

СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА ПРИ ДОБАВЛЕНИИ ЗООГУМУСА В СУБСТРАТ*

Святослав Игоревич Лоскутов¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий лабораторией промышленных биотехнологических инноваций

Ян Викторович Пухальский¹, научный сотрудник

Анатолий Иванович Осипов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

Алла Ивановна Якубовская³, кандидат биологических наук

Денис Дмитриевич Мешеряков⁴, инженер-исследователь

Ирина Алексеевна Каменева³, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

¹ВНИИ пищевых добавок – филиал ФНЦ пищевых систем имени В.М. Горбатова, г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

³ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Россия

⁴Индивидуальный предприниматель «Led for Plant», г. Красноярск, Россия

E-mail: puhalskyan@gmail.com

Аннотация. Цель работы – изучить влияние различных технологий применения удобрений на процессы роста, синтеза фотосинтетических пигментов, образования клубеньков и динамику изменения их нитрогеназной активности у разных сортов люпина (белый, узколистный). Акцент в работе был смещен на дополнительный положительный эффект, получаемый от внесения в люпино-ризобияльный агроценоз жидкого экстракта зоогумуса черной львинки (*Hermetia illucens*). Установлено, что более отзывчивым на органо-микробное воздействие оказался люпин узколистный, прибавка биомассы в среднем по вариантам составила 36%, по сравнению с контролем. На люпине белом она достигла лишь 9%. По накоплению вегетативной биомассы люпин белый превалировал над узколистным во всех вариантах опыта в среднем в три раза. Однако при небольшом увеличении в весе, люпин узколистный показал повышенный синтез общего хлорофилла. В среднем прибавка по нему от воздействия органо-микробного консорциума – 19%. Зафиксировано положительное влияние зоогумуса на фоне инокуляции, что отразилось в повышении количества, массы и нитрогеназной активности сформированных клубеньков по фазам вегетации. Между данными показателями обнаружена прямая корреляционная взаимосвязь. Наибольший пик в фиксации на обоих видах в фазе бутонизации – 17059 (белый люпин) и 2719 $C_2H_4/g^{-1} h^{-1}$ нмоль (узколистный). По мере созревания у обоих видов сокращалось количество клубеньков и снижался процесс симбиотической азотфиксации. Полученные результаты свидетельствуют о положительном действии зоогумуса *H. illucens* на изученные показатели и позволяют рекомендовать использование его жидких экстрактов при возделывании люпина.

Ключевые слова: люпин, зоогумус, *Bradyrhizobium lupini*, симбиотическая активность, нитрогеназная активность, клубеньки

SYMBIOTIC ACTIVITY OF LUPIN WHEN ADDING ZOOHUMUS TO THE SUBSTRATE

S.I. Loskutov¹, PhD in Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Industrial Biotechnological Innovation

Ya.V. Pukhalsky¹, Researcher

A.I. Osipov², Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher

A.I. Yakubovskaya³, PhD in Biological Sciences

D.D. Meshcheryakov⁴, Research Engineer

I.A. Kameneva³, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

¹All-Russian Research Institute of Food Additives – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatoва, St. Petersburg, Russia

²Agrophysical Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences, St. Petersburg, Russia

³Federal State Budgetary Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”, Simferopol, Russia

⁴Individual entrepreneur “Led for Plant”, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: puhalskyan@gmail.com

Abstract. The aim of the work was to study the effect of various fertilization technologies on the processes of growth, synthesis of photosynthetic pigments, nodule formation and the dynamics of changes in their nitrogenase activity in different varieties of lupine (white and narrow-leaved). The emphasis in the work was shifted to the additional positive effect obtained from the introduction of a liquid extract of black soldier fly zoohumus (*Hermetia illucens*) into the lupine-rhizobial agroecosystem. According to the biomass indicators, it was found that narrow-leaved lupine was more responsive to the organo-microbial effect, the increase in which, on average, by variants amounted to 36%, compared to the control. On white lupine, it reached only 9%. It should be noted that in terms of vegetative biomass accumulation, white lupine prevailed over narrow-leaved lupine in all experimental variants by an average of 3 times. However, with a relatively small increase in weight, narrow-leaved lupine showed an increased synthesis of total chlorophyll. On average, the increase in it from the effect of the organomicrobial consortium was 19%. Regarding the values of symbiotic activity, a positive effect of zoohumus was recorded against the background of inoculation, which was reflected in an increase in the number, weight and nitrogenase activity of formed nodules in the vegetation phases. A direct correlation was found between these indicators. The highest peak in fixation for both species occurred at the budding phase, amounting to 17059 $C_2H_4/g^{-1} h^{-1}$ nmol for white

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (темы FGUS 2024-0010 и FGUS 2022-0018) / The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FGUS 2024-0010 and FGUS 2022-0018 topics).

*lupine and 2719 C₂H₄/g⁻¹ h⁻¹ for narrow-leaved lupine. As both lupine species matured, the number of nodules decreased and the process of symbiotic nitrogen fixation decreased. The results obtained indicate a positive effect of *H. illucens* zoohumus on the studied indicators and allow us to recommend the use of its liquid extracts in lupine cultivation.*

Keywords: lupine, zoohumus, *Bradyrhizobium lupini*, symbiotic activity, nitrogenase activity, nodules

По литературным данным род *Lupinus* L. включает от 100 до 1000 видов, отличающихся большим разнообразием. В России интерес к их возделыванию возник в конце девятнадцатых годов прошлого столетия. [5]

Все виды люпина, в особенности белого (*Lupinus albus*), способны расти на относительно бедных почвах. Из-за высокосинхронной, скоординированной экспрессии генов у растений происходит разрастание корневых кластеров. [5, 13, 14, 16, 18] Они увеличивают контактную площадь соприкосновения корней с ризосферой, а также повышают выделение органических кислот (экзометаболиты), которые меняют кислотность прикорневой зоны до pH=6,0, активизируя действие фосфатмобилизирующих бактерий и способствуя лучшему использованию данного элемента из субстрата. [11, 17] Кроме того, низкое плодородие почв стимулирует симбиотическую активность растений, что сводит к минимуму ингибирующее воздействие недостатка в азоте. [9] Дополнительная предпосевная инокуляция семян эффективными штаммами клубеньковых ризобактерий рода *Bradyrhizobium* благоприятно сказывается на данном процессе. [12, 15] Косвенными показателями улучшения симбиотической эффективности полученного бобово-ризобиального симбиоза служат повышение интенсивности образования клубеньков и нитрогеназной активности. По мнению И.А. Тихоновича и Н.А. Проворова наиболее активно фиксация молекулярного азота происходит в том случае, если она сопряжена с фотосинтезом. У детерминантных сортов значения данных показателей достигают максимального уровня к началу бутонизации, постепенно снижаются к фазе цветения и резко нивелируются при созревании, когда действие внесенных ризобий заканчивается в связи со сформированным потенциальным урожаем. Для сохранения внесенного бактериального компонента часто применяют органические добавки в виде суспензий, содержащих гуминовые кислоты, служащие дополнительным источником питания и стабилизатором концентрации инокулянта в среде. Растение имеет от 20 до 40% неиспользованного потенциала, который можно реализовать с помощью внесения регуляторов роста.

В Центральном Нечерноземье и северных регионах, помимо люпина белого, все большую популярность к возделыванию набирает люпин узколистный (*Lupinus angustifolius*). [8] В 2016 году в севообороте страны он занимал второе место. [3] Вид – более устойчивый к антракнозу и толерантен к кислым почвам. Комплексные работы по созданию его высокопродуктивных сортов в России начаты лишь с конца прошлого столетия. [1, 7] Вследствие отсутствия ветвления детерминантные сорта не выдерживают конкуренции с сорным компонентом агроценоза. [6] Поэтому для оптимизации питания и адаптации симбиосистем на его основе к условиям региона также внедряют приемы помощи растениям по выходу их из стресса, путем обработки посевов ростостимулирующими биопрепаратами и органическими удобрениями, содержащими

макро- и микроэлементы в легкодоступной (хелатная) форме. [10]

В условиях биологизации земледелия для люпина и других бобовых культур идет постоянный поиск новых источников органического сырья. Среди современных удобрений можно выделить зоогумус – вторичный продукт, получаемый в результате жизнедеятельности насекомых черной львинки (*Hermetia illucens*), в процессе переработки ими отходов 3...4 класса опасности. По содержанию биогенных элементов и органического вещества продукт не уступает сухому птичьему помету и вермикомпосту. При этом экспериментов с его участием на сельскохозяйственных культурах недостаточно.

Цель работы – изучение влияния жидкого экстракта зоогумуса на формирование параметров люпино-ризобиальной симбиосистемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – люпин белый *Дега* и узколистный *Орловский*. Растения выращивали в закрытом грунте на площади 1,5×3,0×3,0 м при температуре воздуха 28°C и влажности 60%. Источник освещения – две современные LED-панели по 550 Вт (1100 Вт на бокс) с возможностью диммирования (LEDForPlant, Россия), обеспечивающие уровень до освещенности 36 800 Лк или 551,7 ммоль/м²/с ФАР. Фотопериод – 16 ч/8 ч (день/ночь).

Почва – залежная дерново-подзолистая слабооккультуренная, отобранная из пахотного горизонта вблизи деревни Куйдузи (Гатчинский район, Ленинградская обл.), характеризуется слабой обеспеченностью фосфором (18 мг/кг сухой почвы) и средней калием (52 мг/кг сухой почвы), определенных по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91). Содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91) – 1,41%, pH_{KCl} – 5,5 (ГОСТ 26483-85).

Семена (четыре штуки) высевали в сосуды Митчерлиха с массой абсолютно сухой почвы 5 кг по классической методике закладки вегетационного опыта. [4] Для инокуляции семян использовали селекционный штамм *Bradyrhizobium lupini* (ФГБГУ ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург). В варианте с дополнительной добавкой зоогумуса брали 0,2% (2000 ppm) экстракт с нейтральной реакцией среды. Органическую добавку вносили в почву однократно при посеве инокулированных семян. Влажность субстрата (60% общей влагоемкости) на протяжении всего периода вегетации поддерживали весовым методом прикорневым поливом фильтрованной водой через сутки. В контроле растения выращивали без инокуляции и органики на фильтрованной воде. Повторность по вариантам – двенадцатикратная. В фазах бутонизации (55 сут.), цветения (63 сут.) и начала технической спелости (82 сут.) анализировали морфометрические и физиологические показатели зеленой биомассы симбиосистемы. Корни взвешивали отдельно. Для этого из опыта каждый раз изымали по четыре сосуда. Общий срок вегетации – 82 сут.

Динамику изменения нитрогеназной активности в клубеньках люпина измеряли ацетиленредуктазным методом на цельных корневых системах с помощью газового хроматографа GC-2014 (Shimadzu, Япония), оснащенного насадочными колонками, заполненными сорбентом АСМ и пламенно-ионизационным детектором нового поколения, обеспечивающим надежный и высокоточный анализ следовых количеств веществ. [2] Инертный газ-носитель – азот. При подготовке к анализу интактные корни помещали в стеклянные сосуды на 100 мл, далее в каждый сосуд шприцом вводили по 10 мл ацетилена и инкубировали в термостате в течение часа при 28°C. Полученные данные на хроматограмме выражали в нМ образующегося этилена (C₂H₄) на единицу сырого веса отделенных после анализа клубеньков (г) в единицу времени инкубации (ч), подсчитывали количество клубеньков, сформировавшихся на корнях растений в каждой фазе вегетации культуры.

Содержание общего хлорофилла в листьях измеряли в конце эксперимента фотоколориметрически на спектрофотометре UV-2700 (Shimadzu, Япония) при длинах волн 663 (OD 663) и 645 нм (OD 645) согласно РД 52.24.784-2013, ГОСТ 17.1.4.02-90. Для этого смешанную аликвоту 1,0 г сырой навески экстрагировали в темноте при комнатной температуре в течение 24 ч в 10 мл 80% аммиачного ацетона. Приготовленный гомогенат центрифугировали (4000 об/мин) 10 мин. (модель Sigma 2-6) и фильтровали. Супернатант переливали в колбу на 25 мл, доводили до метки 80% ацетоном и в полученной жидкости определяли содержание фотосинтетических пигментов (мг хлорофилла/100 г образца).

Экспериментальные данные обрабатывали с помощью статистического пакета Microsoft Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что положительный эффект от применения инокуляции семян и внесения органических удобрений начал проявляться с начальных фаз развития обоих сортов люпина и сохранялся до момента съема опыта. В динамике роста и развития сухая биомасса растений непрерывно нарастала. Закономерно, что минимальные показатели накопления сухого вещества зафиксированы в контроле, в среднем по трем изученным фазам вегетации инокуляция увеличивала массу воздушно-сухого вещества у узколистного люпина на 40%. Для белого люпина повышение веса было незначительным – 6% к контролю. Дополнительное обогащение симбиосистемы узколистного люпина органикой не сказалось на его весе, тогда как в агробиоценозе люпина белого привело к прибавке в массе на 5%. Наибольшая прибавка в весе для обоих видов отмечена в фазе бутонизации (рис. 1).

По накоплению зеленой биомассы белый люпин во всех вариантах за вегетацию превосходил узколистный в среднем в три раза.

Оценка высоты побегов показала, что внесение зоогумуса и биопрепарата также инициировало линейный рост растений. Наибольшие показатели были на органо-микробном фоне. Под конец вегетации оба вида достигли высоты 50 см, что на 17% превышало значения контрольных растений люпина узколистного и 6% белого.

Важный биологический критерий при отборе высокоурожайных сортов для их дальнейшей селекции – отношение биометрических значений корня к стеблю. Поэтому дополнительно производили учет веса корней. Вариация биомассы побегов у бобовых в разных фазах вегетации была высокой, масса корней – посто-

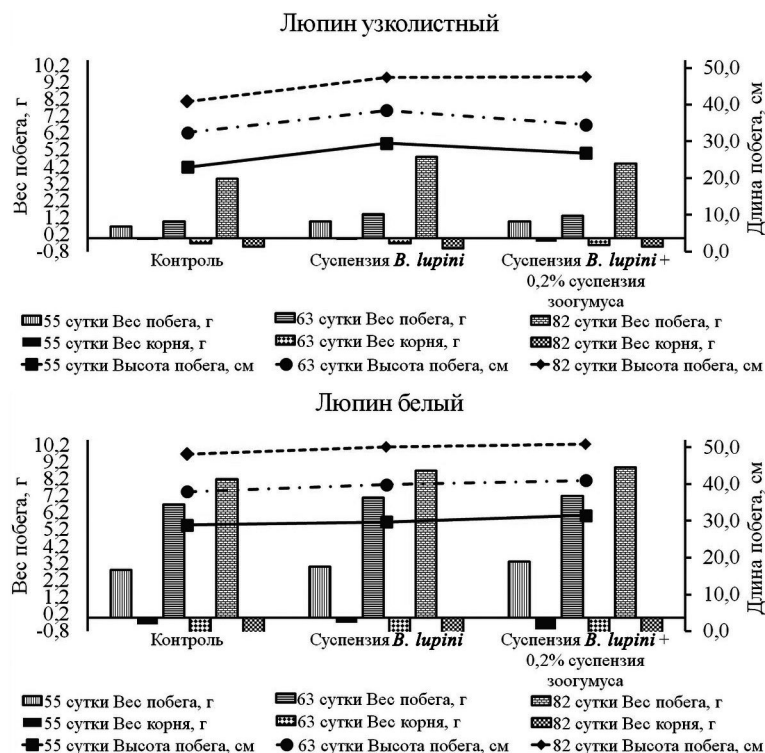


Рис. 1. Влияние суспензии зоогумуса на динамику изменения морфометрических показателей люпино-ризобияльного симбиоза по вариантам опыта.

янной. Наибольшие их значения сохранялись на протяжении всего эксперимента в варианте с внесением органики и бактерий.

Поскольку почву предварительно не стерилизовали, чтобы не изменять ее физических свойств, в контроле на корнях наблюдали появление небольшого числа клубеньков (см. таблицу). Однако фиксированный ими этилен не учитывали в расчетах и приравнивали к эндогенному. Наибольшее количество клубеньков для обоих видов отмечено с органо-микробным фоном. Причем после цветения по мере перехода растения к формированию плодов, их количество резко снижалось. Так как важный показатель азотфиксиру-

ющей способности люпина – масса клубеньков, учет наибольшего ее значения прямо коррелировал с их количеством и показал высокий результат в варианте с органо-микробным консорциумом.

Изучение симбиотических показателей люпина свидетельствует о стимулирующем влиянии экспериментальных препаратов (рис. 2). Удобрения обеспечили интенсификацию процесса накопления азота в клубеньках. В варианте с дополнительным внесением зоогумуса показатели были немного выше. Наибольший пик в фиксации – во время бутонизации. По показателям лидировал люпин белый.

Оценка показателей фотосинтетической деятельности листового аппарата растений люпина узколистного под конец вегетации показала, что несмотря на существенный уровень увеличения веса зеленой биомассы, в варианте с органикой и биопрепаратом, по сравнению с контролем, значения накопления общего хлорофилла во всех вариантах были равнозначны (рис. 3).

На белом люпине прибавка от действия инокулянта составила 16 и 22% с дополнительной добавкой зоогумуса. Можно сделать предположение, что для активации работы фотосинтетического аппарата и повышенного синтеза общего хлорофилла у сорта *Дега* при данных условиях питательно режима и уровня освещения не потребовался дополнительный набор в весе.

Выводы. Биомасса растений считается одним из наиболее важных и надежных критериев оценки продуктивности формируемого урожая сельскохозяйственных культур. С усилением питания ее увеличение наблюдалось лишь на люпине белом. В целом по оценке морфометрических параметров растений, по сравнению с контролем, люпин узколистный оказался более отзывчивым на органо-микробное воздействие под конец вегетации. Вес побега вырос на 36%. Повышение качества получаемой биомассы отмечено у обоих видов.

Разрастание корневой системы в варианте с органо-микробным фоном указывает на улучшение питательного режима и водопотребления растений. Увеличение контактной площади сопряжено с ростом числа клубеньков и нитрогеназной активности, которое связано с повышением синтеза фотосинтетических пигментов.

Таким образом, обработка семян бактериальным препаратом штамма *B. lupini* перед посевом и дополнительное внесение органического удобрения в виде экстрактов зоогумуса *H. illucens* в субстрат позволяет достигнуть максимального уровня функционирования симбиотического аппарата растений люпина, режима питания, а также повышения его физиологической активности и нормы урожая.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агеева П.А., Почутина Н.Л. Реализация биологического потенциала культуры узколистного люпина селекционным путем // Кормопроизводство. 2005. № 6. С. 6–8.
2. Алисова С.М., Чундерова С.М. Методические указания по использованию ацетиленового метода при селекции бобовых культур на повышение азотфиксации. Л., 1982. 11 с.
3. Артюхов А.И., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В. Люпин – селекция и адаптация в агроландшафты России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 59. С. 51–60.

Влияние зоогумуса на массу и количество клубеньков люпина

Вариант	Люпин узколистный		Люпин белый			
	сутки					
	55-е	63-и	82-е	55-е	63-и	82-е
Масса клубеньков, г/раст.						
Контроль	0,02	0,03	0,03	0,01	0,04	0,05
Суспензия <i>B. lupini</i>	0,44	0,33	0,22	0,58	0,28	0,12
Суспензия <i>B. lupini</i> + 0,2% суспензия зоогумуса	0,58	0,44	0,18	0,57	0,47	0,19
Количество клубеньков, ед/раст.						
Контроль	2,0	4,0	4,0	3,0	5,0	6,0
Суспензия <i>B. lupini</i>	52,0	39,0	26,0	64,0	31,0	13,0
Суспензия <i>B. lupini</i> + 0,2% суспензия зоогумуса	69,0	53,0	22,0	56,0	47,0	19,0

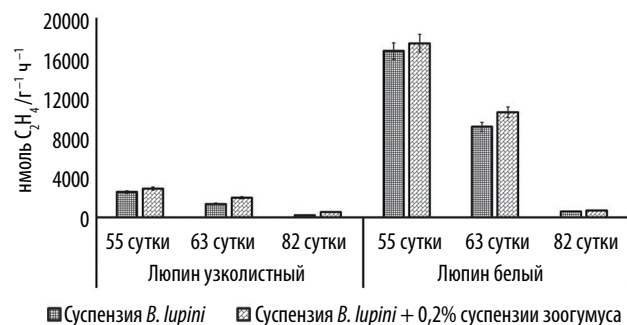


Рис. 2. Влияние суспензии зоогумуса на нитрогеназную активность люпино-ризобияльного симбиоза по фазам вегетации.

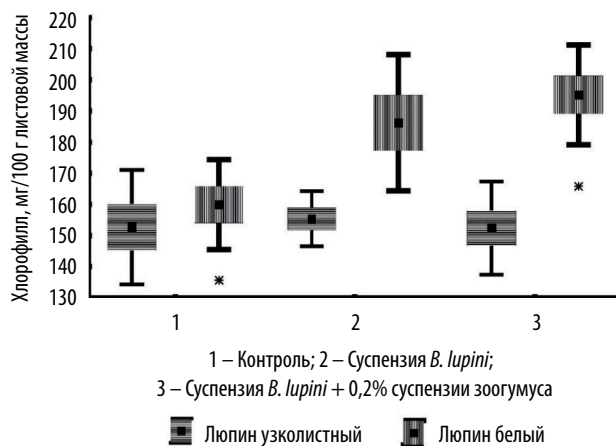


Рис. 3. Влияние суспензии зоогумуса на содержание общего хлорофилла в листьях люпино-ризобияльной симбиосистемы в конце опыта.

4. Доспехов В.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Кононов А.С. Люпин: технология возделывания в России. Брянск, 2003. 211 с.
6. Конончук В.В., Никиточкин Д.Н., Тимошенко С.М. и др. Зерновая продуктивность и азотфиксирующая способность люпина узколистного в зависимости от норм высева, удобрений и применения гербицидов при разных погодных условиях в центре нечерноземной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2 (38). С. 104–114.
<https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-2-104-114>
7. Купцов Н.С., Миронова Г.П. Селекция сладких сортов – очередной этап узколистного люпина // Кормопроизводство. 2005. № 6. С. 8–10.
8. Орлова А.Г., Рапина О.Г. Сравнительная продуктивность различных сортов люпина белого в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 17–22. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-14017>
9. Парахин Н.В., Петрова С.Н. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации. М.: Колос, 2006. 151 с.
10. Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 37–40.
11. Цыгуткин А.С., Блинникова В.Д., Кауфман А.Л. и др. Об оптимальном значении кислотности раствора при прорастании семян белого люпина (*Lupinus albus* L.) // Природообустройство. 2016. № 1. С. 91–97.
12. Fernández-Pascual M., Pueyo J.J., de Felipe M.R. et al. Singular Features of the Bradyrhizobium-Lupinus Symbiosis // Dynamic Soil, Dynamic Plant. 2007. No. 1. P. 1–16.
13. Lambers H., Shane M.W., Cramer M.D. et al. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: Matching morphological and physiological traits // Annals of Botany. 2006. No. 98. P. 693–713.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcl114>
14. Neumann G., Massonneau A., Langlade N. et al. Physiological aspects of cluster root function and development in phosphorus-deficient white lupin (*Lupinus albus* L.) // Annals of Botany. 2000. No. 85. P. 909–919.
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1135>
15. Peix A., Ramírez-Bahena M.H., Flores-Félix J.D. et al. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium lupini* and reclassification as *Bradyrhizobium lupini* comb. nov // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2015. 65 (Pt 4). P. 1213–1219.
<https://doi.org/10.1099/ijms.0.000082>
16. Pueyo J.J., Quiñones M.A., Coba de la Peña T. et al. Nitrogen and Phosphorus Interplay in Lupin Root Nodules and Cluster Roots // Frontiers in Plant Science. 2021. No. 12. 644218. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644218>
17. Schulze J., Temple G., Temple S.J. et al. Nitrogen Fixation by White Lupin under Phosphorus Deficiency // Annals of Botany. 2006. 98(4). P. 731–740.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcl154>
18. Wang X., Ding W., Lambers H. Nodulation promotes cluster-root formation in *Lupinus albus* under low phosphorus conditions // Plant and Soil. 2019. No. 439. P. 233–242.
<https://doi.org/10.1007/s11104-018-3638-1>

REFERENCES

1. Ageeva P.A., Pochutina N.L. Realizaciya biologicheskogo potenciala kul'tury uzkolistnogo lyupina selekcionnym putem // Kormoproizvodstvo. 2005. № 6. S. 6–8.
2. Alisova S.M., Chunderova S.M. Metodicheskie ukazaniya po ispol'zovaniyu acetilenovogo metoda pri selekcii bobovyh kul'tur na povyshenie azotfiksacii. L., 1982. 11 s.
3. Artyuhov A.I., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V. Lyupin – selekciya i adaptaciya v agrolandshafty Rossii // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 59. S. 51–60.
4. Dospikhov V.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Kononov A.S. Lyupin: tekhnologiya vozdelevaniya v Rossii. Bryansk, 2003. 211 s.
6. Kononchuk V.V., Nikitochkin D.N., Timoshenko S.M. i dr. Zernovaya produktivnost' i azotfiksiruyushchaya sposobnost' lyupina uzkolistnogo v zavisimosti ot norm vyseva, udobrenij i primeneniya gerbicidov pri raznyh pogodnyh usloviyah v centre nechernozemnoj zony Rossii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 2 (38). S. 104–114.
<https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-2-104-114>
7. Kupcov N.S., Mironova G.P. Selekcija sladkih sortov – ocherednoj etap uzkolistnogo lyupina // Kormoproizvodstvo. 2005. № 6. S. 8–10.
8. Orlova A.G., Rapina O.G. Sravnitel'naya produktivnost' razlichnyh sortov lyupina belogo v usloviyah Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 57. S. 17–22.
<https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-14017>
9. Parahin N.V., Petrova S.N. Sel'skohozyajstvennye aspekty simbioticheskoy azotfiksacii. M.: Kolos, 2006. 151 s.
10. Persikova T.F., Radkevich M.L. Vliyanie mikroelementov, regulatorov rosta rastenij i bakterial'nyh udobrenij na pokazateli struktury urozhajnosti lyupina uzkolistnogo // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 2. S. 37–40.
11. Cygutkin A.S., Blinnikova V.D., Kaufman A.L. i dr. Ob optimal'nom znachenii kislotnosti rastvora pri prorastanii semyan belogo lyupina (*Lupinus albus* L.) // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 1. S. 91–97.
12. Fernández-Pascual M., Pueyo J.J., de Felipe M.R. et al. Singular Features of the Bradyrhizobium-Lupinus Symbiosis // Dynamic Soil, Dynamic Plant. 2007. No. 1. P. 1–16.
13. Lambers H., Shane M.W., Cramer M.D. et al. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: Matching morphological and physiological traits // Annals of Botany. 2006. No. 98. P. 693–713.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcl114>
14. Neumann G., Massonneau A., Langlade N. et al. Physiological aspects of cluster root function and development in phosphorus-deficient white lupin (*Lupinus albus* L.) // Annals of Botany. 2000. No. 85. P. 909–919.
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1135>
15. Peix A., Ramírez-Bahena M.H., Flores-Félix J.D. et al. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium lupini* and reclassification as *Bradyrhizobium lupini* comb. nov // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2015. 65 (Pt 4). P. 1213–1219.
<https://doi.org/10.1099/ijms.0.000082>
16. Pueyo J.J., Quiñones M.A., Coba de la Peña T. et al. Nitrogen and Phosphorus Interplay in Lupin Root Nodules and Cluster

- Roots // *Frontiers in Plant Science*. 2021. No. 12. 644218. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644218>
17. Schulze J., Temple G., Temple S.J. et al. Nitrogen Fixation by White Lupin under Phosphorus Deficiency // *Annals of Botany*. 2006. 98(4). P. 731–740. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl154>
18. Wang X., Ding W., Lambers H. Nodulation promotes cluster-root formation in *Lupinus albus* under low phosphorus conditions // *Plant and Soil*. 2019. No. 439. P. 233–242. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3638-1>

Поступила в редакцию 01.09.2024

Принята к публикации 15.09.2024

УДК 633.111.1«321»:631.527:631.526.32

DOI: 10.31857/S2500208224060026, EDN: WVBGII

ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *КИНЕЛЬСКАЯ УДАЧА* ДЛЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ УСЛОВИЙ СРЕДНЕВОЛЖСКОГО И УРАЛЬСКОГО РЕГИОНОВ

Елена Анатольевна Дёмина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Татьяна Юрьевна Таранова, младший научный сотрудник

Светлана Евгеньевна Роменская, младший научный сотрудник

Александр Иванович Кинчаров, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова, г. Кинель, Самарская обл., Россия

E-mail: elena_pniiss@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты селекционной работы по созданию нового сорта яровой мягкой пшеницы *Кинельская удача* в 2019–2023 годах в лесостепной зоне Самарской области. Метеоусловия вегетации были засушливые: ГТК в 2019 году составил 0,48, 2020 – 0,52, 2021 – 0,39, 2022 – 0,62, 2023 – 0,41, среднемноголетняя норма – 0,73. Селекционную работу проводили согласно Методике государственного сортоиспытания. Сравнивали новый сорт со стандартом Тулайковская надежда и районированным *Кинельская юбилейная*. Новый сорт показал стабильно высокую урожайность зерна по годам исследований 2,24–4,34 т/га (средняя – 3,19 т/га), средняя прибавка над стандартом – 0,37 (13,1), *Кинельской юбилейной* – 0,12 т/га (3,9%). Адаптивность нового сорта – 106,1%, что выше стандарта на 12,7% и *Кинельской юбилейной* – 3,9%. Продуктивная кустистость высокая – 2,0 шт. (у стандарта – 1,6 шт.), стабильно высокая по годам сила муки – 353–503 е.а. (412 е.а.), натура зерна – 811–848 г/л (823 г/л), содержание клейковины в зерне – 26,8–33,6% (28,5%), вторая группа качества (ИДК – 87 ед.). Содержание белка в зерне – 13,4–15,9% (14,2%). Общая хлебопекарная оценка сорта высокая (4,4 балла), устойчив к патогенам, засухоустойчив (5 баллов), устойчив к полеганию (4,3 балла), осыпанию зерна (5 баллов) и его прорастанию на корню (5 баллов). Предназначен для производства продовольственного зерна высокого качества. Сорт проходит Государственное испытание по Средневолжскому и Уральскому регионам РФ с 2024 года.

Ключевые слова: Самарская область, яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), селекция, новый сорт, продуктивность, качество зерна, адаптивность

HIGHLY PRODUCTIVE SOFT SPRING WHEAT *KINELSKAYA UDACHA* VARIETY FOR FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA AND URAL REGIONS

E.A. Demina, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

T.Yu. Taranova, Junior Researcher

S.E. Romenskaya, Junior Researcher

A.I. Kincharov, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov, Kinel, Samara region, Russia

E-mail: elena_pniiss@mail.ru

Abstract. The results of breeding work on the creation of a new variety of soft spring wheat *Kinelskaya Udacha* are presented. The research was conducted in 2019–2023 in the forest-steppe zone of the Samara region. The weather conditions of the vegetation were diverse, but in general they were quite arid: the hydrothermal moisture coefficient in 2019 was 0.48, 2020 – 0.52, 2021 – 0.39, 2022 – 0.62, 2023 – 0.41, the average annual norm was 0.73. The selection work was carried out according to the Methodology of the state variety testing. The comparison of the new variety was carried out with the *Tulaykovskaya Nadezhda* standard and the zoned *Kinelskaya Yubileynaya* variety. The *Kinelskaya Udacha* variety showed a consistently high grain yield over the years of research of 2.24–4.34 t/ha (on average 3.19 t/ha), the average increase over the *Tulaykovskaya Nadezhda* standard was 0.37 t/ha (13.1%), over the *Kinelskaya Yubileynaya* variety – 0.12 t/ha (3.9%). The adaptability of the new variety is 106.1%, which is 12.7% higher than the standard and the *Kinelskaya Yubileynaya* variety by 3.9%. Productive bushiness is high, on average 2.0 pcs. (the standard has 1.6 pcs.). It was characterized by consistently high flour strength of 353...503 e.a. (on average 412 e.a.), high grain size of 811–848 g/l (on average 823 g/l), and high gluten content in grain of 26.8–33.6% (on average 28.5%) of the second quality group (in an average of 87 units. IDK). The protein content in the grain is 13.4–15.9% (average 14.2%). The overall baking grade is