положения факториальной гипотезы (концепции) наследственности, а, наоборот развивает её.

Ключевым моментом продукционного процесса является фотосинтез. Приоритетную роль в фотосинтезе играет лист. В.Л. Комаров (1961) отмечал, что среди высших растений листья семейства Бобовых являются наиболее развитыми: «Такие сложные листья, как листья гороха, акации и массы других бобовых со свободным движением отдельных частей, с организованным отводом продуктов ассимиляции из тканей (мякоти) в ситовидные трубки и пр., являются наиболее совершенным выражением эволюции листа. От листа плауновых до листа гороха пройдет сложный и долгий путь, приведший к выработке пластичного, сообразно условиям среды аппарата фотосинтеза». В процессе усовершенствования этого совершенного органа были получены форма с ярусной гетерофиллией (хамелеон), рассечённолисточковая, дважды непарноперистая с усиками формы. Вместе с многократно непарноперистой и дважды непарноперистой без усиков формами они показали высокую интенсивность фотосинтеза [6], преимущество по ряду других параметров фотосинтеза [7, 8, 9]. Но между интенсивностью фотосинтеза и семенной продуктивностью корреляция крайне слабая. Необходимо оптимизировать весь продукционный процесс.

В этой связи вызывает удивление сделанный А.А. Синюшиным на основании *предварительных* данных изучения характеристик фотосинтеза рассечённолисточкового мутанта *очевидный* вывод об «ограниченности применения рассечённолисточкового морфотипа в селекции». Литературные данные по этому вопросу были в упор проигнорированы даже после замечания рецензента.

Тем не менее, упомянутые А.А. Синюшиным сведения по фотосинтезу и водному режиму Рас-типа заслуживают внимания, поскольку, как это ни парадоксально, они могут свидетельствовать о высокой интенсивности фотосинтеза, но недостаточной аттрагирующей активности семян. Вследствие этого транспортная система растения (проводящие сосуды) забивается продуктами ассимиляции, фотосинтез прекращается и, естественно, формируется меньшая масса. Уборочный индекс ($K_{хоз}$), коррелирующий с аттрагирующей активностью семян, у линий рассечённолисточкового морфотипа ниже, чем у Батрака.

Замечательно, что благодаря большому количеству устьиц Рас-тип обладает повышенной транспирацией. «Интенсивность транспирации положительно коррелирует со скоростью роста растений и накоплением биомассы. Активная транспирация также обеспечивает защиту растений от перегрева путём поддержания относительной стабильности температуры листа и может служить одним из показателей жаростойкости сорта» [10]. Важно, чтобы в почве была влага. Но корни гороха проникают на глубину до 1,5 м. Во ВНИИЗБК разработан способ оценки и отбора высокопродуктивных растений гороха по ростовым показателям на ранних этапах онтогенеза. На основе этого способа созданы и районированы листочковый сорт Темп и усатый Софья, отличающиеся высокой интенсивностью начального роста корня. Среди линий рассечённолисточкового морфотипа за 12 лет исследований не отмечено ни одной, которая реагировала на засуху в большей степени, чем стандартные сорта. Корневая система у рассечённолисточковых линий развита лучше, чем у сорта Батрак.

Об адаптивности диких форм, отселектированных временем культурных сортов гороха и новых мутаций. Несомненно, дикие формы обладают наиболее совершенными адаптационными свойствами, но их ареал – Ближний Восток, Закавказье, Афганистан. А культурные сорта возделываются на всех континентах, кроме Антарктиды, но, если так можно выразиться, в «симбиозе» с человеком. Априори новые мутации предназначаются для благоприятных условий выращивания. Смотри на рисунке 2 «Основных положений» зависимость прибавки урожая семян сорта Спартак от уровня плодородия почвы.

Удивительно было читать у доцента кафедры генетики МГУ им. Ломоносова критику предложенного кафедрой генетики МГУ им. Ломоносова способа получения у гороха комплекса компенсаторных генов (ККГ). Тем не менее, нельзя судить о возможности

формирования ККГ за счёт спонтанного мутирования, исходя из пресловутого принципа «средней температуры по больнице». Несколько фактов.

1. Ф. Бриггс и П. Ноулз (1972) сообщают данные Стадлера о частоте спонтанных генных мутаций у кукурузы, которая колеблется от 0 до 492 на миллион гамет.

2. К.К. Сидорова [11] приводит одно из положений И.И. Шмальгаузена: «Накопление мутаций, разрушающих регуляторный аппарат организма, само способствует дальнейшему возникновению новых мутаций. Мутирование, не ограниченное отбором, автоматически ведет к повышению самой мутабельности». И результатами своих исследований она подтверждает: «У большинства мутантных линий повышен темп естественного формообразовательного процесса. Это проявляется как на уровне перестроек хромосом [11, С. 145], так и на уровне видимых мутаций».

По нашим данным у обогащённого («отягощённого») рецессивными аллеями сорта Батрак частота хромосомных перестроек в 8 раз выше, чем у Торсдага.

3. Отмеченное А.А. Синюшиным снижение фертильности пыльцы в результате увеличения числа рецессивных мутаций в генотипе является следствием возрастания числа перестроек хромосом в мейозе. Эта зависимость мною отмечена ещё в 1972 г. [12]. А выполненность боба снижается в результате проявления закона компенсации Стеббинса: размер увеличивается – количество уменьшается. Взгляните внимательнее на параметры сортов Орловчанин и Мультик в «Основных положениях». Между крупностью семян и семенной продуктивностью в определенном интервале существует прямая положительная связь. Селекционеры использовали эту закономерность при выведении новых сортов, но число семян в бобе уменьшилось. На обширном материале это изучено А.В. Амелиным [13].

4. Высокая частота спонтанного мутирования отмечена у сорта гороха Мультик и серии выделенных из него мутантов (Зеленов А.Н. и др. «Непрерывная трансформация генома у гороха» // Доклады Россельхозакадемии, 2011. – № 5. С. 12-15). Обратная мутация $\underline{tl} \rightarrow \underline{Tl}$ у мутанта Агритек возникает при каждом репродуцировании. Мутация $\underline{Uni}^{tac} \rightarrow \underline{uni}^{tac}$ в мутанте Агритек была выявлена в теплице при выращивании всего 40 растений в 8 сосудах. Масштабы, отнюдь, не астрономические.

Известны высокомутирующие гены короткостебельности у ржи, сорго. У многих организмов существуют гены-мутаторы, увеличивающие частоту спонтанных мутаций. По метастабильным генетическим системам проведено несколько международных симпозиумов.

5. В обсуждаемой статье данные таблицы по частоте аллель ДНК-маркёров в образцах сорта Filby можно объяснить иначе. У этого сорта в 1993 г. по изученным локусам никакого разнообразия не было. Он был примерно таким же чистым, как в 2010 г. образцы МГУ-2010 и Центра Джона Иннеса. Но в процессе хранения под влиянием распада нуклеиновых кислот, белков и других веществ в стареющих в масштабах пакета или мешочка семенах накапливались автомутагены, которые привели к возникновению мутаций. Никакой эрозии не было. Если сохранились старые семена, сделайте вытяжку из них и из свежих семян и обработайте ими свежие семена любого сорта. Почувствуйте разницу.

Мутабельность старых семян впервые обнаружил М.С. Навашин (1933) на креписе и ржи, Ф.Н. Рето (1933) на ячмене и подтверждены на многих других культурах, включая горох. См.: Дубинин Н.П. Эволюция популяций и радиация. М.: 1966 – С. 122-123. Зеленов А.Н. Изучение естественного и экспериментального мутагенеза у незрелых семян гороха. Дисс..... канд. биол. наук М, 1969. – С. 9-11.

Иногда частота спонтанного мутирования резко возрастает в результате некоторых, чаще всего контрастных скрещиваний.

6. Возникновение гетерофилльной формы хамелеон в F_2 tendrilled acacia x Filby сопровождалось появлением хлорофилльных мутаций, стерильных растений, большим морфологическим разнообразием генотипов $\underline{af} \underline{af} \underline{uni}^{tac} \underline{uni}^{tac}$, в том числе без ярусной гетерофиллии.

7. При каждом скрещивании двух неаллельных усиковых акаций uni^{tac} и tac^A в F_2 появляются гомо- и гетерозиготные растения с усатыми листьями. Каков механизм их появления, если аллель af у родительских форм отсутствует? Но это факт!

8. С большим трудом и не во всякой комбинации удастся получить люпиноиды с рассечённолисточковыми или гетерофилльными листьями. При пересеве такие гомозиготы по 4 мутациям обычно «расщепляются» (!?) по этим аллелям. Математическая точность факториальной гипотезы (концепции) не соблюдается. При каждой комбинации в $F_2 - F_5$ высевали до 5 тысяч семян.

Таким образом, изложенные факты (а далеко и долго ходить не пришлось) свидетельствуют о возможности формирования ККГ в короткие сроки и на ограниченном пространстве. Исследования А.А. Струнникова на шелкопряде и кафедры генетики МГУ на горохе подтверждают это. Наконец, для ускорения формообразовательного процесса никто не запрещает использовать индуцированный мутагенез и/или «перевербовать» (хорошее выражение!) «свободные гены».

Панмиксию внутри вида у самоопылителей в глобальных масштабах в селекционных учреждениях при создании сортов селекционеры осуществляют без каких-либо затруднений. В родословных сортов и линий гороха ВНИИЗБК участвуют генисточники из регионов России от Орла до Омска, государств Европы от Белоруссии и Украины до Голландии и Великобритании с востока на запад и от Финляндии и Швеции до Италии и Франции с севера на юг, из Индии, Японии, Чили. Какой перекрёстник, населяющий в диком виде нашу планету переопыляется так широко! Вред эрозии генов нам известен, и мы его избегаем.

Для формирования новой, генетически отличимой, популяции, тем более нового вида **изоляция** – элементарный эволюционный фактор, без которого не возможен биологический прогресс. Но, как чёрным по белому, да ещё жирными буквами в «Основных положениях» записано, «прежде всего следует сформировать достаточно представительную коллекцию (популяцию) источников хозяйственно ценных признаков и свойств, обладающих изменённой архитектурой листа и повышенной продуктивностью биомассы». Не заметить эту фразу было нельзя.

Опытные селекционеры при создании сорта не ориентируются на получение возможно чистой линии. Это сужает его адаптивные возможности. Наоборот, из гибридных популяций они нередко отбирают несколько идентичных по апробационным признакам линий и объединяют их. ООС не придерётся. Почти все наши сорта гороха политипны по полипептидному спектру запасных белков семян.

Жизнеспособность и адаптивность не прошедших «сито» естественного отбора (какой может быть естественный отбор у культурных растений?) новых мутаций на практике продемонстрирована на примере допущенного к производству в 6 регионах России гетерофилльного сорта Спартак. В благоприятных условиях он показал рекордную урожайность – 6,23 т/га, на треть выше стандарта. И об этом тоже черным по белому написано в моей статье.

И в заключение – о профессиональном с точки зрения селекции гороха «стиле» нашего института. Аллель **def** – не наш профиль. Мы им занимались постольку, поскольку на определённом этапе так требовали. Кстати, как могли происходить оплодотворение яйцеклетки и приток ассимилятов в развивающееся семя, если до поры до времени семяножка не «прирастала» к семенной кожуре? Аллель **def** сохраняет первоначальную целостность ткани семяножки и семенной кожеры. Возникший около 400 миллионов лет назад, доминантный аллель **Def** в период созревания семян формирует разделительный слой между ними [14].

Профессиональный стиль нашего института в селекции гороха – большое генетическое и морфологическое разнообразие сортов, дивергенция хозяйственного использования, их широкая экологическая пластичность: украшенная пурпурными цветками Алла улыбается блондинке Софье. Полутораметровая листочковая Малиновка свысока смотрит на раннеспелого, но усатого Шустрика. Царственный Фараон и трудолюбивый

детерминант – Батрак с одинаковым усердием борются за урожай чуть ли не по всей России. Крупнозерному Орловчанину мелкой дробью аккомпанирует Мультик. Первенцу усатого морфотипа Норду радовались южане. Высокоамилозной Амиор с морщинистыми семенами, в которых не способный к выполнению нормальной функции рецессивный аллель *r* формирует энзимрезистентный крахмал; способный облегчить жизнь диабетиков. Подходишь к полю – растет горох, табличка: «Триумф», а вроде бы ничего особенного. Но, как говорил Козьма Прутков, зри в корень: все корешки облеплены клубеньками – триумф азотфиксации! С мечом в руке и со щитом прокладывает себе путь на поля гетерофильный Спартак. Наши сорта отмечены наградами ВДНХ, всероссийских и международных выставок, ярмарок, конкурсов. Они допущены к возделыванию (районированы) от Балтики до Тихого океана, были в числе лучших при испытании в Казахстане, Молдавии, Чехии, Германии, Швейцарии. Сорт Орловчанин был национальным стандартом Украины. Четыре сорта районированы в Белоруссии. А перспективный материал! И все это созданное десятилетиями великолепие свести к аллелю неосыпаемости!? Несправедливо!

И последнее. Научная этика предполагает уважительное отношение к результатам работы коллег. Снобизм в науке никогда не шел на пользу дела.

Литература

1. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха. Автореф. дис. ...доктора с.х. наук: 03.00.12. – Орел, 2002. – 46 с.
2. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. В трех томах. – М.: «Агрорус». – 2008, 2009.
3. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. – М.: «Агрорус». 2004. – 1110 с.
4. Вавилов Н.И. Критический обзор современного состояния генетики // Избранные сочинения. Генетика и селекция. – М.: «Колос», 1966. – С. 9-31.
5. Костерин О.Е. При царе горохе (*Pisum sativum* L.): непростая судьба первого генетического объекта // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2015. – 19 (1). – С. 13-26.
6. Панарина В.И. Эндо- и экзогенные факторы плод- и семяобразования у современных сортов гороха. Автореф. дис. канд. с.х. наук. – Орел, 2011. – 24 с.
7. Зеленов А.Н., Амелин А.В., Новикова Н.Е. Перспективы использования новой селекционной формы гороха хамелеон. // Доклады Россельхозакадемии, 2000. – № 4. – С. 15-17.
8. Зеленов А.Н., Зотиков В.И., Наумкина Т.С. и др. Биологический потенциал и перспективы селекции рассечёнолисточкового морфотипа гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2013. – № 4 (8). – С. 3-11.
9. Avercheva O.V., Sinjushin A.A., Zelenov A.N. A spontaneous mutation in a semi-leafless pea cultivar restores leaflet formation and improves photosynthetic function. – VI Int. Conf. on Legumes Genetics and Genomics (Hyderabad, India, Oktober 2-7, 2012), Program and abstract book. – P. 391.
10. Новикова Н.Е. Проблемы засохостойчивости растений в аспекте селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2012. – № 1. – С. 53-58.
11. Сидорова К.К. Генетика мутантов гороха. – Новосибирск: Наука, 1981. – 168 с.
12. Зеленов А.Н. Роль генотипа в естественном мутагенезе у гороха // Сб. Вопросы интенсификации сельскохозяйственного производства. М.: ТСХА, 1972. – С. 35-39.
13. Амелин А.В. Физиологические основы селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2012. – № 1. – С. 46-52.
14. Зеленов А.Н. О признаке неосыпаемости семян у гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2013. – № 2 (6). – С. 79-85.

А.Н. ЗЕЛЕНОВ, доктор сельскохозяйственных наук,

Заслуженный работник сельского хозяйства РФ

ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: Zelenov-a-a@yandex.ru

COMMENT TO THE ARTICLE OF A.A. SINJUSHIN «PLANT BREEDING IN SCOPE OF THE FACTORIAL CONCEPT OF HEREDITY»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ФАСОЛИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРЕПАРАТОМ ЭПИН-ЭКСТРА

О.Г. ВОЛОБУЕВА, кандидат биологических наук
ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А.ТИМИРЯЗЕВА

В условиях полевого опыта с растениями фасоли сортов Гелиада и Шоколадница изучали эффективность инокуляции семян этих растений при обработке препаратом эпин-экстра. Показана сортовая реакция растений на обработку препаратом эпин-экстра: наибольшей отзывчивостью характеризовался сорт фасоли Гелиада. В клубеньках растений этого сорта наблюдалось увеличение содержания цитокининов (ЦК), площади и количества бактериоидов, включений волютина и снижение площади и количества включений поли-β-оксимасляной кислоты (ПОМ).

Ключевые слова: фасоль, препарат эпин-экстра, ризоторфин, фитогормон, инокуляция, азотфиксация, включения поли-β-оксимасляной кислоты (ПОМ), волютин, бактериоиды.

Важным компонентом современных биотехнологий растениеводства является использование различных биопрепаратов и регуляторов роста. Использование регуляторов роста в повышении урожайности бобовых культур может рассматриваться в связи с активностью процессов азотфиксации. Эффективность данного приема, возможно, связана с тем, что клубеньковые бактерии продуцируют ростстимулирующие соединения. Функции биологически активных веществ, как гормонов-координаторов, обеспечивают растениям ростовую и метаболическую регуляцию и при правильной агротехнике – высокую продуктивность бобово-ризобиального симбиоза [1]. Регуляторы роста используются для ускорения прорастания семян, повышения урожайности, устойчивости к различным неблагоприятным факторам внешней среды [2]. В последнее время интерес исследователей вызывают регуляторы роста антистрессового действия. Одним из таких препаратов является эпин-экстра. Эпин-экстра – препарат группы брассиностероидов (БС), стимулирует рост и развитие растений, повышает устойчивость к различным стрессовым факторам, является экологически безопасным, высокоэффективным препаратом [3, 4].

Цель работы – изучение влияния предпосевной обработки семян препаратом эпин-экстра и биопрепаратом ризоторфин на содержание фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, эффективность симбиоза и ультраструктуру клубеньков растений фасоли разных сортов.

Материал и методика исследований

Полевые опыты проводили в ФГБНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур (Орловская область). Условия проведения опыта изложены ранее [5]. Объектами исследования были растения зерновой фасоли сортов Гелиада и Шоколадница. Семена растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница замачивали в течение 3 ч в растворе препарата эпин-экстра в концентрации 10^{-6} М, затем подсушивали, перед посевом обрабатывали ризоторфином. Варианты опыта: 1 – обработка семян ризоторфином, 2 – обработка семян эпин-экстра на фоне инокуляции ризоторфином. Повторность 4-кратная, расположение вариантов рендомизированное. Ризоторфин (*Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, штамм 700) получен во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург). Эпин-экстра – фитогормон широкого диапазона действия, действующее вещество эпибрассинолид (ЭПБ). Препарат Эпин-экстра был приобретен во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва).

Содержание фитогормонов (индолилуксусная кислота – ИУК, цитокининов – ЦК, абсцизовой кислоты – АБК) в листьях, стеблях, корнях с клубеньками определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по методике, разработанной в лаборатории регуляторов роста и развития сельскохозяйственных растений РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева [6]. Биологическую активность ГК (гибберелловая кислота)

определяли по росту гипокотилей салата сорта Берлинский, содержание – по калибровочной кривой, для построения которой использовали гибберелловую кислоту (Россия). Условия хроматографирования для определения фитогормонов изложены ранее [7]. Ошибка определения содержания фитогормонов не превышала 20 %. Содержание фитогормонов определяли в фазе цветения – период высокой азотфиксирующей активности фасоли. В процессе вегетации проводили фенологические наблюдения за динамикой роста и развития растений, учитывали массу и количество клубеньков. Активность нитрогеназы в клубеньках определяли на газовом хроматографе «Цвет-106» [8]. Для электронно-микроскопических исследований фиксацию клубеньков в глутаральдегиде проводили по методу [9]. Срезы получили на ультрамикротоме «LKB-3» (LKB, Швеция), контрастировали 1 %-ным водным раствором уранилацетата и 0,2 %-ным цитратом свинца. Их просматривали под электронным микроскопом «TEMSCAN 100CX2» (JEOL, Япония). Морфометрические исследования провели на приборе «MOP-VIDEOPLAN» фирмы (Reichert, Австрия), статистическую обработку результатов – с использованием программы Statistica for Microsoft Windows.

Результаты исследований

В результате проведенных исследований с растениями фасоли разных сортов, семена которых были обработаны ризоторфином и препаратом эпин-экстра, отмечено изменение содержания фитогормонов в вегетативных органах растений.

Сорт Гелиада. При обработке препаратом эпин-экстра содержание ИУК увеличивалось в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, по сравнению с вариантом обработки только ризоторфином. Содержание ЦК уменьшалось в листьях, стеблях и повышалось в корнях с клубеньками почти в 4,2 раза. Содержание ГК уменьшалось, а АБК отсутствовала во всех органах растений в варианте с обработкой эпином-экстра, по сравнению с вариантом обработки только ризоторфином (таблица 1).

Таблица 1

Содержание фитогормонов (нг/г сырой массы) в растениях фасоли сортов Гелиада (верхняя строка) и Шоколадница (нижняя)

Вариант	Органы растений	ИУК	ЦК	ГК	АБК
Ризоторфин 1	Листья	5,3	116,3	6,92	10,3
		5,7	271,5	4,7	10,3
	Стебли	–	275,9	13,2	3,4
		–	449,5	4,8	6,9
	Корни с клубеньками	13,3	31,0	22,1	20,6
		13,2	217,0	4,7	10,3
Эпин-экстра + ризоторфин 2	Листья	11,9	77,5	4,8	–
		12,2	260,4	14,9	–
	Стебли	5,3	139,5	5,9	–
		5,4	313,9	4,7	–
	Корни с клубеньками	21,2	130,2	3,8	–
		21,2	93,0	21,1	3,5

Примечание «прочерк» – содержание гормона ниже уровня чувствительности хроматографа

Обработка препаратом эпин-экстра приводила к повышению надземной массы, высоты растений, количества и массы клубеньков и увеличению в них активности фермента нитрогеназы, по сравнению с вариантом обработки только ризоторфином (таблица 2).

Анализ ультраструктуры клубеньков растений фасоли показал, что в вариантах обработки препаратом эпин-экстра увеличивались площадь и количество бактериоидов, включений волютина и снижалась площадь и количество включений ПОМ (таблица 3, рис.).

Ризобии в процессе образования клубенька превращаются в бактериоиды, которые вместе с окружающей их симбиотической мембраной составляют симбиосому. Симбиотическая мембрана на стадии эффективной азотфиксации клубенька обеспечивает избирательность

транспорта метаболитов и ионов, участвует в реализации сигнальных механизмов различных внутриклеточных процессов в клетках ризобий и растений.

Сорт Шоколадница. Содержание ИУК увеличивалось во всех вегетативных органах в варианте с обработкой эпином-экстра. В этом варианте уровень ЦК не изменялся в листьях и уменьшался в стеблях и особенно корнях с клубеньками. Содержание ГК увеличивалось в листьях и корнях с клубеньками и не менялось в стеблях. АБК отсутствовала в листьях и стеблях. Её присутствие в незначительном количестве отмечено в корнях с клубеньками, по сравнению с вариантом обработки только ризоторфином (табл.1).

Обработка семян только ризоторфином приводила к увеличению надземной массы, высоты растений, массы корней с клубеньками, массы клубеньковой ткани и активности фермента нитрогеназы, по сравнению с вариантом обработки препаратом эпин-экстра (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели роста и азотфиксирующая активность растений фасоли
сортов Гелиада и Шоколадница**

Показатель	Гелиада		Шоколадница	
	ризоторфин	эпин-экстра	ризоторфин	эпин-экстра
Надземная масса, г/растение	15,9±1,03	18,2±4,07	13,2±1,07	9,9±3,10
Высота растения, см	33,5±0,50	37,7±6,10	30,5±1,50	24,5±5,00
Масса корней с клубеньками, г/растение	1,92±1,40	1,90±1,40	2,03±2,02	1,70±1,30
Количество клубеньков, шт/растение	10±1,2	17±4,1	23±1,5	18±4,2
Масса клубеньков, мг/растение	41±1,4	78±8,9	90±2,5	43±6,6
Активность нитрогеназы, мкг N/растение/ч	5,10±0,02	20,1±0,20	17,7±0,05	6,3±0,30

В варианте с обработкой только ризоторфином наблюдалось увеличение площади и количества бактериоидов и включений волютина и снижение площади и количества включений ПОМ (таб. 3, рис.).

Волютин служит запасным резервуаром фосфата, важного предшественника в синтезе АТФ и ДНК. Включения волютина – азот- и фосфорсодержащее вещество, относятся к группе полифосфатов, соединений с макроэргическими связями. Азотфиксация – это достаточно энергозатратный процесс, поэтому наличие гранул волютина можно рассматривать как один из возможных источников энергии этого процесса. Площадь и количество включений волютина было больше в тех вариантах, где наблюдали наибольшую азотфиксирующую активность в клубеньках растений фасоли.

ПОМ – это запасное вещество, эндогенный накопитель энергии и углерода прокариот. Наличие этого эндогенного резерва определяет большую пластичность метаболизма ризобий. Обычно при активной азотфиксации содержание ПОМ в клетках бактерий минимально, поскольку синтез и распад её при этом наиболее интенсивны. Роль ПОМ заключается в основном в регуляции использования фотоассимилятов, поступающих в бактериоиды и по содержанию полимера можно в определенной степени судить об обеспеченности бактериоидов углеводными субстратами [10]. Низкий уровень азотфиксации в клубеньках может определяться, неспособностью макросимбионта ассимилировать весь азот, фиксированный бактериоидами, то есть недостаточным транспортом связанного азота из клубеньков в надземную часть растения. Обычно депонирование ПОМ в клетках свидетельствует о невысоком уровне азотфиксации.

Таблица 3

Изменение ультраструктуры клубеньков фасоли

Вариант	Площадь, мкм ²			Количество, шт		
	бактероиды	ПОМ	воллютин	бактероиды	ПОМ	воллютин
Гелиада, ризоторфин	0,091 ± ± 0,003	0,033 ± ± 0,002	0,014 ± ± 0,0002	4,28 ± ± 0,14	1,62 ± ± 0,080	9,51 ± ± 0,37
Гелиада, эпин-экстра	0,47 ± ± 0,017	0,023 ± ± 0,001	0,018 ± ± 0,0004	23,56 ± ± 2,28	0,62 ± ± 0,100	10,41 ± ± 0,28
Шоколадница, ризоторфин	0,56 ± ± 0,028	0,023 ± ± 0,001	0,033 ± ± 0,0007	24,70 ± ± 1,93	1,09 ± ± 0,056	9,08 ± ± 0,37
Шоколадница, эпин-экстра	0,54 ± ± 0,013	0,031 ± ± 0,001	0,026 ± ± 0,0007	16,41 ± ± 1,05	1,69 ± ± 0,055	6,10 ± ± 0,22

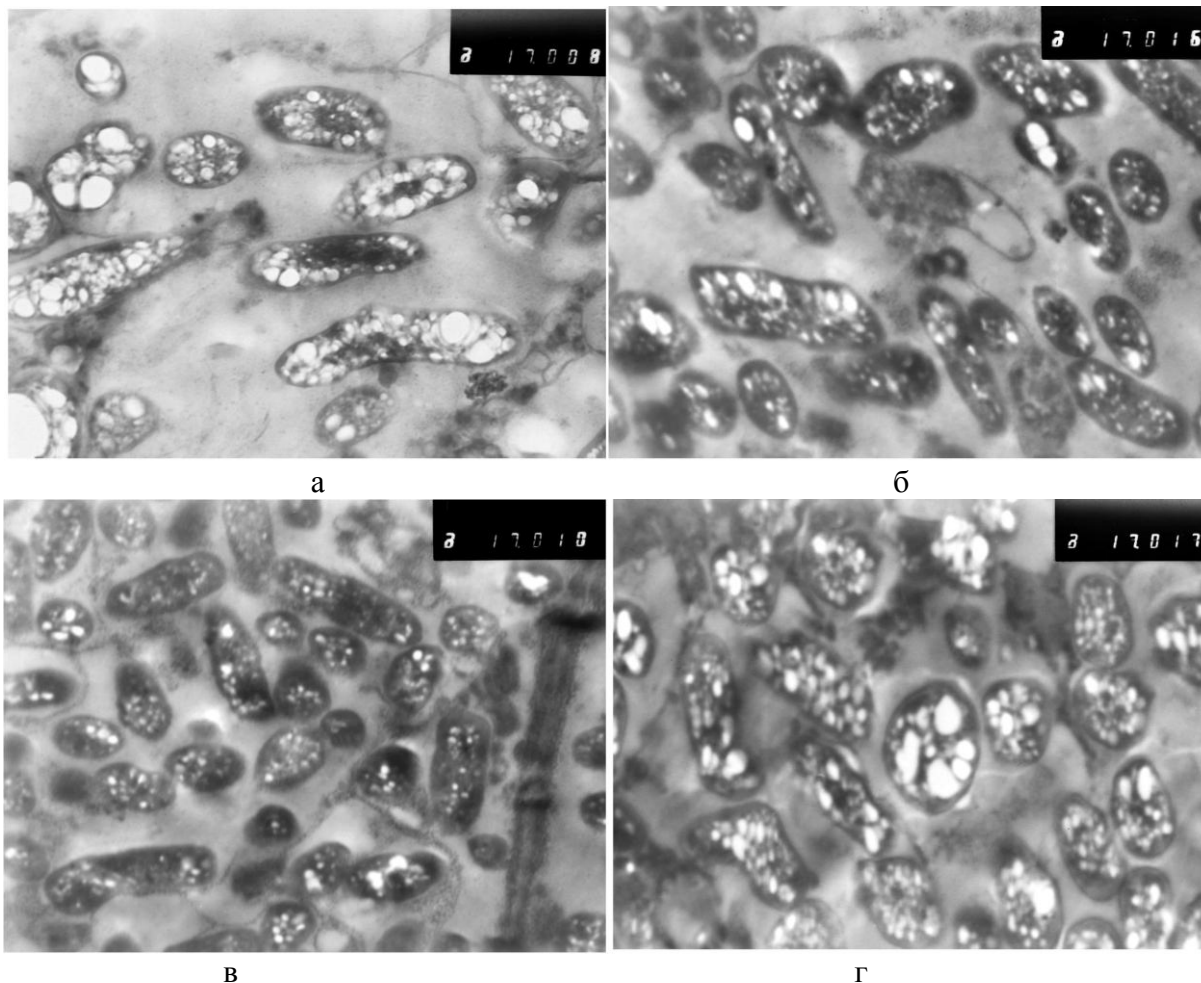


Рис. Ультраструктура клубеньков фасоли (увеличение 17000):

а – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при инокуляции семян ризоторфином; б – клубеньки фасоли сорта Гелиада, образованные при обработке семян препаратом эпин-экстра; в – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при инокуляции семян ризоторфином; г – клубеньки фасоли сорта Шоколадница, образованные при обработке семян препаратом эпин-экстра.

Таким образом, эффект применения ризоторфина и препарата эпин-экстра зависит от сорта растения. Обработка семян препаратом эпин-экстра в комбинации с ризоторфином повышала содержание ауксинов во всех вегетативных органах растений фасоли обоих сортов. У растений фасоли сорта Гелиада совместная обработка эпином-экстра на фоне инокуляции увеличивала содержание цитокининов в корнях с клубеньками, площадь и количество бактериоидов, включений воллютина, активность фермента нитрогеназы и приводила к снижению площади и количества включений поли-β-оксимасляной кислоты (ПОМ). У

растений фасоли сорта Шоколадница в большей степени проявилось действие ризоторфина: под его влиянием происходило увеличение ЦК в стеблях и корнях с клубеньками, площади и количества бактериоидов, включений волютина, активности фермента нитрогеназы и снижение площади и количества ПОМ.

Выводы

1. Установлена сортовая реакция растений фасоли на обработку препаратом эпин-экстра: наибольшей отзывчивостью характеризовался сорт фасоли Гелиада. У растений фасоли сорта Шоколадница в большей степени проявилось действие ризоторфина.

2. Обработка семян растений фасоли сорта Гелиада препаратом эпин-экстра на фоне инокуляции увеличивала показатели роста, количество и массу клубеньков, нитрогеназную активность. При этом наблюдали увеличение содержания ИУК в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, ЦК – в корнях с клубеньками.

3. У растений фасоли сорта Шоколадница проявилось протекторное действие ризоторфина. В клубеньках растений этого сорта наблюдали увеличения площади и количества бактериоидов, площади и количества включений волютина. Площадь и количество ПОМ в этом варианте было минимальным. Показатели роста и нитрогеназная активность растений фасоли сорта Шоколадница увеличивались при обработке ризоторфином. Это происходило на фоне увеличения ЦК – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, АБК – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками.

4. Наиболее активно процессы азотфиксации протекали в вариантах с бóльшим количеством бактериоидов, с бóльшим количеством и бóльшей площадью гранул включений волютина. Содержание в клетках включений волютина и ПОМ может служить для некоторых видов ризобий дополнительной характеристикой активности симбиотической системы.

Литература

1. Волобуева О.Г. Влияние препарата эпин-экстра на содержание фитогормонов в растениях сои разных сортов и эффективность симбиоза //Агрохимия. – 2015. - № 7. – С.34-41.
2. Колмыкова Т.С., Лукаткин А.С. Эффективность регуляторов роста растений при действии абиотических стрессовых факторов // Агрохимия. – 2012. – № 1. – С. 83-94.
3. Хрипач В.А., Жабинский В.А. Лахвич Ф.А. Перспективы практического применения брассиностероидов – нового класса фитогормонов // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 1. – С. 3-11.
4. Белопухов С.Л., Фокин Е.Ф. Действие защитных стимулирующих комплексов с эпином на рост и развитие льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // Изв. ТСХА. – 2004. – Вып. 1. – С. 32-39.
5. Волобуева О.Г., Скоробогатова И.В. Изменение содержания фитогормонов и эффективность симбиоза в растениях фасоли при обработке эпином // Доклады РАСХН. 2010. № 4. – С. 19-22.
6. Скоробогатова И.В., Захарова Е.В., Карсункина Н.П., Курапов П.Б., Соркина Г.Л., Кислин Е.Н. Изменение содержания фитогормонов в проростках ячменя в онтогенезе и при внесении регуляторов, стимулирующих рост // Агрохимия. 1999. № 8. – С. 49-53.
7. Волобуева О.Г., Скоробогатова И.В., Шильникова В.К. Влияние биопрепарата альбит на содержание фитогормонов в растениях фасоли разных сортов и эффективность симбиоза // Известия ТСХА. – 2010. – № 1. – С.105-113.
8. Орлов В.П., Орлова И.Ф., Щербина Е.А. и др. Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом. Орел, 1984.
9. Sabatini D.D., Bensch R., Barmett R.J. Cytochemistry and electron microscopy the preservation of cellular ultrastructure and enzymatic activity by aldehyde fixation //J. Cell. Biol.1963. V. 1. № 1. – P. 16-58.
10. Романов В.И. Азотфиксация и метаболизм фотоассимилятов в клубеньках бобовых растений: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М.: Ин-т биохимии им. А.Н Баха АН СССР, 1987. – 46 с.

EFFICIENCY INOCULATE BEAN SEEDS IN THE PROCESSING OF PREPARATION

APIN-EXTRA

O.G. Volobueva

RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY -

MOSCOW AGRICULTURAL ACADEMY NAMED AFTER K.A. TIMIRYAZEV

Abstract: In a field experiment with bean plants varieties *Heliades* and *Chocolate* was studied the efficiency of the inoculation seeds of these plants in the processing of preparation apin-extra. Shown varietal response of plants to process the drug apin-extra: maximum responsiveness

regarding characterized by a variety of beans *Heliades*. The tubercle of these plants there was an increase in the content of CK, square and quantity bacteroides, volutin inclusions and reducing the square and the quantity of inclusions poly-beta-oxybutyric acid.

Keywords: bean, apin-extra preparation, rysotorfin, phytohormones, inoculation, azotfixation, inclusions of poly-beta-oxybutyric acid and volutin, bacteroides.

УДК 635.658:631.527

НОВЫЙ СОРТ ЧЕЧЕВИЦЫ ОРЛОВСКАЯ КРАСНОЗЕРНАЯ

А.М. ЗАДОРИН, В.Н. УВАРОВ, П.В. ЯТЧУК, кандидаты сельскохозяйственных наук

А.К. БУЛГАКОВА, научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский НИИ зернобобовых и крупяных культур»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Дано описание нового сорта чечевицы Орловская краснозерная, отличающегося оранжевой окраской семядолей. Новый сорт превосходит стандарт по урожайности, качеству семян, по разваримости и ряду других кулинарно-технологических свойств.

Ключевые слова: чечевица, сорт, урожайность, качество семян, кулинарно-технологические свойства.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте зернобобовых и крупяных культур выведен сорт чечевицы с оранжевыми семядолями. На потребительском рынке чечевица с оранжевыми семядолями используется в шлифованном виде и позиционируется как «красная чечевица». Данная особенность вновь выведенного сорта и его происхождение послужили основанием для выбора названия – Орловская краснозерная.

В мировой кулинарии чечевица красная широко используется в национальных блюдах: так в Индии ее используют в самых разнообразных пюре, которые называют Дал, в супах – Самбхар. В Турции, например, в списке национальных блюд числится суп-пюре из чечевицы – Мерджимек, в Иране очень популярен плов с чечевицей, изюмом и финиками. В Российской кулинарии предлагается свыше 50 рецептов с красной чечевицей, среди которых: похлебки, супы-пюре, гарниры, котлеты, салаты и др. [1].

Основное преимущество краснозерной чечевицы в кулинарии, это быстрая разваримость. Новый сорт по ряду кулинарно-технологических показателей, в том числе и разваримости превосходит стандарт (табл.1).

Таблица 1

Кулинарно-технологические свойства чечевицы 2012-2014 гг.

Сорт	Вкусовые качества, балл	Разваримость, мин.	Выравненность 1-й фракции, %	Натура семян, г/л
Пауза-ст.	5	75,3	72,2	818
Орловская краснозерная	5	60,3	81,3	838

При наличии семенной кожуры время разваримости сорта Орловская краснозерная составляет 60,3 минут, что на 15 минут менее продолжительно, чем у стандарта Пауза. В обрубленном виде (без семенной кожуры) время варки семян краснозерной чечевицы резко сокращается и составляет 10-15 минут. Вкусовые качества семян сорта Орловская краснозерная отличные. Зерно имеет высокую выравненность – 81,3 % и натуру 838 г/л.

Кроме приведенных выше показателей новый сорт отличается высокой продуктивностью и качеством зерна (табл. 2).

Средняя урожайность сорта Орловская краснозерная за годы испытания составила 2,06 т/га, стандарта – 1,65 т/га. Максимальная урожайность составила в 2012 году 2,79 т/га. В 2013 году в Орловской области сложились весьма неблагоприятные для чечевицы погодные условия, в первые 24 дня вегетации не выпало ни одного миллиметра осадков. При этом

растения нового сорта сформировали урожай более чем в 1,5 раза превышающий сорт Рауза. Содержание сырого протеина в семенах сорта Орловская краснозерная составило в среднем за годы испытания 27,9 %, что на 0,9 % выше стандарта.

По вегетационному периоду (табл. 2) сорт Орловская краснозерная, как и Рауза, отнесен к среднеранней группе, вегетационный период от всходов до созревания – 75 суток.

Таблица 2

Характеристика сорта Орловская краснозерная

Сорт	Урожай семян, т/га по годам				Содержание белка в семенах, %	Вегетационный период, сутки
	2012	2013	2014	среднее		
Рауза – ст.	2,06	0,53	2,35	1,65	27,0	76
Орловская краснозерная	2,79	0,84	2,55	2,06	27,9	75
НСР _{0,5}	0,18	0,14	0,16	-	-	-



Новый сорт чечевицы Орловская краснозерная относится к виду *Lens culinaris* Medik, подвиду *microsperma*, разновидность *persica* (по Барулиной [2]).

Сорт выведен методом индивидуального отбора из расщепляющейся гибридной комбинации F3 Рауза × К-2846 (Канада).

Растения сорта Орловская краснозерная пулукустовой формы, состоят из 1-2 ветвей первого порядка и до 12 ветвей второго порядка (рис. 2). Стебель прямостоячий средней толщины, высотой 45-50 см. В агроценозе сорта Орловская краснозерная на рисунке 2 хорошо видны удлинненно-овальные, цельнокрайние листочки. Цветки белые с синими прожилками по 1-2 на цветоносе.

Рис. 1. Растения чечевицы



Рис. 2. Агроценоз сорта Орловская краснозерная



Рис. 3. Бобы чечевицы

Бобы лущильного типа ромбической формы с вытянутой верхушкой. Цвет бобов в период окончания налива зеленый. При полном созревании бобы приобретают светло-коричневую окраску (рис. 3).

Высота прикрепления нижнего боба 18-22 см. Междоузлия сближены, в связи с этим расположение бобов на стебле компактное. Среднее количество бобов на растении – 25 шт, максимальное – 41 шт.

Семена приплюснутой формы не крупные 5-6 мм в диаметре. Цвет семян – зеленовато-розовый (рис. 4). Семенная кожура тонкая, бледно-зеленого цвета почти прозрачная. До 10 % семян могут иметь на семенной кожуре темно-серые точки.

Масса 1000 семян нового сорта чечевицы низкая, в среднем за 2012...2014 годы



испытания составила 36,9 г, у стандарта – 53,0 г. Коэффициент размножения семян при этом у сорта Орловская краснотерная почти на 80 % превышает сорт Рауза.

С 2015 года Орловская краснотерная проходит государственное сортоиспытание в Центрально-Черноземном, Средневолжском и Нижневолжском регионах Российской Федерации с перспективой расширения на все зоны возделывания культуры.

Рис. 4. Семена чечевицы

Литература

1. Каталог сортов сельскохозяйственных культур селекции Всероссийского научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур. – Орел: ГНУ ВНИИЗБК, 2012. – 116 с.
2. Барулина Е.И. Чечевица СССР и других стран. – Ботанико-агрономическая монография. – Ленинград, 1930. – 319 с.

NEW LENTIL VARIETY ORLOVSKAYA KRASNOZERNAYA

A.M. Zadorin, V.N. Uvarov, P.V. Yatchuk, A.K. Bulgakova

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: Description of new lentil variety the Orlovskaya krasnozernaya with orange color of the cotyledons. The new variety surpasses the standard variety by yield capacity, quality of seeds, boiling and some other cooking-processing characteristics.

Keywords: lentil, variety, yield capacity, quality of seeds, cooking-processing characteristics.

УДК 631.526: 635.657

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ НУТА В УКРАИНЕ

О. В. БУШУЛЯН, кандидат сельскохозяйственных наук

В. И. СИЧКАРЬ, доктор биологических наук

М. А. БУШУЛЯН, кандидат сельскохозяйственных наук

С. М. ПАСИЧНИК, аспирантка

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
СЕМЕНОВЕДЕНИЯ И СОРТОИЗУЧЕНИЯ, УКРАИНА

E-mail: bushulyan@ukr.net

В статье представлены направления и основные результаты двадцатилетней селекционной работы по нуту в Селекционно-генетическом институте. За непродолжительный промежуток времени изучен большой набор исходного материала нута различного происхождения, проведена работа по его систематизации. Использование его в селекционной работе позволило создать ряд сортов, сочетающих высокую продуктивность с толерантностью к основным заболеваниям и приспособленность к современной индустриальной системе выращивания нута. В институте впервые в Украине

начата и успешно реализуется программа по созданию крупносемянных сортов, проводятся широкие исследования по устойчивости к основным заболеваниям. Разработана и широко внедрена в сельскохозяйственное производство система химической защиты посевов нута от вредоносных организмов.

Ключевые слова: нут, селекция, сорт, урожайность, устойчивость.

Современные экономические реалии и тенденция к изменению климата в сторону иссушения требуют введения в сельскохозяйственное производство новых нетрадиционных культур, одной из которых является нут.

Нут относится к наиболее древним из окультуренных человеком растений, широко распространен в мире, по посевным площадям занимает третье место среди зернобобовых культур, уступая только сое и фасоли. Ежегодно мировые площади посевов нута превышают 12,5 млн. га, а основными производителями являются страны, расположенные в засушливых районах, так как по засухо- и жаростойкости он является непревзойденным среди зернобобовых культур. Нут высоко ценится в качестве пищевого продукта, так как является важным источником цинка, фолиевой кислоты и белка. Он также отличается высоким содержанием диетических волокон и небольшим количеством жира, большую часть которого составляют полиненасыщенные жирные кислоты и, в связи с этим является естественным источником углеводов для больных диабетом.

Зернобобовые культуры играют важную роль в мировом земледелии. Хотя отведенные посевные площади для их выращивания намного меньше, чем для зерновых, для значительной части населения мира, особенно развивающихся стран, они являются основным продуктом питания. Немаловажно также их агротехническое значение, как «улучшателей» плодородия почв и прекрасных предшественников под основную зерновую культуру региона – пшеницу.

Погодно-климатические условия юга Украины достаточно благоприятны для успешного выращивания этой культуры. До Второй мировой войны нут здесь занимал большие площади, но после был вытеснен горохом. Только начиная с 90-х годов двадцатого столетия посевные площади под этой ценной зернобобовой культурой в Украине постепенно увеличиваются и нут приобретает свою так называемую нишу. По данным украинских и международных аналитиков в Украине нут можно будет выращивать на площади около 1 млн. га и получать более 2 млн. т. семян. Одним из требований получения высоких и стабильных урожаев нута является использование новых, более высокопродуктивных, хорошо адаптированных к условиям выращивания сортов, а также соблюдение технологических требований [1].

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводились на полях Селекционно-генетического института (СГИ), размещенных в юго-западной части Причерноморской низменности. Почвенный покров однородный и представлен южными среднегумусными тяжелосуглинистыми черноземами. Содержание гумуса 3,5-4,1 %. Реакция почвенного раствора нейтральная.

Климат умеренно-теплый, формируется главным образом под влиянием атлантических и средиземноморских воздушных масс. Среднегодовая температура воздуха составляет +9,6°C, сумма эффективных температур 3300°C, среднегодовая сумма осадков 430 мм. Зима мягкая и короткая, самый холодный месяц – январь, со среднегодовой температурой воздуха -2°C. Весна ранняя, переход температуры через + 5°C приходится на вторую-третью декаду марта. Лето жаркое и долгое, часто наблюдаются почвенные и воздушные засухи. Вследствие высоких температур и пониженной относительной влажности воздуха почва в летний период теряет много влаги.

Результаты и обсуждение. Селекционная работа с нут в СГИ была начата в 1995 году со сбора и изучения местного материала. В 1996 году из Генбанка растений Украины (г. Харьков) получили первые 64 коллекционных сортообразца. А с 1997 года был налажен непосредственный контакт с Международным научно-исследовательским институтом полусухих тропиков (ICRISAT, Индия) и за три года было получено и изучено 1500

коллекционных сортообразцов с желаемыми характеристиками. Нами была предпринята попытка сотрудничества со вторым крупным Международным центром, который расположен в Сирии, близ г. Алеппо – ICARDA. В 2005 году мы получили первые 350 сортообразцов нута из этого центра. Но при их изучении в карантинном питомнике СГИ оказалось, что все номера были поражены ржавчиной, болезнью, которая в условиях Украины на нуте до сих пор не наблюдалась, но широко распространенная в мире, вызывающая значительный недобор урожая. Для предотвращения распространения этой карантинной болезни было принято решение о полном уничтожении полученного с ICARDA исходного материала нута. На этом сотрудничество с данным Международным центром было приостановлено и дальнейшие попытки установления контактов не дали положительного результата. При этом формирование коллекции из местных форм, которые являются наиболее приспособленными к условиям выращивания на юге Украины, не прекращаются и поныне. За непродолжительное время мы собрали и изучили более 2000 коллекционных сортообразцов разного эколого-географического происхождения. Они распределены по группам спелости, обнаружены источники высокой продуктивности, количества бобов на растении, массы 1000 семян, прикрепления нижнего боба и других хозяйственно ценных признаков.

Установлено, что наиболее скороспелые формы иранской и абиссинской групп в условиях Одесской области зацветают на 21-й день, а их вегетационный период составляет всего 70-75 суток. К сожалению, им присущ ряд негативных характеристик, а именно: низкорослость и низкая продуктивность, большинство из них формируют мелкие семена черного или коричневого цвета, слабоустойчивы к холоду и имеют небольшой уровень засухоустойчивости. Длительное изучение исходного материала нута и анализ динамики нагрузки сельскохозяйственной техники на юге Украины, показал, что наиболее перспективным направлением является создание сортов среднеспелой группы с продолжительностью вегетационного периода 90-110 суток [2].

Создание высокопродуктивных сортов – главное направление селекции нута в СГИ и базируется на достижении оптимального сочетания основных элементов структуры урожая, нивелирования разницы между биологической и хозяйственной продуктивностью. Основными элементами структуры семенной продуктивности нута является количество продуктивных узлов на растении, число семян в бобе, их величина и количество бобов на продуктивный узел. Все эти элементы связаны с такими сопутствующими признаками, как высота растений, количество ветвей, облиственность, толщина стебля, длина и ширина боба, размеры листьев, длина междоузлий, процент абортированных бобов и др. Нами обнаружена отрицательная корреляция между некоторыми вышеперечисленными признаками, однако путем гибридизации благодаря трансгрессии можно получить более продуктивные, чем родительские формы генотипы. Вероятность создания положительных трансгрессий увеличивается при скрещивании родительских форм, подобранных по принципу различий по элементам продуктивности, а также тех, которые относятся к разным типам. Каждому сорту присущи определенные проявления и взаимосвязь элементов структуры семенной продуктивности, степень их изменчивости и наличие наиболее характерных, которые в пределах сорта наименее изменчивы. Формы с различными признаками структуры продуктивности могут давать практически одинаковые урожаи и, наоборот, подобные по многим элементам, но резко отличающиеся хотя бы по одному из них, будут иметь различную продуктивность. Преимущество одного элемента может быть нивелировано негативным влиянием другого.

Кропотливая селекционная работа в скором времени дала свои результаты. Первые сорта нута, созданные в институте, Розанна и Александрит наиболее соответствовали требованиям того времени. Они урожайные, приспособленные к засушливым условиям и механизированной уборке, относительно толерантные к основным болезням. Особенностью большинства сортов нута является склонность растений к израстанию при чрезмерной влажности во время созревания. Это при определенных условиях окружающей среды может

привести к затягиванию и значительному удорожанию уборки, существенному ухудшению качества, а в некоторых случаях и к полному уничтожению урожая. Целенаправленная селекционная работа в этом направлении позволила выделить растения с генетической устойчивостью к этому явлению, примером чего является занесенный в Реестр сортов растений Украины с 2002 года сорт Память (таблица).

Таблица

Характеристика сортов нута селекции СГИ, среднее за 2010-2014 гг. (Украина, Одесса)

Название сорта	Год регистрации	Урожай семян, ц/га		Вегетационный период, дни	Высота прикрепления нижних бобов, см	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %
		средний	максимальный				
Розанна	2000	15,6	28,3	92	22	320	27,0
Александрит	2001	17,8	29,1	88	18	275	26,5
Память	2002	15,4	27,1	91	21	315	27,1
Антей	2003	14,8	25,6	88	20	390	28,3
Пегас	2005	15,9	27,8	85	18	265	27,5
Триумф	2005	15,5	27,9	93	21	405	28,7
Буджак	2008	16,0	26,1	91	22	410	27,9
Одиссей	2014	16,1	24,6	91	22	415	28,5
Скарб	в гос. испытании с 2013 года	16,5	25,8	94	22	420	26,9
Аргумент	подготовлены к передаче на гос. испытание	-	24,3	90	24	380	27,5
Адмирал		-	23,8	94	22	415	26,9

Крупность семян нута для сельскохозяйственных производителей довольно привлекательный признак, потому что цена на товарные семена в большой степени зависит от массы 1000 семян. В начале нашей селекционной работы большинство наблюдений и научных публикаций указывали на неперспективность создания высокопродуктивных сортов с крупными семенами. Однако настойчивость и целеустремленность дали свои результаты. В семеноводческих посевах сорта Розанна была выделена мутантная форма нута с крупными семенами. Дальнейшее испытание показало высокую ее продуктивность и приспособленность к условиям произрастания. Как в конкурсном испытании СГИ, так и в экологическом в Луганском и Крымском институтах АПВ новый сорт по продуктивности не уступал лучшим сортам и по результатам государственного испытания был занесен в Реестр Украины с 2003 года под названием Антей [3]. К сожалению, его недостатком является восприимчивость к болезням, что приводит к ежегодным значительным потерям качества и урожая в целом. Кроме того, развесистая форма куста даже при небольшом изреживании посева приводит к облому ветвей 2-го порядка и к прямым потерям урожая. И все же Антей сделал свое дело, дал толчок для дальнейшей селекционной работы в направлении создания сортов с крупными семенами. В 2005 и 2008 годах в Реестр сортов растений Украины были занесены сорта Триумф и Буджак, формирующие более крупные семена, чем предыдущий сорт. Эти сорта были получены путем гибридизации коллекционных крупносемянных форм с сортом Розанна, от которого они унаследовали толерантность к болезням и высокую продуктивность. Сорта Триумф и Розанна в настоящее время являются наиболее популярными в Украине, а кроме того успешно прошли государственное испытание в Российской Федерации и, соответственно с 2012 и 2014 годов допущены к производству.

С резким увеличением посевных площадей и их концентрации, влияние болезней на урожайность нута и дальнейшую судьбу самой культуры с каждым годом все увеличивается. Резкое снижение посевных площадей нута на Северном Кавказе и в других степных засушливых регионах бывшего СССР в 60-х и в 90-х годах XX века, а также в Канаде было связано с эпифитотией болезней, которые в связи с отсутствием устойчивых сортов почти полностью уничтожили урожай. На сегодняшний день разработанная система химической

защиты растений нута от болезней не всегда срабатывает и является достаточно затратной, поэтому создание сортов с генетической устойчивостью к болезням является крайне актуальной задачей [4].

В последние годы все большую распространенность и вредоносность в Украине приобретает аскохитоз нута (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.), являющийся одной из наиболее опасных болезней в регионах с умеренным климатом. При благоприятных условиях для развития патогена потери урожая достигают 70%, а в некоторых случаях наблюдается полное его уничтожение. Накопление в почве возбудителей болезни и благоприятные погодные условия последних лет на юге Украины привели к массовому поражению растений аскохитозом, в том числе селекционных посевов. Это обстоятельство дало нам возможность в 2011 и 2012 годах оценить на устойчивость к этой болезни имеющийся селекционный материал. В процессе исследований нами выявлены формы нута с полной устойчивостью или толерантные к возбудителям данного заболевания. В селекционном питомнике выделены целые семьи различных комбинаций скрещивания без каких либо признаков проявления болезни.

Не менее вредоносной болезнью нута является фузариоз, поражающий растения в различные фазы их развития, что приводит к существенному ухудшению товарных и посевных качеств семян. В результате испытания различных сортообразцов нута на искусственном инфекционном фоне в полевых и лабораторных условиях нами выделено 27 номеров, имеющих высокую устойчивость к фузариозу и несущих другие хозяйственно ценные признаки. Наиболее устойчивыми оказались формы типа *Desi* (с темным семенами): NTC-2179, NEC-2212, NTC-2135, NEC-2185, NEC-2201 (Иран), BEG-482, NO-55, F-370, F-404, NEGRO (Индия), RBH 141 RBH 217 RBH 102 (Бангладеш) и E 100 (Греция). Среди типа *Kabuli* (со светлым семенами) повышенной устойчивостью или толерантностью обладали – Donia (Венгрия), NEC-2183, NTC-2149 (Иран), NEC-2596 и NEC-2607 (Афганистан), а также сорт Розанна. Особого внимания заслуживает сортообразец NEC 2212, который помимо устойчивости к фузарию, выделяется комплексом хозяйственно ценных признаков [5]. На основе генетических исследований и путем сложных скрещиваний нами получен новый ценный исходный материал нута. Путем индивидуального отбора на искусственном инфекционном фоне созданы сорта Одиссей и Скарб, сочетающие высокую продуктивность, крупные семена и толерантность к болезням. Сорт Одиссей успешно прошел государственное испытание и занесен в Реестр сортов растений с 2014 года, а Скарб в настоящее время проходит испытание.

Отрицательная корреляция между количеством бобов на растении и массой 1000 семян, затрудняет проведение селекционной работы по обоим показателям одновременно. Эту проблему можно решить путем введения в селекционный материал гена двухбобовости. Это направление селекции, по нашему мнению, является перспективным, так как при одинаковых условиях генотипы с геном двухбобовости способны формировать на 15-20% больше урожай, чем обычные [6]. Как правило, растения нута в одном узле формируют только один цветок, где завязывается один боб, но из всего многообразия коллекционных форм мы выделили три номера (F 404, IG-62, RSW 5), образующих в одном узле два цветка. Путем многолетних сложных скрещиваний нами созданы двухбобовые генотипы, как *Desi*, так и *Kabuli* типов, формирующие в каждом узле в нижнем и среднем ярусах по два боба. Созданные нами линии сочетают двухбобовость с высокой продуктивностью, формируют крупные семена, обладают устойчивостью к болезням и приспособлены к условиям юга Украины. На основе этого селекционного материала нами созданы новые сорта нута Адмирал и Аргумент, формирующие на нижних узлах преимущественно по два боба.

Кроме селекционной работы, нами проводится большая поисковая и научная деятельность по совершенствованию технологии выращивания культуры и защиты ее от болезней, вредителей и сорняков. До настоящего времени в Украине нет зарегистрированных пестицидов для применения на нуте, а современная индустриальная технология выращивания без их использования практически невозможна. За короткое время путем

лабораторных и полевых исследований совместно с отделом фитопатологии и энтомологии СГИ разработана интегрированная система защиты этой культуры и предложена широкому кругу сельскохозяйственных производителей [7, 8]. Эти научные разработки с успехом внедряются в крупных производственных фирмах.

Выводы. Таким образом, за двадцать лет селекционно-семеноводческой работы с нутом в Селекционно-генетическом институте:

- собрана и изучена большая коллекция исходного материала;
- установлена генетическая основа важнейших хозяйственно ценных признаков;
- создан новый исходный материал различного направления использования;
- включены в Реестр сортов Украины и Российской Федерации ряд сортов высоко адаптированных к условиям выращивания, сочетающих высокую продуктивность с толерантностью и устойчивостью к основным болезням;
- разработана и предложена сельскохозяйственным производителям современная система выращивания нута и интегрированная система защиты от сорняков, вредителей и болезней.

Литература

1. Бушулян О.В., Січкарь В.І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування / Монографія. – Одеса, СГІ. – 2009. – 246 с.
2. Бушулян О.В. Селекционная ценность сортообразцов нута различного происхождения в условиях Степной зоны Украины : Дис. канд. с.-г. наук / Селекційно-генетичний інститут. – Одеса, 2001. – 129 с.
3. Січкарь В.І., Бушулян О.В. Нові крупнонасінні сорти нуту // Селекція і насінництво. – Харків, 2005. – Вип. 90. – С.153-157.
4. Бушулян О.В., Бабаянц О.В. Генетичний аналіз стійкості до збудників фузаріозного в'янення // Збірник наукових праць СГІ, 2006. – Вип. 8(48). – С. 41-45.
5. Бушулян О.В., Бабаянц О.В. Генетична основа стійкості сортозразка нуту NEC 2212 до *Fusarium oxysporum* f. *cicero* // Селекція і насінництво. – Харків. – 2005. – Вип. 90. – С. 153-157.
6. Бушулян О.В. Модель високопродуктивного сорту нуту для степової зони України // Збірник наукових праць СГІ. – 2009. – Одеса. – Вип. 14(54). – С. 160-165.
7. Бушулян О.В., Січкарь В.І., Бабаянц О.В. Інтегрована система захисту нуту від бур'янів, шкідників і хвороб / Метод. реком. – СГІ-НЦНС, Одеса. – 2012. – 24 с.
8. Бушулян О.В., Бушулян М.А. Сортова реакція нуту на обробку сучасними протруйниками // Вісник Львівського національного аграрного університету (серія Агрономія). – №17. – 2013. – С. 76-82.

RESULTS AND PROSPECTS OF THE CHICKPEA BREEDING IN UKRAINE

O.V. Bushulyan, V. I. Sichkar, M. A. Bushulyan, S. M. Pasichnyk

PLANT BREEDING AND GENETICS INSTITUTE – NATIONAL CENTER SEED AND CULTIVAR INVESTIGATION

Abstract: The article presents the main results and the direction of Chickpea breeding for twenty years in Plant Breeding and Genetics Institute. During the short period of time large set of the chickpea collection accessions of various origin have been studied and systematized. It has allowed creating the number of varieties, which combining high productivity and tolerance to major diseases and has been adapted to a modern industrial growing system. The Institute is the first in Ukraine started and successfully implemented a program of breeding large-seeded varieties and conducted extensive research on resistance to major diseases. It was developed and implemented in agricultural production of chemical crop protection against harmful organisms of chickpeas.

Keywords: chickpea, selection, variety, yield, resistance.

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ДИКИХ ВИДОВ НУТА (*CYCER* L.) В УСЛОВИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. БУЛЫНЦЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук

Л.Ю. НОВИКОВА, кандидат биологических наук

Г.А. ГРИДНЕВ, аспирант

Е.А. СЕРГЕЕВ, А.Ю. НЕКРАСОВ, М.В. ГУРКИНА, научные сотрудники
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМ. Н.И. ВАВИЛОВА, Санкт-Петербург

E-mail: s_bulyntsev@mail.ru

В полевых условиях Тамбовской области изучены 17 образцов семи однолетних диких видов нута: *Cicer pinnatifidum*, *C. judaicum*, *C. echinospermum*, *C. reticulatum*, *C. bijugum*, *C. yamashitae*, *C. cuneatum* и один образец многолетнего дикого вида – *C. anatolicum*. Результаты изучения фенологии, проведенные структурный и кластерный анализ растений образцов диких видов, свидетельствуют о возможности их выращивания в полевых условиях Тамбовской области и включения диких видов в селекционные программы по нуту как источников устойчивости к различным абиотическим и биотическим стрессорам.

Ключевые слова: нут, дикие виды, фенология, структурный анализ, кластерный анализ.

Ущерб от биотических и абиотических стрессоров на посевах нута, как в России, так и в мировом производстве, имеет экономическое значение. Ежегодные мировые потери урожая нута от болезней, вредителей и неблагоприятных факторов внешней среды достигают более 11 миллионов тонн зерна (Ryan, 1997).

До настоящего времени, в генофонде культурного нута *Cicer arietinum* L. еще не найдены стабильные доноры устойчивости к аскохитозу, фузариозу, минирующей мухе, брухусу, цистообразующей нематоды, а также к воздействию неблагоприятных факторов среды, таких как засуха, засоленные почвы и отрицательные температуры в период вегетации. В отличие от культурного нута, среди диких видов обнаружены стабильные доноры устойчивости к основным стрессорам, отличающиеся более высоким уровнем устойчивости, чем культурный вид.

На настоящий период описано 43 однолетних и многолетних диких видов нута (Maesen van der [1, 2]). В качестве источников и доноров устойчивости к стрессорам научный интерес представляют восемь однолетних диких видов нута: *C. bijugum* K.H. Rech., *C. chorassanicum* (Bge) M. Pop., *C. cuneatum* Hochst. Ex Rich, *C. echinospermum* P.H. Davis, *C. judaicum* Boiss., *C. pinnatifidum* Jaub. & Sp., *C. reticulatum* Lad., и *C. Yamashitae* Kitam., как наиболее изученных в селекционном отношении.

Самая полная коллекция диких однолетних видов нута (более 280 образцов) содержится и изучается в ICARDA (Сирия). Изучение 228 образцов восьми однолетних диких видов нута, проведенное в ICARDA, показало, что в генофонде всех видов имеются стабильные источники устойчивости к различным стрессорам.

Так, среди изученных образцов *C. bijugum* была выявлена устойчивость к шести основным стрессорам – аскохитозу, фузариозу, брухусу, цистообразующей нематоды, минирующей мухе и устойчивости к отрицательным температурам. Большинство источников устойчивости к аскохитозу было выявлено у диких видов *C. echinospermum* и *C. pinnatifidum*. Среди образцов *C. chorassanicum* и *C. cuneatum* обнаружены источники устойчивости к минирующей мухе. Устойчивость к брухусу найдена у образцов вида *C. echinospermum* [3,4].

В результате сотрудничества между ICARDA (The international Center for Agriculture Research in the Dry Areas), Сирия и ВНИИР им. Н.И.Вавилова, за период с 2000 по 2010 годы, в коллекцию ВИР было привлечено более 80 образцов однолетних диких видов нута, представляющие интерес для селекции как источники ценных хозяйственно полезных

признаков с высоким уровнем устойчивости к основным неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды [5].

Интродуцированные образцы диких видов отображают все разнообразие однолетних видов нута.

В период с 2006 по 2010 годы образцы диких видов нута выращивали и изучали на Астраханской и Кубанской опытных станциях ВИР. У всех образцов получены новые репродукции семян. Образцы диких видов оказались устойчивыми в обоих пунктах изучения к популяциям патогенов, вызывающих фузариозное увядание и аскохитоз. Образцы: и-610373 (*C.judaicum*), и-610369 (*C.pinnatifidum*), и-610380 (*C.echinospermum*) выделились по скороспелости. Они созревали на 30-35 дней раньше районированных стандартов. Период от всходов до созревания у них был от 45 до 56 дней. Наиболее урожайным, продуктивным и крупносемянным был образец вида *C.pinnatifidum* и-610367.

С целью изучения образцов однолетних диких видов нута в качестве потенциальных источников устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам и дальнейшего их включения в отечественные селекционные программы, в 2010-2012 годах, в условиях Екатерининской опытной станции ВИР (Тамбовская обл.) были воспроизведены новые репродукции семян 17 образцов однолетних диких видов нута, различного географического происхождения.

В данной статье изложены результаты полевого изучения основных агрономических признаков у образцов однолетних диких видов нута, впервые произрастающих в новых для представителей рода *Cicer* условиях.

Материалы и условия проведения исследований

В течение 2010 и 2011 годов в условиях Екатерининской опытной станции ВИР (Екатеринино, Тамбовская обл.) были выращены семена образцов диких видов нута, интродуцированных из ICARDA (Сирия). В 2012 году было проведено изучение 17 образцов семи однолетних диких видов нута: *Cicer pinnatifidum*, *C.judaicum*, *C. echinospermum*, *C. reticulatum*, *C.bijugum*, *C. yamashitae*, *C. cuneatum* и одного образца многолетнего дикого вида – *C. anatolicum* из 5 стран – Армении, Афганистана, Ливана, Турции, Эфиопии (табл. 1).

В качестве стандартов использовались районированные сорта Волгоградский 10 и Краснокутский 36, относящиеся к виду *C. arietinum* L.

Посев в поле был проведен 27 апреля. Каждый образец высевался на одной делянке. Для каждой делянки отмечались даты наступления фенологических фаз растений нута, масса 1000 семян, масса семян с делянки. У 10 растений с делянки был измерен вес сухого растения, высота растения от почвы до высшей точки, высота прикрепления нижнего боба, число ветвей первого порядка, число ветвей второго порядка, число бобов на одном растении, масса бобов с семенами, масса семян с одного растения, число семян на одном растении.

Изучение и оценку коллекционных образцов нута проводили в соответствии с методическими указаниями и классификатором ВИР [6,7,8]. Погодные условия способствовали росту и развитию растений нута.

Для выявления связи между элементами продуктивности был использован корреляционно-регрессионный анализ, для сравнения групп образцов – дисперсионный анализ, для сравнений со стандартом – t-критерий Стьюдента, для выявления однородных групп – кластерный анализ (евклидовы расстояния между объектами, метод связывания Варда). Расчеты производились в пакете Statsoft Statistica 6.0. В исследовании принят уровень значимости 5 %.

Результаты и обсуждение

1. Фенология

Посев образцов диких видов и стандартов был проведен 25-27 апреля, начало всходов отмечено 1-6 мая, через 2-4 дня полные всходы. 5-10 июня наблюдалось начало цветения. Начало созревания стандартов наблюдалось 19-20 июля, у образцов диких видов

значительно варьировало – от 6 июля до 3 августа. Полное созревание стандартов отмечено 29-30 июля, образцов диких видов с 16 июля по 8 августа. Продолжительность межфазных периодов образцов диких видов и стандартных сортов приведена в табл. 1. Виды ранжированы по продолжительности периода посев-созревание.

Таблица 1

Продолжительность межфазных периодов исследованных образцов

№ п/п	№ каталога	Название вида	Происхождение	Посев-всходы	Всходы-полное цветение	Полное цветение-начало созревания	Начало-полное созревание	Всходы-созревание	Посев - полное созревание
1	617455	<i>C. pinnatifidum</i>	Турция	6	37	27	10	74	80
2	617456		Турция	6	37	27	10	74	80
3	602526		Эфиопия	6	37	27	10	74	80
4	617446	<i>C. judaicum</i>	Ливан	7	39	34	10	83	90
5	617441	<i>C. pinnatifidum</i>	Турция	7	39	34	10	83	90
6	610381	<i>C. echinospermum</i>	Турция	10	32	45	7	84	94
7	610363		Турция	10	32	45	9	86	96
8	610364		Турция	10	32	45	9	86	96
9	610367	<i>C. reticulatum</i>	Турция	10	32	45	9	86	96
10	617435		Турция	10	32	45	9	86	96
11	617444		Турция	10	32	45	9	86	96
15	617424	<i>C. bijugum</i>	Турция	6	42	39	9	90	96
16	617429		Турция	6	42	39	9	90	96
12	617453	<i>C. yamashitae</i>	Афганистан	11	33	46	7	86	97
13	610380		Турция	11	33	46	7	86	97
14	613869	<i>C. anatolicum</i>	Армения	13	32	53	5	90	103
17	610395	<i>C. cuneatum</i>	Эфиопия	12	36	50	5	91	103
	2197	Волгоградский 10	Волгоград	12	42	32	10	84	96
	2397	Краснокутский 36	Саратовская обл.	12	43	32	11	86	98

Образцы одного вида характеризуются одинаковой продолжительностью межфазных периодов, так что можно сравнивать фенологию видов. Исследуемые виды предоставляют широкий диапазон продолжительности периода от посева до полного созревания: от 80 дней у *C. pinnatifidum* до 103 дней у *C. anatolicum* и *C. cuneatum*, в то время как у сортов - стандартов составила в среднем 96-98 дней. Дикie виды имеют более короткий период от посева до полного цветения 42-48 дней, чем сорта – стандарты 54-55 дней. Продолжительность периода от полного цветения до начала созревания значительно варьировала: от 27 дней у *C. pinnatifidum* до 53 дней у *C. anatolicum* и у 7 из исследованных 8 видов (кроме *C. pinnatifidum*), превышала продолжительность этого периода у стандартных сортов – 32 дня. Дикie виды более дружно цветут и созревают: продолжительность периода от начала до полного цветения составила у них 2-5 дней, от начала до полного созревания у дикарей составила 5-10 дней; у стандартных сортов 8 и 10-11 дней соответственно.

2. Структурный анализ продуктивности

Исследуемые образцы представляют широкий диапазон элементов продуктивности. В таблице 2 образцы расположены в порядке возрастания продолжительности периода посев: полное созревание. Подчеркнуты значения, достоверно превышающие хотя бы один стандарт.

По массе семян с одного растения образец дикого вида *C. pinnatifidum* 617429 (29,7 г) достоверно превысил оба стандарта (16,5-18 г), еще четыре образца имели продуктивность не ниже стандартов, это образцы 610364 (19,4 г) *C. echinospermum*, 610380 (18,3 г) *C. bijugum*, 613869 (17,8 г) *C. anatolicum*. Образец 617429 по ряду признаков превосходит стандарты, По массе сухого вещества образец 617429 (66,1 г) *C. bijugum* превысил стандарт Краснокутский 36 (37 г). Сравнимы со стандартами по массе сухого вещества (37-42 г) были

образцы 610381 (42 г), 610363 (39,6 г), 610364 (42,2 г) *C. echinospermum*, 610380 (45,6 г) *C. bijugum*, 613869 (46 г) *C. anatolicum*. Образцы диких видов имели в среднем от 35,5 до 159,4 бобов на растение и по этому показателю либо превышали стандарты, имевшие 46,2-61,6 бобов на растение, либо не отличались достоверно от них. По массе 1000 семян (3 г ч 225 г) все образцы диких видов уступали стандартам (235-240 г). Шесть образцов имели достоверно больше ветвей второго порядка от 12 до 17 ветвей), чем стандарт Краснокутский 36 (7,2), три из них и стандарт Волгоградский 10 (9,3), Число семян на одном растении у диких видов также было достоверно больше (у 8 образцов оно составило 118-176 шт.) или не отличалось от стандартов (53,2 – 66,9 шт.). Образцы диких видов имели высоту 30,2-58,8 см и были достоверно ниже стандарта Краснокутский 36 (66,6 см), а десять образцов и стандарта Волгоградский 10 (55,9 см). Самыми высоким был образец 602526 *C. pinnatifidum* из Эфиопии (58,8 см). Оба образца из Эфиопии (представители видов *C. pinnatifidum* и *C. cuneatum*) имели форму куста 3, все образцы из других стран – 1. Высота прикрепления нижнего боба достоверно ниже у диких видов (4,6-15,2 см), чем у стандартов (28,5-37,2 см). По числу ветвей первого порядка выделяется образец 610395, имеющий 8 ветвей, у остальных образцов число ветвей первого порядка (1,2-2 шт. на растение) достоверно не отличается от стандартов (2,1-2,2 шт.).

Таблица 2

Структурный анализ образцов диких видов

Вид	№ каталога	Вес сухого растения	Высота растения от почвы до высшей точки	Высота прикрепления нижнего боба	Число ветвей 1-го порядка	Число ветвей второго порядка	Вес бобов с семенами	Вес семян с 1-го растения	Число бобов на одном растении	Число семян на одном растении	Масса 1000 семян, г
<i>C. pinnatifidum</i>	602526	11±2.9	58.8±2.5	11.8±2	1.3±0.3	4.3±0.6	4.8±0.8	2.8±0.8	35.5±6.1	103±21.8	30
	617455										15
	617456	14.8±2.9	30.2±1.8	4.6±0.4	1.4±0.2	15.8±1.5	7.8±0.5	3.8±0.4	87±7.2	144.6±13.4	25
	617441	8.2±2.9	37.8±5.9	4.8±0.2	1.4±0.2	7.8±2	2±0.6	1±0	44.8±13	61.8±17.9	10
<i>C. judaicum</i>	617446										
<i>C. echinospermum</i>	610381	42±6.9	36.4±0.7	11.4±1.3	1.8±0.4	11.4±2	31.4±5.7	16.6±3.2	121.6±19.7	118±21.5	150
<i>C. reticulatum</i>	610363	39.6±5.8	43.4±2.2	11.6±0.5	1.8±0.2	13.4±1.9	24.2±3.9	14.8±3.4	114±13.8	120±21.4	120
	610364	42.2±7	41±1.5	11.2±0.6	2±0.3	11.6±2.1	28.4±4.4	19.4±4	139±25.6	147±27.2	50
	610367	30.2±5.4	41.8±1.3	15.2±0.9	1.8±0.2	10.6±1.5	20.2±4	12.4±2.6	81±14	71.2±16.8	190
	617435										
	617444	23.8±3.9	34.6±0.4	8.6±1	2±0.3	14±2.8	14.8±2.1	9.2±1.2	99.2±14.3	81.6±11.3	120
<i>C. bijugum</i>	617424	12±2.7	46.2±4.1	10.4±1.4	1.2±0.2	3.4±0.7	6.2±1.6	3.6±0.7	49±12.9	151±39.6	25
	617429	66.1±19.3	47.1±2.5	8.9±1	1.4±0.2	15.1±2.3	45.3±13.6	29.7±9	159.4±36.1	154.7±35.1	225
<i>C. yamashitae</i>	610380	45.6±6.8	37.3±0.9	10±0.8	1.4±0.3	12.7±2.1	32.9±4.6	18.3±2.6	121.1±19.5	123.7±17.4	155
	617453										
<i>C. anatolicum</i>	613869	46±8.6	36±1.7	9.3±0.8	1.5±0.3	16±4.7	33.8±7	17.8±4.1	151.3±31.2	145.5±32	140
<i>C. cuneatum</i>	610395	21±13	46.5±18.5	11.5±1.5	8±6	17±11	9.5±7.5	5±4	63.5±41.5	176±170	3
Волгоградский 10	2197	42±9.1	55.9±1.9	28.5±1.5	2.1±0.2	9.3±1.5	27±6.4	18±3.4	61.6±10	66.9±12	240
Краснокутский 36	2397	37±5.6	66.6±1.1	37.2±1.6	2.2±0.1	7.2±0.9	23.1±3.7	16.5±2.9	46.2±5.9	53.2±7.4	235

Ряд исследованных признаков тесно связан друг другом (табл. 3). В таблице подчеркнуты значимые элементы корреляции. Для исследованных образцов диких видов, масса семян с растения тесно связана с рядом признаков: массой бобов с семенами ($r=0,99$), массой сухого растения ($r=0,99$), числом бобов на одном растении ($r=0,93$), массой 1000 семян ($r=0,81$). Все перечисленные признаки имеют недостоверную для нашей небольшой выборки связь средней силы с продолжительностью периода полное цветение – полное созревание ($r=0,50$ ч $0,53$).

Высота растения, высота прикрепления нижнего боба, число ветвей первого порядка с продуктивностью не связаны. Высота прикрепления нижнего боба недостоверно связана с высотой растения ($r=0,49$). Высота растения недостоверно отрицательно коррелирует с числом ветвей второго порядка ($r=-0,51$), положительно с продолжительностью периода от всходов до полного цветения ($r=0,35$).

Таблица 3

Корреляции между элементами продуктивности и продолжительностями межфазных периодов образцов

	Высота растения от почвы до высшей точки	Высота прикрепления нижнего боба	Число ветвей 1-го порядка	Число ветвей второго порядка	Число бобов на одном растении	Вес бобов с семенами	Вес семян с 1-го растения	Число семян на одном растении	Масса 1000 семян	Всходы-полное цветение	Полное цветение-полное созревание
Вес сухого растения	-0.10	0.24	-0.12	0.52	0.93	0.99	0.99	0.32	0.81	-0.24	0.53
Высота растения от почвы до высшей точки		0.49	0.16	-0.51	-0.37	-0.15	-0.08	0.12	-0.14	0.35	-0.23
Высота прикрепления нижнего боба			0.21	-0.16	0.04	0.24	0.25	0.01	0.34	-0.36	0.48
Число ветвей 1-го порядка				0.42	-0.18	-0.18	-0.19	0.42	-0.32	-0.18	0.32
Число ветвей второго порядка					0.63	0.48	0.45	0.38	0.34	-0.46	0.43
Число бобов на одном растении						0.94	0.92	0.34	0.70	-0.37	0.53
Вес бобов с семенами							0.98	0.29	0.83	-0.27	0.53
Вес семян с 1-го растения								0.28	0.81	-0.19	0.50
Число семян на одном растении									-0.13	0.07	0.13
Масса 1000 семян										-0.22	0.45
Всходы-полное цветение											-0.58

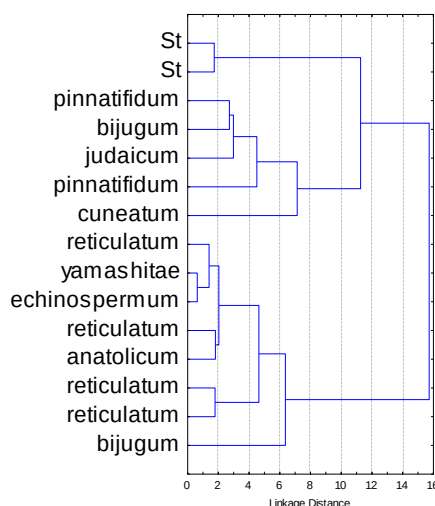


Рис. Группировка 15 образцов диких видов рода *Cicer* L. с изученной структурой продуктивности. St обозначены сорта – стандарты Волгоградский 10 и Краснодарский 36.

Кластерный анализ, проведенный для всех изученных признаков: показателей структуры продуктивности, продолжительности периода всходы – цветение, цветение – созревание, показывает наличие двух контрастных групп диких видов (рис.). Кластерный анализ был проведен с использованием всех изученных признаков – показателей структуры продуктивности, продолжительности периода всходы – цветение, цветение – созревание. Все 4 образца вида *Cicer reticulatum* (все из Турции), образцы видов *C. yamashitae* (Турция), *C. echinospermum* (Турция), *C. anatolicum* (Армения), один из двух образцов *C. bijugum* №

617429 (Турция) вошли в одну группу (рис.). Образцы этой группы характеризуются достоверно большой массой семян с одного растения, массой сухого растения, массой бобов с семенами, числом бобов на одном растении, массой 1000 семян, меньшей продолжительностью периода всходы – полное цветение и большей полное цветение – полное созревание, чем образцы второй группы. Во вторую группу, характеризующуюся меньшей продуктивностью, вошли 2 образца *C. pinnatifidum* (из Турции и Эфиопии), *C. judaicum* (из Турции), *C. cuneatum* (из Эфиопии) и один из двух образцов *C. bijugum* № 617424 из Турции.

Выводы

Результаты изучения образцов диких видов нута в условиях Центральной России свидетельствуют о возможности выращивания и получения у них кондиционных семян в полевых условиях Тамбовской области, значительно севернее их естественных ареалов.

В результате полевого изучения образцов диких видов нута выявлены морфологические особенности образцов, определены фенологические фазы развития, проведен структурный анализ элементов продуктивности, охарактеризованы связи между образцами. Полученные данные могут быть использованы в селекционных программах России, по повышению устойчивости современных районированных сортов нута к абиотическим и биотическим факторам среды.

Литература

1. Van der Maesen, L.J. G. *Cicer* L. A monograph of the genus with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation // Veenman and Zonen, Wageningen, Netherlands. 1972. - P. 17-136.
2. Van der Maesen, L.J. G. Origin, history and taxonomy of chickpea: // C. A. B International. 1987. – P. 11-34.
3. Annual report for 1994 and 1995. Genetic Resources Unit. ICARDA. Aleppo, Syria, 1995. – P.90-91.
4. Annual report for 1995. Genetic Resources Unit. ICARDA. Aleppo, Syria, 1995. – P.72
5. Булынтцев С.В., Гриднев Г.А., Сергеев Е.А., Гуркина М.В., Некрасов А.Ю. Селекционная ценность новых поступлений нута для основных регионов возделывания в Российской Федерации. Труды по прикл., бот., генетике и селекции, Санкт-Петербург 2012, т. 170. – С. 214-222.
6. Корсаков Н.И., Адамова О.П. и др. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л., 1975. – 59 с.
7. Демина Р. Б. Классификатор рода *Cicer* L. (Нут). Л., 1980. – 16 с.
8. Вишнякова М.А., Буравцева Т.В. и др. Методические указания. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. СПб, 2010. – 161 с.

FEATURES OF VEGETATION COLLECTION ACCESSIONS OF WILD SPECIES CHICKPEA (CYCER L.) IN THE CONDITIONS OF THE TAMBOV REGION

S.V. Bulyntsev, L.Yu. Novikova, G.A. Gridnev, E.A. Sergeev,

A.Yu. Nekrasov, M.V. Gurkina

FEDERAL RESEARCH CENTER THE N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES, St. Petersburg, Russia,

E-mail: s_bulyntsev@mail.ru

Abstract: Field studies have been carried out in the environments of Tambov Province to assess 17 accessions of seven annual wild species of chickpea – *Cicer pinnatifidum*, *C. judaicum*, *C. echinospermum*, *C. reticulatum*, *C. bijugum*, *C. yamashitae* and *C. cuneatum* – and one accession of the perennial wild species *C. anatolicum*. The results of phenological research, structural and cluster analyses of plants have shown that these accessions of wild chickpea may be grown in the fields of Tambov Province and should be included in chickpea breeding programs as sources of resistance to various abiotic and biotic stress factors.

Keywords: chickpea, wild species, phenology, structural analysis, cluster analysis.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮПИНА БЕЛОГО ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

В.Н. НАУМКИН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук

О.Ю. КУРЕНСКАЯ, аспирант

А.А. МУРАВЬЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. КРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

А.И. АРТЮХОВ*, профессор, доктор сельскохозяйственных наук

М.И. ЛУКАШЕВИЧ*, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГАУ ИМ. В.Я. ГОРИНА»

*ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НИИ ЛЮПИНА»

В статье приведены результаты полевых исследований по изучению влияния минеральных макро- и микроудобрений на нарастание биомассы, формирование симбиотического аппарата, урожайность и качество семян люпина белого (Lupinus albus) сорта Дега, а также дано экономическое и биоэнергетическое обоснование их применения в условиях Белгородской области. Исследования были проведены в 2013 и 2014 годах на коллекционном питомнике кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина. В годы проведения исследований погодные условия были засушливыми, характеризовались дефицитом влаги при избытке тепла в критические периоды развития растений люпина. Опыт включал в себя десять вариантов: контроль (без внесения удобрений), N_{60} , P_{60} , K_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3. Площадь учетных делянок 10 м², повторность четырехкратная, размещение систематическое. Предшественник люпина – яровая пшеница. Агротехника – принятая для возделывания ранних зерновых бобовых культур в регионе. Полученные данные показали, что внесение полного минерального удобрения в сочетании с микроудобрениями ($N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3) способствовало лучшему формированию надземной биомассы и симбиотического аппарата растений люпина, что обеспечило получение урожайности семян 2,39 и 2,35 т/га высокого качества с содержанием сырого белка 41,3 % и 40,5 %. При этом достигается высокая экономическая (уровень рентабельности 184,6 % и 183,2 %) и биоэнергетическая (биоэнергетический коэффициент 2,4 и 2,3) эффективность возделывания люпина белого.

Ключевые слова: люпин, сорт, минеральные удобрения, высота растений, сухое вещество, клубеньки, урожайность, качество урожая, эффективность.

Важной проблемой современного сельскохозяйственного производства Центрально-Черноземного региона остается обеспечение интенсивно развивающегося животноводства дешевыми высокобелковыми, энергонасыщенными кормами собственного производства при сохранении и повышении почвенного плодородия [1, 2, 3].

Успешным решением этой проблемы в регионе является возделывание высокобелковых зерновых бобовых культур. Научными исследованиями и передовой производственной практикой установлено, что из немногочисленного ассортимента зернобобовых культур наиболее перспективным для возделывания в регионе является люпин белый (Lupinus albus L.) [4, 5].

Люпин белый – ценная кормовая и средоулучшающая культура, обладающая высоким продукционным потенциалом. При благоприятных почвенно-климатических условиях он способен формировать урожай семян 4-5 т/га. Содержание белка в семенах люпина составляет 38-43 %. Белок люпина содержит полный набор незаменимых аминокислот. Он хорошо усваивается и может быть использован на корм любым видам животных. Кроме того, люпин отличается относительно низкой энергоёмкостью при возделывании,

нетребовательностью к почвенному плодородию и высокой азотфиксирующей способностью [6, 7, 8, 9, 10].

Для повышения эффективности производства культуры люпина белого в засушливых условиях региона необходимо уделить особое внимание оптимизации минерального питания и его влиянию на урожайность и качество семян. Поэтому подбор видов, сочетаний минеральных удобрений для люпина белого в соответствии с морфологическими и биологическими особенностями культуры, почвенно-климатическими условиями региона является актуальной задачей.

Материалы и методика исследований

Полевые исследования проведены в 2013-2014 гг. на коллекционном питомнике кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистый малогумусный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в пахотном слое – 4,13 %, рН солевой вытяжки – 5,6, содержание легкогидролизуемого азота по Корнфилду – 137,0 мг/кг, подвижного фосфора по Чирикову – 142,0 мг/кг, обменного калия по Чирикову – 155,0 мг/кг почвы.

В полевой опыт были включены следующие варианты: контроль (без внесения удобрений), N_{60} , P_{60} , K_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3. Минеральные макроудобрения вносили в виде аммиачной селитры ($N-34,4\%$), суперфосфата двойного ($P_2O_5 - 46,2\%$), хлористого калия ($K_2O - 56\%$) под предпосевную культивацию, а микроудобрения ЖУСС-2 (Cu 32-40 г/л, Mo 17-22 г/л) и ЖУСС-3 (Cu 16,2-20 г/л, Zn 35-40 г/л) – в дозе 2,0 л/га, в фазу бутонизации растений.

В опыте использовали высокоинтенсивный сорт белого люпина Дега, включенный в Госреестр селекционных достижений по 5 региону.

Полевые опыты закладывали согласно существующим методическим рекомендациям. Площадь учетных делянок 10 м^2 , повторность четырехкратная, размещение систематическое. Предшественник люпина – яровая пшеница. Посев проводили при прогревании посевного слоя до $6-7^\circ\text{C}$ с нормой высева 1,3 млн. шт. всхожих семян на га. Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см. Агротехника – принятая для возделывания ранних зерновых бобовых культур в регионе. Гербицид Гезагард 3,0 л/га вносили в почву после посева люпина.

В процессе выполнения полевых опытов применялись общепринятые методы (по соответствующим ГОСТам). Биохимический анализ семян люпина проводили в аналитической лаборатории ВНИИ люпина.

При расчете экономической эффективности агротехнических приемов руководствовались рекомендациями по ее определению с использованием научных разработок в земледелии (Нормативы и расценки 2014 года). Энергетическую эффективность возделывания люпина определяли по методике В.В. Коринец, А.Ф. Козловцева, В.Н. Козенко (1985) [11].

Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) на персональном компьютере [12].

Результаты и обсуждение

Из всех факторов формирования урожайности семян люпина недоступным для прямого регулирования человеком остаются погодные условия (космический фактор). В годы проведения исследований погодные условия были засушливыми, характеризовались дефицитом влаги при избытке тепла в критические периоды развития растений люпина. Поэтому сложились довольно жесткие условия для роста и развития растений, что негативно сказалось на урожае.

При возделывании люпина белого важнейшими морфологическими показателями являются линейный рост и биомасса растений, из которых в дальнейшем складывается его продуктивность (табл. 1).

Таблица 1

Высота и масса воздушно-сухого вещества растений люпина белого в зависимости от минеральных удобрений (2013-2014 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Среднее на одно растение, см г				
		нарастание листьев	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов
1	Контроль – б/у	<u>14,8</u> 1,6	<u>19,9</u> 2,3	<u>27,8</u> 5,0	<u>39,5</u> 12,7	<u>56,7</u> 25,9
2	N ₆₀	<u>16,6</u> 2,5	<u>22,3</u> 3,3	<u>30,9</u> 6,1	<u>42,6</u> 14,0	<u>60,7</u> 27,2
3	P ₆₀	<u>15,5</u> 1,9	<u>21,1</u> 2,7	<u>29,7</u> 5,5	<u>41,5</u> 13,3	<u>59,4</u> 26,5
4	K ₆₀	<u>16,7</u> 2,7	<u>22,7</u> 3,7	<u>31,4</u> 6,3	<u>43,5</u> 14,3	<u>61,0</u> 27,7
5	N ₆₀ P ₆₀	<u>17,9</u> 3,4	<u>24,2</u> 4,5	<u>33,0</u> 7,1	<u>45,2</u> 15,3	<u>62,7</u> 28,4
6	N ₆₀ K ₆₀	<u>18,2</u> 3,6	<u>24,5</u> 4,8	<u>33,1</u> 7,6	<u>45,9</u> 15,6	<u>63,4</u> 28,9
7	P ₆₀ K ₆₀	<u>19,1</u> 4,1	<u>25,6</u> 5,3	<u>34,6</u> 8,1	<u>47,2</u> 16,3	<u>64,9</u> 29,5
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>19,5</u> 4,4	<u>26,9</u> 5,7	<u>35,8</u> 8,4	<u>48,3</u> 16,9	<u>65,8</u> 30,1
9	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-2	<u>21,2</u> 5,3	<u>28,7</u> 6,5	<u>37,7</u> 9,3	<u>49,8</u> 18,2	<u>67,2</u> 31,7
10	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-3	<u>20,6</u> 4,8	<u>28,0</u> 6,0	<u>36,8</u> 8,8	<u>48,9</u> 17,4	<u>66,4</u> 30,8

Примечание: над чертой – высота (см), под чертой – масса воздушно-сухого вещества (г)

Высота и масса воздушно-сухого вещества растений люпина в годы проведения исследований варьировали в зависимости от использования минеральных удобрений, а различия начали проявляться с фазы нарастания листьев.

На вариантах с применением полного минерального удобрения и комплексным использованием макро- и микроудобрений во все фазы вегетации высота и масса воздушно-сухого вещества были выше, чем на контроле и других вариантах опыта. Так, в фазу образования бобов на варианте N₆₀P₆₀K₆₀ высота растений составляла 65,8 см, масса воздушно-сухого вещества – 30,1 г.; на вариантах N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-2 – 67,2 см и 31,7 г.; N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-3 – 66,4 см и 30,8 г, что на 9,1 см и 4,2 г, 10,5 см и 5,8 г, 9,7 см и 4,9 г больше по сравнению с контролем соответственно. Аналогичные закономерности были отмечены и в более ранние фазы вегетации.

Важным показателем азотфиксирующей способности люпина является количество и масса активных клубеньков на корнях растений. В наших полевых опытах в засушливых условиях количество и масса активных клубеньков зависела как от влагообеспеченности и температурного режима, так и от уровня минерального питания (табл. 2).

Комплексное применение макро- и микроудобрений в сложившихся засушливых условиях оказывало положительное влияние на формирование симбиотического аппарата корневой системы растений люпина. Наибольшее число и масса активных клубеньков в фазу образования бобов были отмечены на вариантах опыта N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-2 – 24,4 шт. и 52,2 мг, N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-3 – 23,9 шт. и 51,7 мг, что на 5,1 шт. и 5,0 мг, 4,6 шт. и 4,5 мг больше, по сравнению с контрольным вариантом, соответственно.

Таблица 2

Число и масса активных клубеньков на корнях растений люпина белого в зависимости от минеральных удобрений (2013-2014 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Среднее на одно растение					
		нарастание листьев		цветение		Образование бобов	
		число, шт.	масса, мг	число, шт.	масса, мг	число, шт.	масса, мг
1	Контроль – б/у	6,4	22,8	13,5	40,1	19,3	47,2
2	N ₆₀	7,3	24,1	14,7	41,2	20,5	48,7
3	P ₆₀	6,7	23,4	14,1	40,5	19,9	48,4
4	K ₆₀	7,7	24,4	15,0	41,6	20,9	49,2
5	N ₆₀ P ₆₀	8,3	25,3	15,9	42,5	21,7	49,9
6	N ₆₀ K ₆₀	8,6	25,8	16,3	43,0	22,0	50,3
7	P ₆₀ K ₆₀	9,2	26,4	16,8	43,6	22,8	50,9
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,6	27,0	17,3	44,1	23,6	51,1
9	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-2	10,8	28,2	18,7	45,5	24,4	52,2
10	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-3	10,2	27,8	18,1	44,9	23,9	51,7

Интегрирующим показателем влияния комплекса агротехнических приёмов на продуктивность растений и эффективность производства культуры является урожайность. В годы проведения исследований использование минеральных удобрений в засушливых погодных условиях способствовало увеличению семенной продуктивности растений люпина белого (табл. 3).

Довольно высокая урожайность семян люпина была получена на вариантах опыта N₆₀K₆₀, N₆₀P₆₀, P₆₀K₆₀, N₆₀P₆₀K₆₀ и составила 1,95 т/га, 1,97 т/га, 2,05 т/га и 2,14 т/га соответственно, тогда как на контроле лишь 1,48 т/га. Еще выше урожайность семян люпина белого была получена на вариантах опыта с комплексным использованием макро- и микроудобрений. На варианте опыта N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-2 урожайность семян люпина составила 2,39 т/га, а на варианте N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-3 – 2,35 т/га, что на 0,91 т/га или 61,5 % и 0,87 т/га или 58,8 % больше по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 3

Урожайность и качество семян люпина белого в зависимости от минеральных удобрений (2013-2014 гг.)

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га	Сырой белок, %	Сырой жир, %	Алкалоиды, %	Сбор к. ед., т/га	Сбор, кг/га		Сбор КПЕ, т/га
							белка	жира	
1	Контроль – без внесения удобрений	1,48	39,2	7,7	0,131	1,63	578	111	3,71
2	N ₆₀	1,79	39,8	7,4	0,124	1,97	710	130	4,54
3	P ₆₀	1,68	41,6	7,3	0,131	1,85	699	121	4,42
4	K ₆₀	1,77	42,2	7,8	0,131	1,95	747	136	4,71
5	N ₆₀ P ₆₀	1,95	40,6	7,4	0,131	2,15	791	142	5,03
6	N ₆₀ K ₆₀	1,97	40,2	7,5	0,135	2,16	789	144	5,03
7	P ₆₀ K ₆₀	2,05	40,6	7,5	0,121	2,26	832	151	5,29
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,14	39,6	7,3	0,136	2,35	845	155	5,40
9	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-2	2,39	41,3	7,3	0,117	2,64	986	171	6,25
10	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-3	2,35	40,5	7,6	0,158	2,59	953	176	6,06

Примечание: НСР₀₅ для урожайности в 2013 году – 0,12, в 2014 году – 0,20

Одной из важных задач современного сельскохозяйственного производства является получение высококачественной, биологически полноценной продукции. При возделывании люпина белого основными показателями для оценки качества семян являются содержание в нем сырого белка и жира, а также их сбор с урожаем. Проведенный биохимический анализ семян люпина показывает, что его состав зависел от уровня минерального питания. В годы

проведения исследований внесение минеральных удобрений повышало не только урожайность, но и содержание белка в семенах люпина.

Содержание сырого белка в семенах люпина белого колебалось по вариантам опыта от 39,2 до 42,2 %. Наибольшее содержание белка было отмечено на вариантах $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖУСС-2$ – 41,3 %, P_{60} – 41,6 % и K_{60} – 42,2 %, тогда как на контроле лишь 39,2 %. Содержание сырого жира в семенах люпина мало различалось по вариантам опыта и варьировало от 7,3 до 7,8 %.

При изучении алкалоидов в семенах люпина было отмечено малое их содержание, которое находилось в пределах от 0,117 до 0,158 %, что ниже предельно допустимой нормы для кормовых сортов.

Важными показателями, характеризующими люпин как ценную кормовую культуру, являются также сбор кормовых и кормопротеиновых единиц, сырого белка и жира в урожае семян с гектара посева. Наибольший сбор кормовых и кормопротеиновых единиц, сырого белка и жира в урожае люпина белого был получен на вариантах $N_{60}P_{60}K_{60} - 2,35$ и $5,40$ т/га, 845 кг/га и 155 кг/га, $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖУСС-2 - 2,64$ и $6,25$ т/га, 986 кг/га и 171 кг/га, $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖУСС-3 - 2,59$ и $6,06$ т/га, 953 кг/га и 176 кг/га соответственно, тогда как на контроле эти показатели составили $1,63$ и $3,71$ т/га, 578 кг/га и 111 кг/га.

Одним из основных этапов наших исследований является повышение продуктивности посевов, экономической и биоэнергетической эффективности применения макро- и микроудобрений при возделывании люпина белого. Экономическое обоснование инновационных агроприемов поможет выявить и, в дальнейшем, рекомендовать оптимальную адаптивную технологию возделывания люпина белого на семена для Центрально-Черноземного региона.

За основные показатели сравнительной оценки экономической эффективности применения макро- и микроудобрений на люпине белом нами были приняты следующие: себестоимость, прибыль и уровень рентабельности. Причем прибыль и уровень рентабельности находятся в прямой зависимости от урожайности культуры, а себестоимость имеет обратную зависимость.

Показатели экономической эффективности возделывания люпина во многом зависели от применения разных видов и сочетаний макроудобрений, а также от использования микроудобрений в комплексе с полным минеральным удобрением.

Лучшие показатели экономической эффективности производства люпина белого в среднем за 2013-2014 гг. были получены на варианте опыта с фосфорно-калийным удобрением ($P_{60}K_{60}$), на котором себестоимость семян составила 5517 руб./т, а прибыль и уровень рентабельности производства – 19440 руб./га и $171,9\%$ соответственно. Еще более высокие показатели эффективности были отмечены на вариантах опыта с комплексным использованием макро- и микроудобрений. На вариантах $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖУСС-2$ и $N_{60}P_{60}K_{60} + ЖУСС-3$ себестоимость семян составила 5270 и 5296 руб./га, прибыль – 23254 и 22804 руб./га, уровень рентабельности – $184,6$ и $183,2$ % соответственно, что значительно выше, чем на контроле и других вариантах полевого опыта (табл. 4).

На остальных вариантах опыта экономические показатели были ниже, чем на вариантах с применением фосфорно-калийного удобрения и с совместным применением макро- и микроудобрений, но выше по сравнению с контролем.

Одного лишь экономического обоснования для объективной оценки применяемых удобрений под люпин белый недостаточно, так как в настоящее время оно большей частью определяется непостоянными ценовыми параметрами. Поэтому важно наряду с экономической эффективностью рассмотреть биоэнергетическую оценку изучаемых агроприемов возделывания люпина. Это позволит выявить технологию возделывания этой ценной зернобобовой культуры с максимальным выходом обменной энергии с урожаем и наибольшим энергетическим доходом.

В качестве основных показателей сравнительной оценки биоэнергетической эффективности применения макро- и микроудобрений на люпине нами были взяты выход обменной энергии, прирост общей энергии, коэффициент энергетической эффективности.

Таблица 4

Экономическая эффективность возделывания люпина белого в зависимости от минеральных удобрений (2013-2014 гг.)

Вариант опыта	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Прибыль, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Контроль - без внесения удобрений	22200	9313	12887	6293	138,4
N ₆₀	26850	10339	16511	5776	159,7
P ₆₀	25200	10510	14690	6256	139,8
K ₆₀	26550	10113	16437	5714	162,5
N ₆₀ P ₆₀	29250	11536	17714	5916	153,6
N ₆₀ K ₆₀	29550	11139	18411	5654	165,3
P ₆₀ K ₆₀	30750	11310	19440	5517	171,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	32100	12336	19764	5764	160,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-2	35850	12596	23254	5270	184,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-3	35250	12446	22804	5296	183,2

Высокие значения показателей биоэнергетической эффективности были получены на вариантах опыта с применением фосфорно-калийного (P₆₀K₆₀) и полного минерального удобрения (N₆₀P₆₀K₆₀). Выход обменной энергии составил – 29,73 и 31,03 ГДж/га, прирост общей энергии – 16,33 и 17,03 ГДж/га соответственно, коэффициент энергетической эффективности на обоих вариантах – 2,22 (табл. 5).

На вариантах опыта с комплексным применением макро- и микроудобрений выход обменной энергии, прирост общей энергии, биоэнергетический коэффициент были еще выше, и составили на варианте N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-2 – 34,66 ГДж/га, 19,96 ГДж/га, 2,36, а на варианте N₆₀P₆₀K₆₀ + ЖУСС-3 – 34,08 ГДж/га, 19,18 ГДж/га, 2,29 соответственно.

На всех остальных вариантах опыта показатели биоэнергетической эффективности также были выше по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 5

Биоэнергетическая эффективность возделывания люпина белого в зависимости от минеральных удобрений (2013-2014 гг.)

Вариант опыта	Выход		Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Прирост общей энергии, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
	кормовых ед., т/га	обмен энергии, ГДж/га			
Контроль – без внесения удобрений	1,63	21,46	12,3	9,16	1,74
N ₆₀	1,97	25,96	13,1	12,86	1,98
P ₆₀	1,85	24,36	13,2	11,16	1,85
K ₆₀	1,95	25,67	13,0	12,67	1,97
N ₆₀ P ₆₀	2,15	28,28	13,6	14,68	2,08
N ₆₀ K ₆₀	2,17	28,57	13,8	14,77	2,07
P ₆₀ K ₆₀	2,26	29,73	13,4	16,33	2,22
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,35	31,03	14,0	17,03	2,22
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-2	2,63	34,66	14,7	19,96	2,36
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ЖУСС-3	2,59	34,08	14,9	19,18	2,29

Заключение

Проведенные исследования и анализ экспериментальных данных позволил в засушливых условиях проведения полевых опытов обосновать виды и сочетания минеральных макро- и микроудобрений, обеспечивающие наилучшую реализацию

биологического потенциала посева люпина белого. Внесение полного минерального удобрения в сочетании с использованием микроудобрений ($N_{60}P_{60}K_{60} + \text{ЖУСС-2}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + \text{ЖУСС-3}$) способствовало лучшему формированию надземной биомассы и симбиотического аппарата растений люпина, что обеспечило получение урожайности семян 2,39 и 2,35 т/га высокого качества с содержанием сырого белка 41,3 % и 40,5 % соответственно при низкой алкалоидности. При этом достигается высокая экономическая (уровень рентабельности 184,6 % и 183,2 %) и биоэнергетическая (биоэнергетический коэффициент 2,4 и 2,3) эффективность возделывания люпина белого в засушливых условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона.

Литература

1. Наумкин В.Н., Хлопяников А.М., Наумкин А.В. Направление биологизации земледелия в Центральном регионе // Земледелие. – 2010. – № 4. – С. 5-7.
2. Наумкин В. Н., Наумкина Л. А., Мещеряков О. Д., Артюхов А. И., Лукашевич М. И., Агеева П. А. Перспективы возделывания люпина в Центрально-Черноземном регионе // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 27-29.
3. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Система удобрения в условиях биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 10-12.
4. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В. Белый люпин – перспективная кормовая культура // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 10. – С. 49-51.
5. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В., Штеле А.Л., Цыгуткин А.С. Рост, развитие, урожайность и кормовая ценность сортов белого люпина (*Lupinus Albus L.*) селекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 6. – С. 12-30.
6. Штеле А.Л. Белый люпин – новый белковый корм для высокопродуктивной птицы // Птицеводство. – 2013. – № 10. – С. 27-33.
7. Муравьев А.А., Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Артюхов А.И., Лукашевич М.И. Продуктивность люпина белого при использовании инокуляции семян, минеральных удобрений и регулятора роста. // Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 23-24.
8. Артюхов А.И., Подобедов А.В. Люпин – важная составляющая часть стратегии самообеспечения России комплементарным белком // Кормопроизводство. – 2012. – № 5. – С. 3-4.
9. Чекмарев П.А., Артюхов А.И. Рациональные подходы к решению проблемы белка в России // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 5-8.
10. Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Куренская О.Ю., Артюхов А.И., Лукашевич М.И. Адаптивная технология возделывания люпина белого для Центрально-Черноземного региона // Вестник Курской ГСХА. – 2013. – № 1. – С. 58-59.
11. Коринец В.В., Козловцева А.Ф., Козенко В.Н. Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур / Волгоград. – 1985. – 30 с.
12. Доспехов В.А. Методика полевого опыта. Изд. 5-е, доп., переработанное. – М.: Агропромиздат. 1985. – 351 с.

WHITE LUPIN EFFICIENCY AT DIFFERENT LEVELS OF MINERAL NUTRITION

V.N. Naumkin, O.J. Kurenskaya, A.A. Murawev, A.N.Kryukov
FGBOU VO «BELGOROD STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY
NAMED AFTER V.Y. GORIN»

A.I. Artyuhov, M.I. Lukashevich
FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LUPINE»

Abstract: Results of field research on the impact of mineral macro- and micronutrients on the growth of biomass, forming symbiotic system, yield and quality of seeds of white lupine (*Lupinus albus*) variety Degas, and the economic and bioenergetic explanation of their application in the Belgorod region. Studies were conducted in 2013 and 2014 in the collection nursery of the department of plant growing, breeding and vegetable growing, Belgorod State Agricultural University named after V.Y. Gorin. During the research the weather conditions were dry, characterized by a shortage of water in excess of heat in the critical periods of development of lupine plants. Experience includes ten variants: control (without fertilizer application), N_{60} , P_{60} , K_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + \text{ZhUSS -2}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + \text{ZhUSS -3}$. The area accounts plots of 10 m², four-time repetition, and systematic planting. The forecrop of lupine – spring wheat. Farming – adopted for the cultivation of early grain legumes in the region. The data

showed that application of complete fertilizer combined with micro fertilizers ($N_{60}P_{60}K_{60} + ZhUSS - 2$, $N_{60}P_{60}K_{60} + ZhUSS - 3$) contributed to a better formation of the above-ground biomass and symbiotic apparatus of lupine plants, that provided the seed yield of 2,39 and 2,35 t / ha of high quality with a crude protein content of 41,3 % and 40,5 %. Thus high economic (level of profitability of 184,6 % and 183,2 %) and bioenergy (bioenergetic factor of 2,4 and 2,3) effectiveness of cultivation of white lupine was achieved.

Keywords: lupine, cultivar, fertilizers, plant height, air-dried substance, nodules, productivity, crop quality, efficiency.

УДК:633.2/3:631

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Н.Н. ЗЕНЬКОВА¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В.А. МИХАЛЬЧЕНКО²

А.Е. ЛУПАНОВ³, аспирант

¹ УО «ВИТЕБСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ», РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

² ООО «ТЕХСОВТОРГ», РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

³ ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В статье изложены особенности формирования продуктивности однолетних агрофитоценозов в условиях северо-восточной части Республики Беларусь. Сорта проса, пайзы и сорго белорусской селекции характеризуются высокой биологической пластичностью, адаптивностью, рационально используют агроклиматические условия зоны возделывания. Урожайность их зеленой массы в зависимости от плодородия почв достигает 350-500 ц/га. Изучение продуктивности и качественного состава зеленой массы и заготовленных кормов из проса, сорго, пайзы и ее смесей с бобовыми культурами показало, что, посевы однолетних теплолюбивых культур обеспечивают высокую урожайность зеленой массы в сочетании с высоким содержанием обменной энергии, минерально-витаминных веществ, а включение бобового компонента повышает обеспеченность корма белком.

Ключевые слова: агрофитоценоз, продуктивность, просо, пайза, сорго, зеленая масса, вика яровая, горох, урожайность, белок, обменная энергия.

Производство и заготовка травяных кормов в настоящее время осуществляется с использованием небольшого ассортимента кормовых культур. Однако в условиях недостаточного увлажнения, большое значение для стабилизации и увеличения производства кормов имеет возделывание культур, обеспечивающих высокие урожаи в экстремальных условиях. В последние годы в связи с заметным изменением климата встает вопрос проведения исследований по изысканию новых видов кормовых культур. В этой связи целесообразно расширение посевов, к которым относятся просо, пайза, сорго. Достоинства данной группы культур – засухоустойчивость, обеспечивающая низкий транспирационный коэффициент (250-300), высокая продуктивность зеленой массы (350-500 ц/га), а так же низкая энерго – и ресурсозатратная технология их возделывания. Известно, что эти культуры по биохимическим показателям характеризуются высоким содержанием углеводов и недостаточным количеством протеина. Избыточное количество сахаров приводит к закислению корма за счет образования большого количества уксусной кислоты. Выходом из данного положения является совместное консервирование с высокобелковыми культурами. Бинарное использование этих культур с бобовыми травами способно обеспечить самоконсервирование корма.

Среди предлагаемых производству культур, в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь хорошо зарекомендовали себя сорта белорусской селекции. Они характеризуются высокой биологической пластичностью, адаптивностью, рационально используют агроклиматические условия зоны возделывания. Просо и пайза являются скороспелыми культурами, что для условий Витебской области особенно актуально. При выращивании пайзы на зеленый корм возможно двухукосное использование. Культура сорго представлена большим разнообразием форм, возделываемых на продовольственные и кормовые цели (сорго сахарное, суданская трава, сорго-суданковый гибрид).

С целью включения высокоэнергетических культур в структуру посевных площадей нами было проведено определение продуктивности и качественного состава зеленой массы и заготовленных кормов из проса, сорго, пайзы и ее смесей с бобовыми культурами.

Методика и условия проведения исследований

Полевые опыты проводились на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в 2009-2011 гг. Пахотный горизонт характеризовался следующими основными агрохимическими показателями: рН (KCl) – 6,0; гумус – 2,1 %; P_2O_5 – 212; K_2O – 205 мг/кг почвы. Закладку полевых опытов, наблюдение и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. Система обработки почвы использовалась согласно требованиям, изложенным в отраслевом регламенте для среднесуглинистых почв в Республике Беларусь. Предшественник - однолетние травы. Обработка почвы общепринятая. Минеральные удобрения вносили общим фоном весной из расчета $N_{80}P_{60}K_{90}$. После укоса проводили подкормку азотными удобрениями в дозе N_{52} . Повторность опыта четырехкратная. Площадь учетной делянки 25 м².

Таблица 1

Схема опыта

Культура	Норма высева, млн. шт./га		Компонент, %	
	злаковый	бобовый	злаковый	бобовый
Вика+овес (стандарт)	4,2	0,9	70	30
Сорго сахарное	1,0	-	100	-
Сорго зерновое	1,0	-	100	-
Сорго-суданковый гибрид	1,2	-	100	-
Пайза	4,5	-	100	-
Просо	4,0	-	100	-
Пайза+ люпин	3,15	0,5	70	30
Пайза+ горох	3,15	0,5	70	30
Пайза+ вика	3,15	0,9	70	30

Анализ химического состава кормов проведен по схеме общего зоотехнического анализа с определением показателей по соответствующим методикам. На основании фактических данных о химическом составе рассчитаны данные общей питательной ценности кормов в НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ.

Результаты и обсуждение. Изучение одновидовых посевов сорговых культур показало, что по урожайности зеленой массы пайза и сорго-суданковый гибрид превзошли стандарт (традиционную вико-овсяную смесь) на 21,6 и 8,8 т/га сформировав урожайность соответственно 63,9 и 51,1 т/га (таблица 2).

Невысокая урожайность зеленой массы отмечена на посевах сорго зернового (23,7 т/га) и сорго сахарного (25,9 т/га). На уровень продуктивности этих культур оказали существенное влияние показатели температурного фактора в мае-июне месяцах в условиях северо-восточной части Республики Беларусь. В то же время пайза в этот период более активно наращивала корневую систему и формировала высокую кустистость растений. Урожайность зеленой массы проса оказалась выше, чем у всех видов сорго, но ниже, чем у стандарта, так как оно наиболее холодостойкое по сравнению с сорговыми культурами.

Таблица 2

Урожайность зеленой массы однолетних культур

Вариант		Зеленая масса				Сухое вещество	
		по компонентам		в сумме			
		злаковый, т/га	бобовый, т/га	т/га	% к стандарту	%	т/га
Вика+овес (стандарт)		21,9	20,4	42,3	100	<u>18,60*</u> <u>28,20</u>	9,82
Просо		38,7	-	38,7	91,5	21,30	8,24
Пайза		63,9	-	63,9	151	22,10	14,12
Сорго сахарное		25,9	-	25,9	61,2	21,29	5,44
Сорго зерновое		23,7	-	23,7	56,0	21,79	5,16
Сорго-суданковый гибрид		51,1		51,1	120,8	23,80	12,16
Пайза+ люпин	1-й укос	21,9	22,0	65,2	154	<u>13,10</u> 18,61	7,0
	2-й укос	21,3	-			11,50	2,45
	всего	43,20	22,0				9,45
Пайза+ горох	1-й укос	19,3	18,8	61,8	146	<u>11,50</u> 17,60	6,12
	2-й укос	23,7	-			13,10	2,73
	всего	43,0	18,8				8,85
Пайза+ вика	1-й укос	24,7	20,5	64,8	153	<u>13,10</u> 19,10	7,95
	2-й укос	14,4	5,2			<u>11,50</u> 18,10	4,26
	всего	39,1	25,7				12,21
НСР ₀₅		3,5					

* в числителе – злаковый, в знаменателе – бобовый компонент

По урожайности сухого вещества значительное преимущество имела пайза (14,12 т/га). Далее культуры распределились в следующем порядке: сорго-суданковый гибрид (12,16 т/га), вико-овсяная смесь (9,82 т/га), просо (8,24 т/га), сорго сахарное (5,44 т/га), сорго зерновое (5,16 т/га).

Кроме одноусного использования посевов пайзы в чистом виде нами изучалась продуктивность посевов пайзы при двуукосном использовании, а также при возделывании ее смесей с различными бобовыми культурами (люпином, горохом, викой). Учет урожайности надземной массы показал, что по ее уровню пайза-бобовые смеси незначительно превосходили одновидовые посевы. Максимальная урожайность получена с совместных посевов пайзы и люпина (65,2 т/га). В этом случае урожайность зеленой массы первого укоса составила 43,9 т/га, где на долю бобового компонента приходилось около 50% массы (22,0 т/га). Урожайность второго укоса составила 21,3 т/га, однако бобового компонента в нем не сформировалось.

Смешанный посев пайзы с викой яровой по урожайности зеленой массы незначительно (0,4 т/га) уступал вышеназванной смеси. Урожайность злакового и бобового компонента в укосах составила: 1 укос – пайза 24,7 т/га, вика – 20,5 т/га; второй укос – 14,4 и 5,2 т/га соответственно. Доля бобового компонента за два укоса в этой смеси оказалась максимальной (25,7 т/га).

Урожайность зеленой массы пайза-гороховых смесей оказалась ниже, чем у всех изучаемых пайза-бобовых смесей (61,8 т/га), но не менее, чем при посеве пайзы в чистом виде. Урожайность первого укоса составила 38,1 т/га, в том числе бобового компонента 18,8 т/га, урожайность второго, в которую входил только злаковый компонент – 23,7 т/га.

Нами определен процент сухого вещества в растениях и его выход с единицы площади. Установлено, что во время уборки в техническую фазу содержание сухого вещества в бобовом компоненте было выше, чем в злаковом. Поэтому все злаково-бобовые ценозы по сбору сухого вещества превзошли одновидовой посев пайзы.

Среди злаково-бобовых смесей по сбору сухого вещества наиболее высокопродуктивной оказалась пайза-виковая, где его выход составил 12,21 т/га. Ценоз на основе пайзы и люпина по этому показателю уступал ей на 2,76 т/га. Более низкий сбор сухого вещества получен с урожаем зеленой массы на посевах пайзы с горохом – 8,85 т/га.

Среди злаковых культур наибольшее содержание сырого белка отмечено у сорго-суданкового гибрида – 14,6 % (таблица 3). Накопление сырого белка в растениях пайзы в зависимости от варианта было в пределах 12,5 % – 13,6 %. При возделывании пайзы с бобовым компонентом этот показатель составил 12,5 %. Существенное превышение его естественно наблюдалось у бобовых культур по сравнению со злаковыми. У люпина узколистного содержание сырого белка находилось на уровне 22,4 %, у вики посевной – 21,4 %.

Таблица 3

Содержание питательных веществ в 1 кг сухого вещества

Вариант		Сырой белок, %	Сырая клетчатка, %	Кормовых единиц	Обменной энергии, МДж
Просо		12,0	28,3	0,77	9,9
Сорго сахарное		11,3	28,7	0,78	9,9
Сорго зерновое		12,9	35,8	0,67	8,6
Сорго-суданковый гибрид		14,6	32,5	0,67	9,1
	Укос				
Овес +вика (стандарт)	1-й	<u>11,5*</u> 23,4	<u>25,6</u> 27,1	<u>0,80</u> 0,88	<u>9,0</u> 8,9
	2-й	16,3	25,8	0,79	9,8
Пайза	1-й	13,6	24,9	0,78	10,02
	2-й	12,3	28,8	0,74	9,84
Пайза+ люпин	1-й	<u>12,5</u> 22,4	<u>27,6</u> 25,1	<u>0,79</u> 0,70	<u>10,5</u> 9,5
	2-й	11,5	25,6	0,74	10,0
Пайза+ горох	1-й	<u>12,5</u> 18,4	<u>26,6</u> 27,1	<u>0,78</u> 0,72	<u>10,2</u> 9,5
	2-й	11,6	25,9	0,74	9,7
Пайза+ вика	1-й	<u>12,5</u> 21,4	<u>28,6</u> 28,1	<u>0,73</u> 0,67	<u>10,1</u> 9,9
	2-й	11,3	25,8	0,69	9,8

* в числителе – злаковый, в знаменателе – бобовый компонент

Содержание клетчатки в зеленой массе в наших исследованиях зависело как от биологических особенностей вида кормовой культуры, так и от фазы развития растений. При одноразовой уборке злаковых культур наибольшее содержание клетчатки в зеленой массе было у сорго зернового и сорго-суданкового гибрида, у которых отмечено быстрое старение нижних ярусов листьев и стебля. Так, количество сырой клетчатки в зеленой массе проса и сорго сахарного составило 28,3 и 28,7 % соответственно, тогда как сорго зернового и сорго-суданкового гибрида значительно больше (35,8 и 32,5 % соответственно).

Комплексная оценка питательности корма выражается уровнем содержания обменной энергии. Анализ полученных результатов показал, что зеленая масса по уровню содержания кормовых единиц в 1 кг корма изучаемых кормовых культур существенно различалась. Этот показатель колебался в пределах 0,67-0,80 единиц. Аналогичная закономерность отмечена при расчете обменной энергии, так как у бобовых культур показатель содержания белка выше, чем у зерновых, а по содержанию БЭВ культуры обменялись местами. Содержание обменной энергии у злаковых кормовых культур находилось на уровне 8,6-10,5 МДж, у бобовых 8,9-9,8 МДж.

Мы провели сравнительную оценку изучаемых культур по аминокислотному составу. По содержанию лизина преимущество отмечено в зеленой массе проса, сорго сахарного и

пайзы (0,3-0,37 % в 1 кг сухого вещества). Минимальное значение этого показателя имело сорго зерновое – 0,2 %.

По содержанию аргинина максимальный процент был у сорго всех видов – 0,4-0,6 % в 1 кг сухого вещества, пайза и просо содержали 0,23-0,24 %.

Следует отметить, что существенных различий среди исследуемых культур в отношении такой аминокислоты как метионин не установлено, его содержание находилось на уровне 0,3-0,4 % в 1 кг сухого вещества. В зеленой массе проса его показатель составил 0,2 %. Аналогичная закономерность отмечена и по уровню наличия цистина. Наибольшее содержание этой аминокислоты отмечено у сорго зернового (0,2 % в 1 кг сухого вещества).

Полноценность корма в зоотехнической практике в первую очередь определяется сахаро-протеиновым соотношением. Установлено, что переваримость белка осуществляется в результате деятельности микрофлоры желудочного тракта, а энергетическим сырьем для нее является сахар. В сбалансированных рационах кормления крупного рогатого скота соотношение сахара и белка должно составлять 1:1.

Сахара в растительных кормах представлены моносахаридами (глюкоза и фруктоза) и дисахаридами (мальтоза и сахароза).

Среди изучаемых культур наибольшее количество сахара накапливает сорго сахарное и сорго-суданковый гибрид.

Повышенным накоплением сахаров в зеленой массе характеризуется пайза, наименьший уровень этого показателя отмечен у проса и сорго зернового.

Кальций и фосфор необходим животным организмам в первую очередь для формирования костной ткани. В значительной мере эти элементы определяют также интенсивность синтеза аминокислот. Потребность животных в макроэлементах, в первую очередь в кальции и фосфоре возрастает по мере повышения их продуктивности. По нормативным данным, с увеличением среднесуточного надоя молока от коровы с 10 до 20 кг, потребность в кальции и фосфоре возрастает соответственно с 48 до 62 и с 45 до 63 г в сутки.

В наших исследованиях уровень выноса кальция и фосфора с урожаем зеленой массы зависел от биологических особенностей культуры и фазы развития растений. В период технической спелости изучаемых нами культур наибольшее содержание кальция и фосфора отмечено у проса и составило 1,3 г и 1,1 г в 1 кг натурального корма соответственно. Ближе к уровню этого показателя находится сорго зерновое, а наименьшее наличие кальция и фосфора было у сорго сахарного и сорго-суданкового гибрида (0,5 и 0,35; 0,6 и 0,4 соответственно).

Продуктивность сельскохозяйственных животных зависит не только от наличия макроэлементов, но необходимо наличие в рационах и микроэлементов. Как показали результаты лабораторных исследований, максимальное количество марганца накапливалось в зеленой массе сорго зернового и составило 35,7 мг/кг сухого вещества. Несколько ниже (30,4; 29,4 мг/кг) его содержалось в урожае зеленой массы сорго-суданкового гибрида и пайзы, минимальное значение отмечено у сорго сахарного – 25,1 мг/кг сухого вещества. Содержание кобальта в кормовых растениях в условиях нашей республики недостаточное, что связано в основном с типом почв. По этой причине систематическое внесение удобрений или микродобавок с кобальтом, позволяет увеличить его содержание в кормах и предотвратить заболевания животных.

Поэтому, немаловажное значение имеет выявление наличия кобальта в изучаемых кормовых культурах. Установлено, что однолетние культуры накапливают в урожае зеленой массы этого элемента от 0,093 до 0,123 мг/кг сухого вещества.

В условиях республики отмечается недостаточное содержание меди в кормах относительно зоотехнической нормы. Показатели этого элемента в изучаемых культурах существенно не различались и находились в пределах 3,49-4,27 мг/кг сухого вещества.

Для нормального обмена веществ животным требуется большая группа витаминов, часть из которых может синтезироваться в организме животного, особенно крупного рогатого скота, обладающего сложным многокамерным желудком. Наиболее требовательны

к витаминам свиньи и птицы. Витамины группы В выполняют самые различные функции в животном организме. Их роль обусловлена тем, что они входят в состав ферментных систем организма в качестве активной группы (кофермента). Потребность в этих витаминах покрывается за счет того количества, которое содержится в кормах и синтезируется микроорганизмами пищеварительного тракта. Витамин С (аскорбиновая кислота) в организме выполняет большую физиологическую роль: обеспечивает дыхание клеток, деятельность рибосом и митохондрий, участвует в образовании стероидных гормонов, активизирует усвоение железа, проявляет антиоксидантные свойства.

Зеленая масса, полученная из проса характеризуется относительно высоким уровнем содержания витамина В₁, которого в 1 кг сухого вещества содержится 7,1 мг/кг. Следует отметить, что у этой культуры сравнительно высокое наличие каротина (33 мг/кг). Уровень содержания витамина С составил 38,6 мг/кг.

Среди изучаемых культур в урожае зеленой массы наибольшее количество витамина В₅ отмечено при возделывании сорго сахарного (59 мг/кг сухого вещества). Химический анализ зеленой массы показал высокий уровень содержания каротина в сорго зерновом – 37 мг в 1 кг сухого вещества. Сорго-суданковый гибрид отличается быстрым ростом и развитием растения, поэтому содержание каротина в техническую фазу уборки составило 24 мг/кг. Такая же закономерность отмечена и при одноукосной уборке пайзы с использованием зеленой массы для приготовления травяного корма. Таким образом, по содержанию витаминов в зеленой массе просо-сорговых культур соответствует зоотехнической норме для крупного рогатого скота за исключением витамина В₂.

Выявлено, что по содержанию питательных веществ в исходном сырье культуры отличались в зависимости от их вида и смеси с бобовым компонентом. Следует отметить, что высокое содержание каротина отмечено у всех изучаемых вариантов в чистом виде и составило 33,2-38,3 мг, а в смешанных посевах – 16,6-20,8 мг в 1 кг сухого вещества.

В силосах, приготовленных из одновидовых посевов, содержание протеина составило 11,1-13,9 %, а включение бобового компонента увеличило его содержание от 17,5 до 20,5 % (таблица 4).

Таблица 4

Химический состав и питательность силоса из однолетних культур

Культура	В 1 кг сухого вещества		
	сырой протеин, %	сырая клетчатка, %	обменная энергия, МДж
Просо	13,9	29,25	9,1
Сорго-суданковый гибрид	11,1	26,9	9,62
Пайза	13,6	29,6	9,1
Пайза+ люпин	18,9	32,86	9,2
Пайза+ горох	20,5	29,6	9,45
Пайза+ вика	17,5	27,1	9,33

Как правило, силоса, заготовленные не в техническую фазу, содержали большое количество клетчатки, что снижало качество корма. Установлено, что при уборке проса, пайзы и сорго в фазу выметывания, а бобовых культур в фазу образования бобов, формирования семян уровень клетчатки не превышал 30 %. Поэтому приготовленный силос содержал от 9,1 до 9,62 МДж энергии в 1 кг сухого вещества.

Полученные результаты силосов по видовому составу кислот и их количеству показали, что отсутствие масляной кислоты говорит о том, что исходное сырье соответствует требованиям силосных культур (таблица 5).

Показатель кислотности рН приготовленных силосов составил 4,6-5,2, что обеспечивает как сохранность корма, так и благоприятное влияние на животных. Важным критерием при обеспечении оптимальной кислотности силоса является наличие большего количества молочной кислоты по отношению к уксусной.

Таблица 5

Качественные показатели кормов из однолетних культур

Корм	рН	Количество кислот, %			Сумма кислот, %	Соотношение кислот, %		
		молочная	уксусная	масляная		молочная	уксусная	масляная
Просо	4,6	1,06	0,43	-	1,49	71,1	28,9	-
Сорго-суданковый гибрид	4,8	0,81	0,42	-	1,23	66,1	33,9	-
Пайза	5,2	0,49	0,36	-	0,85	57,7	42,3	-
Пайза+ люпин	4,8	0,59	0,62	-	1,22	49,6	50,4	-
Пайза+ горох	4,8	0,87	0,62	-	1,49	58,3	41,7	-
Пайза+ вика	4,8	0,60	0,68	-	1,28	47,2	52,8	-

Если в соотношении молочной кислоты к уксусной имело в одновидовых посевах злаковых культур преимущество молочная кислота, то при включении бобового компонента это соотношение незначительно менялось в сторону уксусной кислоты.

Таким образом, посевы однолетних теплолюбивых культур в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь обеспечивают высокую урожайность зеленой массы в сочетании с высоким содержанием обменной энергии, минерально-витаминных веществ, а включение бобового компонента повышает обеспеченность корма белком.

Литература

1. Лукашевич Н.П., Зенькова Н.Н., Шлома Т.М. Особенности возделывания многоукосных однолетних ценозов и сорговых культур / Рекомендации. Витебск: ВГАВМ, 2008. – 44 с.
2. Лукашевич Н.П., Зенькова Н.Н. Реализация биологического потенциала продуктивности однолетних и многолетних агрофитоценозов: монография. – Витебск: ВГАВМ. – 199 с.
3. Шлапунов В.Н. Зенькова Н.Н., Лукашевич Т.Н. Резервы производства белка из однолетних кормовых культур / Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления». – Жодино, 2006 г. – С. 252-260.

FORMATION OF EFFICIENCY OF ANNUAL AGROPHYTOCENOSIS BASED ON HIGH-ENERGY CROPS IN THE NORTH-EASTERN PART OF BELARUS

N.N. Zen'kova¹, V.A. Mihal'chenko², A.E. Lupanov³

¹ UO «VITEBSK STATE ORDER «BADGE OF HONOR» ACADEMY OF VETERINARY MEDICINE», Vitebsk, Republic of Belarus

² LLC «TEHSOFTTORG», Minsk, Republic of Belarus

³ FGBOU VO «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: The article describes the features of formation of efficiency annual agrophytocenosis in a north-eastern part of the Republic of Belarus. Varieties of millet, sorghum and payza of Belarusian selection are characterized by high biological plasticity, adaptability, rational use agro-climatic conditions for cultivation zone. The yield of the green mass, depending on soil fertility reaches 350-500 centners/ha. The study of productivity and qualitative composition of green mass and feed from harvested millet, sorghum, payza and its mixtures with legumes showed that annual heat-loving crops provide high yields of green mass combined with high exchange energy, mineral and vitamin substances.

Keywords: Agrophytocenosis, productivity, forage, millet, payza, sorghum, green mass, spring vetch, peas, yield, protein, exchange energy.

БЕЛКОВЫЕ ФРАКЦИИ ЗЕРНА РАЙОНИРОВАННЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ В ТАТАРСТАНЕ

И.С. ГАНИЕВА, научный сотрудник

В.И. БЛОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук

Г.В. ВИЛЬДАНОВА, кандидат биологических наук

М.А. ЛАНОЧКИНА, научный сотрудник

ФГБНУ «ТАТАРСКИЙ НИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

E-mail: tatniva@mail.ru

Представлены результаты исследований за 2010-2012 гг. по изучению соотношения белковых фракций (альбуминов, глобулинов, гордеинов, глютелинов) в зерне ведущих сортов ярового ячменя Раушан, Рахат и Тимерхан, возделываемых в Татарстане. На основании результатов исследованных сортов ячменя было выявлено, что фракционный состав белка в зерне определяется как сортовыми, так и погодными условиями. Установлено, что у сорта Рахат содержание альбуминов по годам было достаточно постоянным и составляло в 2010 году – 15,5 %, в 2011 – 17,6 % и в 2012 – 16,7 %, от общего содержания фракций белка. У сортов Раушан и Тимерхан их количество было выше и варьировало в 2010 году 17,3 и 19,3 %, в 2011 – 25,0 и 23,0 %, в 2012 – 19,0 и 18,5 %, от общего количества фракций белка. За годы исследований количество глобулинов у сортов Раушан (13,3 %) и Тимерхан (12,7 %) было выше на 2,4 и 1,8 %, соответственно, чем у сорта Рахат (10,9 %), от общего количества фракций белка.

От общего количества фракций белка, высокомолекулярные белки в зерне составляли по сортам большую часть 68,6 %, чем низкомолекулярные – 31,4 %, в которых преобладали гордеины – 43,4 %, над глютелинами (25,2 %). Так, у сорта Раушан гордеиновая фракция белка составила в 2010 году – 51,8 %, в 2011 – 32,6 % и в 2012 – 37,5 %, от общего количества белка. У сортов Рахат и Тимерхан количество гордеинов в зерне в 2010 году – 49,8 % и 46,8 %, в 2011 – 42,4 % и 44,0 %, в 2012 – 47,3 % и 38,3 %, соответственно, от общего количества белка. Остальная их часть приходилась на глютелины (25,2 %) с варьированием по сортам от 19,0 до 29,0 %, от общего содержания белка.

Содержание фракции глютелинов в зерне сорта Раушан более стабильное: в 2010 году – 24,0 %, в 2011 – 25,0 %, в 2012 – 28,0 %, чем сортов Рахат и Тимерхан: в 2010 году – 26,0 % и 25,0 %, в 2011 – 29,0 и 19,0 %, в 2012 – 23,0 % и 28,0 %, соответственно, от общего содержания белка в зерне.

Наибольшее содержание фракций высокомолекулярных белков, от общего содержания белка в зерне, было отмечено в 2010 году, сортов Раушан и Рахат 75,8 % и Тимерхан 71,8 %, это выше чем в 2011 году сорта Раушан (57,6 %) на 18,2 %, сорта Рахат (71,4 %) на 4,4 % и сорта Тимерхан (63,0 %) на 8,8 %. Фракции низкомолекулярных белков составили в среднем по сортам от общего содержания белка 31,4 %. Наибольшее содержание низкомолекулярных белковых фракций было накоплено в 2011 году: сорт Раушан (42,4 %) и Тимерхан (37,0 %) и в 2012 году сорт Рахат (29,7 %), от общего количества фракций белка. Полученные результаты, по формированию белковых фракций зерна в сортах ячменя и соотношения высокомолекулярных и низкомолекулярных белков от общего количества фракций белка, представляют интерес в селекции на качество и их практического использования по направлениям. По соотношению низкомолекулярных белковых фракций к высокомолекулярным белкам, которое составляет у пивоваренного сорта Рахат 1:2,64 (27,5 %:72,5 %), кормового сорта Тимерхан 1:1,2 (33,0 %:67,0 %) и крупяного сорта Раушан 1:1,97 (33,7 %:66,3 %), можно говорить об их использовании по целевому назначению.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, белок, фракции белка, зерно, качество.

Яровой ячмень возделывают во всех природно-климатических зонах Татарстана, на его долю приходится 30 % зернового клина в этом субъекте Федерации. Основную часть валового сбора зерна ячменя в республике используют на корм животным и птице. Оно имеет первостепенное значение для насыщения рационов растительным белком, поэтому, чем выше содержание протеина, тем лучше считается продукция [1]. Кроме того, зерно ячменя – основное сырье для производства пива, качество которого также зависит от содержания белка и соотношения его фракций. В продукции ячменя, возделываемого в республике, величина этого показателя варьирует от 9,5 до 19,7 %. Такие колебания многие исследователи объясняют влиянием погодных условий (особенно высокой температурой в июне месяце), почвенных условий и генетическими особенностями сортов [2-6], то же самое можно сказать и о фракционном составе белка [6]. При этом перечисленные факторы очень динамичны, находятся в сложном взаимодействии, что зачастую затрудняет определение их воздействия [1].

В обычные по метеоусловиям годы, когда температура и сумма осадков близки к среднегодовым значениям, ячмень формирует зерно с низким содержанием белка – 9,5-11,5 %. В случае превышения среднегодового температурного режима в июне, содержание белка в зерне значительно повышается [2].

Выявление особенностей формирования фракционного состава белка в зерне сортов ячменя актуально, тем, что к сортам предъявляются особые требования по использованию: Раушан крупяного, Тимерхан кормового и Рахат пивоваренного назначения.

Материалы, методы и условия. Исследования проводили на опытных полях селекционного севооборота в питомнике конкурсного сортоиспытания ФГБНУ «Татарский научно-исследовательский института сельского хозяйства». Для изучения были выбраны 3 сорта ярового ячменя, возделываемых в Республике Татарстан, пивоваренного (Рахат и Раушан) и зернофуражного (Тимерхан) направления использования. Опыты выполнены в 2010-2012 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания. Предшественник озимая рожь, учетная площадь 25 м², норма высева 550 всхожих семян на 1 м², повторность четырехкратная, агротехника, общепринятая в Республике Татарстан для возделывания ярового ячменя. Почва на опытных участках серая лесная, относящаяся к зоне Предкамья республики.

Анализ погодных условий 2010-2012 годы показал контрастность температуры воздуха и выпавших осадков в период исследований.

Погодные условия вегетационного периода 2010 года были очень сложными для роста и развития ячменя и оказали существенные влияния на формирование соотношений белковых фракций в зерне ячменя. Температура воздуха за весь период вегетации была выше среднегодовых показателей. Начиная с первой декады апреля и заканчивая вегетацией растений ячменя (II декада июля), фактическая температура воздуха была выше, и даже близко не приближалась к среднегодовым значениям. Отклонение в мае составила +3,8, июне +3,4, июле +5,5⁰ С. Существенные осадки за всю вегетацию выпали только в мае. Формирование и налив зерна проходил при сильной воздушной и почвенной засухе, ГТК в этот период составлял 0 – 0,4 (табл.1).

Таблица 1

Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период 2010 г.

месяц	ГТК		
	Декады		
	I	II	III
май	0	0,8	4,4
июнь	0	0,2	0
июль	0,4	0,2	0

В целом температурный режим вегетационного периода 2011 года не имел больших отклонений от среднесуточных значений, однако прошел со своими особенностями (табл.2).

Таблица 2

Метеорологические условия за вегетационный период 2011 г.

Месяц	Декада	Среднесуточные температуры			Количество осадков		
		Средне-много-летние	Фактические	Откло-нение от нормы	Средне-много-летние, мм	Фактические	% от нормы
Май	I	10,9	13,1	2,2	11,0	6	
	II	13,0	12,0	1,0	11,0	2	
	III	14,8	16,6	1,8	12,0	8	
За месяц		13,0	13,9	0,9	34,0	16	47
Июнь	I	16,0	16,4	0,4	20,0	29	
	II	17,1	15,1	-2,0	21,0	17	
	III	18,3	19,6	1,3	21,0	40	
За месяц		17,1	17,0	-0,1	62,0	86	139
Июль	I	19,3	22,3	3,0	20,0	31	
	II	19,7	21,0	1,3	20,0	9	
	III	19,5	23,7	4,2	19,0	1	
За месяц		19,5	22,4	2,9	59,0	41	69

Высокие температура (до 28⁰С) воздуха в период фазы кущения способствовали быстрому ее прохождению и через восемь дней растения ячменя начали проходить фазу в трубкование, на 3-4 дня раньше среднесуточных, то есть закладка боковых стеблей была ограничена. Фаза кущения проходила при низком гидротермическом коэффициенте 0,2-0,7. Выпавшие обильные осадки 76 мм в период прохождения фазы выхода в трубку до колошения (18 суток), удлинили его на 2-3 дня, что привело к развитию мощной надземной массы и в дальнейшем к полеганию. Гидротермический коэффициент составил 2.

Межфазовый период колошение – спелость проходил при высоких среднесуточных температурах воздуха достигавших 30⁰С и выше с дефицитом влаги второй и третьей декад июля, выпало 9 мм осадков.

В 2012 г. время прохождения фазы кущения (22 мая по 31 мая) отмечалось осадками, выпало 30 мм, среднесуточная температура была выше среднесуточной, при ГТК 1,7 (табл. 3).

Таблица 3

**Гидротермический коэффициент (ГТК)
за вегетационный период по фазам ячменя 2012 г.**

Фенофазы	Продолжительность, дн.	Сумма среднесуточных температур воздуха, °С	Осадки, мм	ГТК
Всходы – кущение	12,05 – 24,05	223	2	0,08
Кущение – выход в трубку	25,05 – 5,06	176	30	1,7
Выход в трубку – колошение	06,06 – 22,06	345	37	1,1
Колошение – полная спелость	23,06 – 27,07	716	52	0,7
За вегетационный период	12,05 – 27,07	1460	121	0,8

Благоприятные погодные условия этого периода способствовали компенсации низкой полевой всхожести. Общее кущение растений достигало до 3 стеблей, продуктивных до 2,51 на растение, при минимальном продуктивном кущении отдельных сортов образцов 1,09 и общих – 1,5-2 стебля. Гидротермический коэффициент мая и июня составил 1,0, что отвечает благоприятным условиям для вегетации растений ячменя первой половины.

До фазы цветения ячменя были периоды, когда вторая и начало третьей декаде июня отмечены высокими среднесуточными температурами выше нормы на 3-4°C, совпало с опылением цветков.

Первые две декады июня оказались жаркими, отклонение средне-суточной температуры воздуха от нормы второй декады, достигла 3,4 °С. Максимальная температура воздуха достигала 31 °С, что способствовало ускорению растений перехода сортов из фазы трубкования в колошение. Если первый период всходы – колошение проходил в оптимальном режиме, то наблюдение за прохождением периода колошение – созревание, показало дефицит влаги с высокими среднесуточными температурами.

Температурный режим и осадки в первой половине вегетации растений были выше среднемноголетних показателей, что положительно отразилось на росте и развитии растений ячменя. Вторая половина вегетации проходила ускоренно из-за высоких температур воздуха и дефицитом осадков и влаги в почве.

По низкому гидротермическому коэффициенту, его невысокое значение в первой декаде июля 0,2 и третьей 0,9, можно судить о частично отрицательном влиянии метеорологических условий на налив зерна и в целом формирование урожая ячменя. Хотя выпавшие осадки 17 и 18 июля существенного влияния на налив зерна уже не повлияли.

Биохимические анализы проводили в аналитическом центре Татарского НИИСХ, суммарный белок и выделения белковых фракций зерна ярового ячменя по методу Х.Н. Починок (1976) [8].

Результаты и обсуждение.

Результаты наших исследований свидетельствуют, что на долю низкомолекулярной фракции белка в зерне сортов ячменя в среднем приходится 31,4 % от его суммарного содержания белка, в том числе 19,1 % составляют альбумины и 12,3 % глобулины (табл. 4). Наименьшим количеством белков в среднем за годы исследований низкомолекулярной фракции характеризовалось зерно пивоваренного сорта Рахат (27,5 %), которое было на 6,2 % меньше, чем у сортов Раушан (33,7 %) и на 5,5 % – Тимерхан (33,0 %). Количество альбуминов в зерне сорта Рахат по годам было почти одинаковое: в 2010 году – 15,5 %, в 2011- 17,6 %, в 2012 – 16,7 %, от общего содержания фракций белка. У сортов Раушан и Тимерхан альбумины варьировали по годам: в 2010 году-15,5 % и 19,3 %, в 2011 году 17,6 % и 23,0 %, в 2012 году – 16,7 % и 18,5 %, от общего содержания белка. По содержанию глобулинов, сорта между собой мало отличались, величина этого показателя варьировала 10,9 % сорта Рахат, 13,3 % – Раушан и 12,3 % Тимерхан, от общего количества белка.

Таблица 4

Фракционный состав белка сортов ярового ячменя, % (от общего содержания фракций белка в зерне)

Сорт	Год	Фракция					
		Низкомолекулярная			Высокомолекулярная		
		альбумин	глобулин	сумма	гордеин	глютелин	сумма
Раушан	2010	17,3	6,9	24,2	51,8	24,0	75,8
	2011	25,0	17,4	42,4	32,6	25,0	57,6
	2012	19,0	15,5	34,5	37,5	28,0	65,5
В среднем		20,4	13,3	33,7	40,6	25,7	66,3
Рахат	2010	15,5	8,7	24,2	49,8	26,0	75,8
	2011	17,6	11,0	28,6	42,4	29,0	71,4
	2012	16,7	13,0	29,7	47,3	23,0	70,3
В среднем		16,6	10,9	27,5	46,5	26,0	72,5
Тимерхан	2010	19,3	8,9	28,2	46,8	25,0	71,8
	2011	23,0	14,0	37,0	44,0	19,0	63,0
	2012	18,5	15,2	33,7	38,3	28,0	66,3
В среднем		20,3	12,7	33,0	43,0	24,0	67,0
В ср. по сортам		19,1	12,3	31,4	43,4	25,2	68,6

На долю высокомолекулярной фракции белка (гордеины и глютелины) в зерне изученных сортов приходилось в среднем 68,6 % от общего количества белка. Наибольшее содержание фракции высокомолекулярных белков, от общего содержания белка в зерне, было отмечено в 2010 году, сортов Раушан и Рахат – 75,8 % и Тимерхан – 71,8 %, это выше чем в 2011 году сорта Раушан (57,6 %) на 18,2%, сорта Рахат (71,4 %) на 4,4 % и сорта Тимерхан (63,0 %) на 8,8 %. Соотношение высокомолекулярной фракции белка в зерне к низкомолекулярной белковой фракции пивоваренного сорта Рахат в среднем составило – 2,64:1 (72,5 %:27,5 %), кормового – Тимерхан – 2,03:1 (67,0 %:33,0 %) и крупяного – Раушан – 1,97:1 (66,3:33,7). От общего количества белка, содержание гордеинов в основной продукции сорта Раушан было выше, чем глютелинов, в 1,6 раза (40,6 %:25,7 %), сорта Рахат – в 1,8 (46,5:26,0 %), в 1,7 раза сорта Тимерхан (43,0 %:24,0 %). Наибольшее количество гордеинов в среднем за 3 года накапливалось в зерне сорта Рахат – 46,5 %, что больше сорта Тимерхан (43,0 %) на 3,5 %, сорта Раушан (40,6 %) на 5,9 %. Содержание глютелинов варьировали по сортам незначительно – от 24 до 26 % от общего количества белка.

В 2010 засушливом году растения ячменя сформировали мелкое зерно с массой 1000 зерен на уровне 29-30 г. Содержание белка в среднем по сортам составляло 17,7 %, повышенное содержание белка в зерне в большей степени в этом году определялось метеоусловиями, чем генотипом. При этом высокомолекулярные фракции белка в 2010 году (74,5 % в среднем по сортам) в зерне преобладали над низкомолекулярными (25,5 %) в соотношении 2,92:1. Соотношение высокомолекулярных фракций белка к низкомолекулярным в 2010 году составило по сортам Раушан и Рахат – 3,1:1 (75,8 %:24,2 %), – Тмерхану 2,55:1 (71,8 %:28,2 %). Наибольшее количество гордеиновой фракции белка сорта формировали в 2010 году, которая составляла у сорта Раушан – 51,8 %, Рахат – 49,8 %, Тимерхан – 46,8 %. Содержание альбуминов в этом году в среднем находилось на уровне 17,4 %, глобулинов – 6,8 % с небольшими различиями по сортам.

Соотношение высокомолекулярных белков в зерне к низкомолекулярным белкам в 2011 г. составило в среднем по сортам 1,78:1(64,0 %:36,0 %) и было самым наименьшим за три года исследований. Это произошло из-за увеличения доли альбуминов сортов Раушан на 6,9 %, Рахат – на 1,5 % и Тимерхан на 4,1%, а так же глобулинов сортов Раушан на 11,2 % и Тимерхан на 2,0 %, в сравнении в среднем с 2010 и 2012 годами и снижения содержания гордеинов, по сравнению с 2010 г., на 12,4 %.

В 2012 году соотношение низкомолекулярных белков к высокомолекулярным находилось на уровне 1:2 (32,6:67,4 %). При этом доля альбуминов уменьшилась с 21,9 % в 2011 г. до 18,1 %, а содержание глобулинов осталось на уровне прошедшего года. Количество гордеинов в 2012 году было сформировано больше у сортов Раушан и Рахат на 4,9 %, чем в 2011 году.

Выводы. Исследования, проведенные с 3 сортами ячменя, показали, что фракционный состав белка в их зерне практически идентичен и характеризуется повышенным содержанием гордеинов, которые преобладают над более полноценными альбуминами и глобулинами. Соотношение белковых фракций в зерне изученных сортов больше зависит от метеорологических условий года, чем от сорта. Увеличение общего количества белков в зерне сопровождается снижением содержания низкомолекулярных белков, в результате фракция высокомолекулярных белков в них увеличивается, в основном, за счет повышения белков гордеина. За 3 года исследований соотношение количества низкомолекулярных (альбумины и глобулины) и высокомолекулярных (гордеины и глютелины) белков находилось на уровне 1:2,2, в том числе на гордеины приходилось 43,4 %, глютелины – 25,2 %, альбумины – 19,1 %, глобулины – 12,0 %. В засушливых условиях, когда содержание белка в зерне составляет 17,7 %, количественное содержание низкомолекулярных белков в зерне (альбуминов и глобулинов) было наименьшим за все годы исследований, соотношение их к гордеинам и глютелинам составило 1:3. Полученные результаты по формированию белковых фракций зерна в сортах ячменя и соотношению высокомолекулярных и

низкомолекулярных белков от общего количества фракций белка, представляют интерес в селекции на качество крупяного, кормового и пивоваренного использования ячменя.

Литература

1. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирование качества зерна // Москва, Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
2. Глуховцев В. В. Особенности накопления белка в зерне ярового ячменя // Агро XXI. – 2003. – № 1-6. – С. 95-96.
3. Иванов Н.Н. Биохимическая характеристика ячменей СССР. М. 1935.
4. Рядчиков В.Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. – М.: Колос, 1978. –368 с.
5. Глуховцев В.В., Кириченко В.Г., Зудилин С.Н. Практикум по основам научных исследований в агрономии. – М. Колос, 2006.
6. Гриб О.М., Гераскин А.С. Влияние экологических факторов на изменчивость содержания и сбора белка у сортов ячменя // Пути повышения урожайности полевых культур. Минск: Урожай, 1983, вып. 14. С. 21-25.
7. Трофимовская А.Я. Ячмень. – Л., 1972. – 295 с.
8. Починок Х.Н. Методы биохимического исследования растений. – Киев, 1976. – 297 с.

GRAIN PROTEIN FRACTIONS OF BARLEY VARIETIES GROWN IN TATARSTAN

I. S. Ganieva, V. I. Blokhin, G. V. Vildanova, M. A. Lanochkina

FGBNU «TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE»

E-mail: tatniva.ru

Abstract: *The results of studies carried out in 2010-2012 on the formation of protein fractions (albumins, globulins, hordeins, glutelins) of grains of leading varieties of spring barley Raushan, Rahat and Timerhan cultivated in Tatarstan are presented. Based on the results of the studied varieties of barley it was found that the fractional composition of protein in grain is defined both the varietal, and weather conditions. It is established that the Rahat variety had the fairly constant albumin content by year and it amounted in 2010 to 15,5 % in 2011 to 17,6 % and in 2012 to 16,7 % from the total content of protein fractions. In the varieties Raushan and Timerhan their number was higher and varied in 2010 between 17,3 and 19,3 %, in 2011 – 25,0 and 23,0 %, and in 2012 – 19,0 and 18,5 % of the total number of protein fractions. Over the study years the number of globulins in the varieties Raushan (13,3 %) and Timerhan (12,7 %) was higher by 2,4 and 1,8 %, respectively, than in the Rahat variety (10,9 % of the total number of protein fractions).*

High molecular weight proteins in the varieties' grain made 68,6 % of the total number of protein fractions, while low molecular weight proteins made 31,4 %, where hordein dominated over the glutelins – 43,4 % versa 25,2 %. Thus, in Raushan variety hordein fraction amounted in 2010 to 51,8 %, in 2011 to 32,6 % and in 2012 to 37,5 % of the total protein. Varieties Rahat and Timerhan had hordein in grain 49,8 % and 46,8 % in 2010, 42,4 % and 44,0 % in 2011, 47,3 % and 38,3 % in 2012, respectively. The remainder was presented by glutelins (25.2%) with a variation on varieties from 19.0 to 29,0 % of the total protein content.

The content of glutelin fraction in the grain of Raushan variety was more stable: in 2010 – 24,0 %, in 2011 – 25,0 %, in 2012 – 28,0%, than varieties Rahat and Timerhan: in 2010 – 26,0 % and 25,0 %, in 2011 – 29,0 and 19,0 %, in 2012 – 23,0 % and 28,0 %, respectively.

The highest content of fractions of high molecular weight proteins from the total protein content in grain was recorded in 2010 in varieties Raushan and Rahat 75,8 %, and Timerhan 71,8 %, that was higher than in 2011 in varieties Raushan (57,6 %) 18,2 %, Rahat (71,4 %) 4,4 % and Timerhan (63,0 %) by 8,8 %. Fractions of low molecular weight proteins of the total protein content averaged by varieties 31,4 %. The highest content of low molecular weight protein fractions were accumulated in 2011: Raushan (42.4 %) and Timerhan (37,0 %) and in 2012 Rahat (29,7 %). The obtained results on the formation of protein fractions in barley grain and the ratio of high and low molecular weight proteins from total fractions of protein are of interest in breeding for quality and their practical use in the directions. The ratio of low molecular weight protein fractions to high molecular weight proteins, which is 1:2,64 (27,5 %:72,5 %) in malting variety Rahat, 1:1,2 (33,0 %:67,0 %) in forage variety Timerhan and 1:1,97 (33,7 %:66,3 %) in cereal variety Raushan, shows that they can be used for the intended purpose.

Keywords: spring barley, variety, protein, protein fractions, grain, quality.