

УДК 631.344:633.313

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-2-6-22

## СЕЛЕКТИВНЫЙ ФОН ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮЦЕРНЫ С ВЫСОКОЙ АДАПТИВНОЙ И СИМБИОТИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТЯМИ\*

**Г. В. Степанова**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**А. А. Ионов**, научный сотрудник

*ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»  
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1  
[gvstep@yandex.ru](mailto:gvstep@yandex.ru)*

## SELECTIVE BACKGROUND FOR FORMING THE SOURCE ALFALFA MATERIAL WITH HIGH ADAPTIVE AND SYMBIOTIC ABILITIES

**G.V. Stepanova**, Candidate of Agricultural Sciences  
**A.A. Ionov**, Researcher

*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology  
141055, Russia, Moscow Region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1  
[gvstep@yandex.ru](mailto:gvstep@yandex.ru)*

По результатам исследований 2022–2023 гг. выдвинута гипотеза: для создания высокоадаптивных сортов люцерны и комплементарных им штаммов клубеньковых бактерий, которые будут использованы в новых регионах люцерносеяния, отличающихся дефицитом тепла и солнечных дней, избыточной влагообеспеченностью, их испытание и отбор следует проводить в вегетационных опытах в феврале – апреле и сентябре – ноябре при пониженной температуре воздуха и низкой освещенности. Испытание сортов люцерны и штаммов клубеньковых бактерий проводили в поликарбонатной теплице с августа 2024 г. по май 2025 г. В период с 5 августа по 5 ноября сформировались люцерно-ризобияльные симбиотические системы с разной степенью эффективности. Зимостойкость высокоэффективных симбиотических пар с разными сортами люцерны составила 19,0–48,1 %, зимостойкость растений, не сформировавших эффективный симбиоз, — 1,0–2,3 %. Средняя продуктивность перезимовавших растений высокоэффективных симбиотических пар достигла 36,6–111,4 г/растение сухого вещества и 3,00–6,99 г/растение семян. Соответствующие показатели растений люцерны, не вступивших в эффективный симбиоз, были 28,1–49,20 и 2,13–2,62 г на растение. Самыми зимостойкими оказались люцерно-ризобияльные системы с сортами Вега 87 (36,1 %) и Таисия (48,1 %), самыми продуктивными — с сортами Люся и Таисия (96,7 и 111,4 г

\* Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» «Технология создания высокоэффективных сорто-микробных систем с высоким потенциалом адаптивности, регулируемой урожайностью, биохимическим составом, процессами роста и развития за счет возобновляемых ресурсов растительно-микробных симбиозов» (FGGW-2026-0004).

сухого вещества, а также 6,21 и 6,99 г семян на растение). Наиболее эффективные штаммы клубеньковых бактерий L6-1, L6-3 и A1 повысили продуктивность растений по сухому веществу в 2,3–2,9 раза, семенам — в 2,6–3,3 раза.

**Ключевые слова:** вегетационные опыты, селективный фон, люцерна изменчивая, люцерно-ризобиальный симбиоз, адаптивная способность.

Based on the results of research conducted in 2022–2023, it was hypothesized that in order to create highly adaptable alfalfa varieties and complementary strains of nodule bacteria that can be used in new alfalfa-growing regions characterized by a lack of heat and sunny days, as well as excessive moisture availability, their testing and selection should be conducted in vegetative experiments in February–April and September–November at lower air temperatures and lower light levels. The test of alfalfa varieties and nodule bacteria strains was conducted in a polycarbonate greenhouse from August 2024 to May 2025. During the period from August 5 to November 5, alfalfa-rhizobial symbiotic systems with varying degrees of efficiency were formed. The winter hardiness of highly effective symbiotic pairs with different alfalfa varieties was 19.0–48.1%, while the winter hardiness of plants that did not form an effective symbiosis was 1.0–2.3%. The average productivity of overwintered plants of highly effective symbiotic pairs reached 36.6–111.4 g/plant of dry matter and 3.00–6.99 g/plant of seeds. The corresponding indicators of alfalfa plants that did not enter into an effective symbiosis were 28.1–49.20 and 2.13–2.62 g per plant. The most winter-hardy systems were alfalfa-rhizobial systems with the varieties Vega 87 (36.1%) and Taisiya (48.1%), and the most productive systems were with the varieties Lyusya and Taisiya (96.7 and 111.4 g of dry matter per plant, as well as 6.21 and 6.99 g of seeds per plant). The most effective strains of nodule bacteria, L6-1, L6-3, and A1, increased plant productivity in 2.3–2.9 times by dry matter and in 2.6–3.3 times by seeds.

**Keywords:** vegetative experiments, selective background, alfalfa, alfalfa-rhizobial symbiosis, adaptive capacity.

**Введение.** Люцерна — одна из самых питательных и потому наиболее востребованных на мировом рынке кормовых культур. Она богата белком, клетчаткой и другими полезными веществами. В 2024 г. общая площадь посевов люцерны во всех категориях хозяйств России составляла около 2 млн. га. [1]. Основные зоны выращивания люцерны — Центральный, Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Нижневолжский, Уральский регионы [2]. Благодаря разработке биотехнологии сопряженной симбиотической селекции люцерны в ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» и созданию на ее основе сортов люцерны изменчивой с повышенной адаптивной способностью, ареал возделывания люцерны продвинулся на север и северо-восток до Карелии, Архангельской и Во-

логодской областей [3–5]. В основе новой методики лежит отбор исходных генотипов люцерны и клубеньковых бактерий с высокой адаптивной способностью на жестком полевым селективном фоне [6].

Селекционные программы на повышение адаптивной способности теоретически обоснованы и довольно широко используются. Одной из первых Е. Н. Синская показала, что большой интерес представляет среда как фон для отборов и формирования селекционного материала. Она выделяла три типа фонов: стабилизирующий, на котором полиморфизм популяции не выявляется; анализирующий, способствующий выявлению различных биотипов; нивелирующий — на котором угнетается жизнеспособность различных генотипов и ниве-

лируются различия между ними [7; 8]. Развитию адаптивной селекции особое внимание уделял А. А. Жученко. Он писал, что адаптивная система селекции растений — важнейшая сфера практического использования фундаментальных знаний, и перед селекционерами стоит задача не только повысить продуктивность растений, но и сочетать ее с устойчивостью к абиотическим и биотическим условиям среды. Селекционные программы должны быть направлены на придание сортам устойчивости к тем стрессорам, которые в наибольшей степени ограничивают величину и качество урожая в данной почвенно-климатической зоне [9; 10]. Большое внимание А. А. Жученко уделял созданию экологически устойчивых сортов. Он писал: «Экологическая устойчивость сорта — важнейшее условие реализации его ценных свойств в изменяющихся условиях внешней среды» [11]. В развитии этого утверждения А. И. Прянишников с соавторами отмечают: «При адаптивной селекции необходимо создавать сорта, у которых высокая потенциальная урожайность сочетается с экологической устойчивостью к тем стрессам, чье действие невозможно уменьшить за счет улучшения технологий» [12].

В практической селекции на первый план выходит проблема создания оптимального селективного фона. Е. Г. Добруцкая с соавторами отмечают, что при селекции на адаптивность проблема фона, способного выявлять комплексную изменчивость по заданному признаку, очень важна. В плохих условиях можно выявить устойчивые формы, но трудно обнаружить особи с высоким потенциалом продуктивности. Селективный фон

должен быть оптимально благоприятным для выделения устойчивых генотипов, но при этом не обеднять исходную популяцию признаками продуктивности и качества [13]. В Белоруссии при создании сорта ржи с высокой адаптивной способностью в качестве селективного фактора использовали контрастные погодные условия в разные годы оценки селекционного материала [14]. При оценке адаптивного потенциала новых сортов гречихи, испытания проводили в трех географических точках с разными экологическими условиями [15]. В исследованиях А. А. Гончаренко с соавторами установлено, что основными факторами влияния на экспрессию признаков качества оказались генотип сорта и погодные условия. По многим признакам сила влияния средового фактора превышала влияние генотипа сорта [16].

Основным недостатком испытания селекционного материала на вышеназванных фонах является сложная воспроизводимость из-за неконтролируемости погоды в полевых условиях. По видимому, фоны необходимо создавать искусственно в контролируемых условиях. Например, в Федеральном научном центре лубяных культур в условиях вегетационного опыта (2017–2019 гг.) на селективных фонах исследована реакция 27 образцов льна на снижение кислотности почвы до нейтральных значений. Выявлены образцы льна, которые могут быть использованы в качестве источников устойчивости к «физиологическому угнетению» льна, обусловленному стрессовыми факторами при нейтральной реакции среды [17].

В лаборатории селекции люцерны ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» ведется

работа по созданию специальных селективных фонов в частично контролируемых условиях для отбора исходного материала люцерны с высокой адаптивной и симбиотической способностью. В представленной статье показаны некоторые результаты отбора исходного материала на таком фоне.

**Цель работы** — изучить особенности роста и развития растений люцерны изменчивой, инокулированных активными штаммами ризобий, на жестком селективном фоне в частично контролируемых условиях выращивания; отобрать высокоадаптивные люцерно-ризобиальные комплементарные системы.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Изучена эффективность люцерно-ризобиальных систем в вегетационных опытах селекционно-тепличного комплекса (СТК) (2022 и 2023 гг.).

2. Сформирован селективный фон в частично контролируемых условиях (поликарбонатная теплица, август 2024 г. – май 2025 г.)

3. Отобраны высокоэффективные люцерно-ризобиальные системы, отличающиеся высокой зимостойкостью.

4. Дана оценка отобранного материала по основным хозяйственно ценным признакам (май – сентябрь 2025 г.)

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2022–2025 гг. в вегетационных опытах в частично контролируемых условиях СТК и поликарбонатной теплицы на селективном фоне.

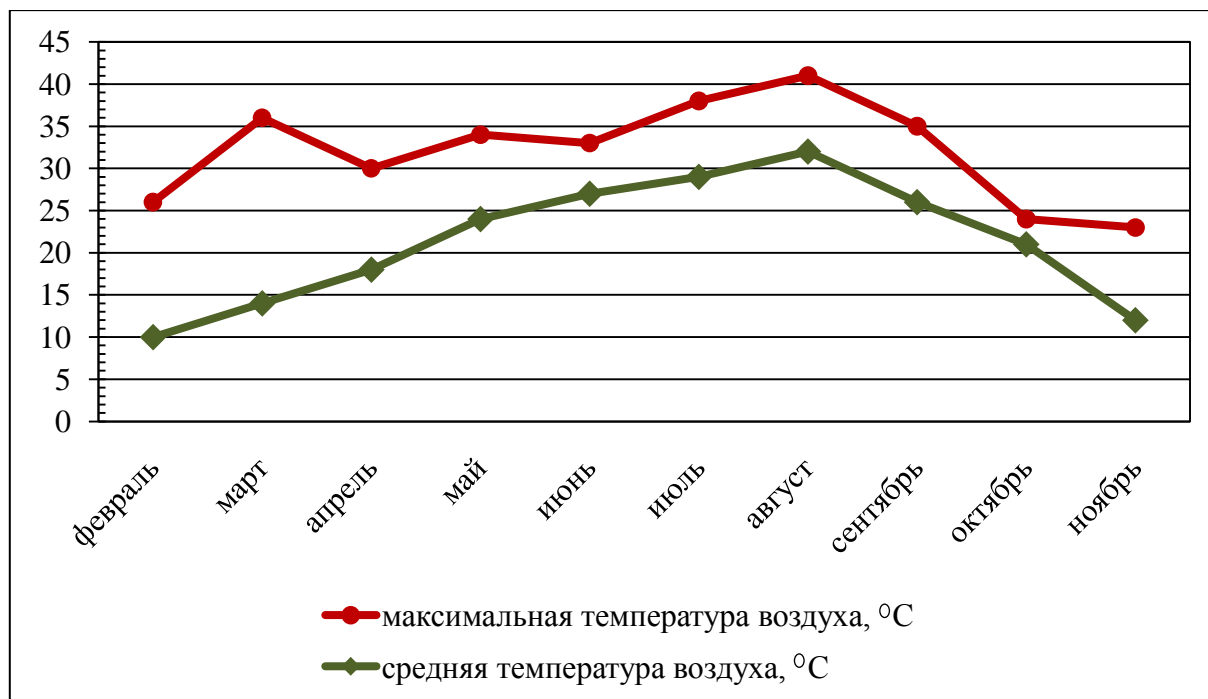
В целом работа представлена двумя этапами исследований. В 2022 и 2023 гг. в СТК были изучены люцерно-ризобиальные системы, полученные в результате инокуляции семян люцерны сортов Па-

стбищная 88 и Таисия изолятами клубеньковых бактерий (КБ), созданными в лаборатории селекции люцерны.

В СТК освещенность естественная; температура воздуха контролируется подогревом в холодный период года и вентиляцией в жаркий; влажность субстратов поддерживается поливом по мере подсыхания. Температура воздуха в СТК в период активного роста люцерны показана на рисунке 1.

Максимальная температура воздуха в солнечные дни, даже в холодное время года, поднималась до 24–36 °С, в то время как средняя температура была в пределах 10–14 °С. В мае – сентябре в 14–16 часов воздух прогревался до 35–43 °С, при этом среднесуточная температура составляла 24–29 °С. В СТК отмечали ежесуточные резкие перепады температуры воздуха, но в связи с тем, что у растений реакция на колебания температуры воздуха замедленная, растения успешно росли и развивались.

На втором этапе проверяли гипотезу, выдвинутую в результате анализа экспериментальных данных, полученных в 2022–2023 гг. Было высказано предположение, что для создания штаммов с высокой эффективностью симбиоза, которые будут использовать в новых регионах люцерносеяния, отличающихся дефицитом тепла, солнечных дней, избыточной влагообеспеченностью, а также отбора генотипов растений люцерны с высокой адаптивной способностью к вышеперечисленным стрессорам, испытание штаммов следует проводить в вегетационных опытах в феврале–апреле и сентябре–ноябре при пониженной температуре воздуха, обильном поливе и низкой освещенности.



**Рис. 1. Температура воздуха в селекционно-тепличном комплексе, вегетационные опыты, данные 2023 г.**

Исследования проводили в поликарбонатной теплице (август 2024 г. – май 2025 г.) и естественных условиях (на открытом воздухе в июне–сентябре 2025 г.). В поликарбонатной теплице температура воздуха была несколько выше по сравнению с внешней средой за счет солнечного нагрева его в замкнутом пространстве. В солнечные дни различия достигали 6–10 °C, в пасмурные в теплице было на 1,6–3,5 °C теплее. В 2024 г. устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °C произошел в третьей декаде октября, в теплице — на 10 дней позднее. Весенний переход через +5 °C отмечен в начале второй декады апреля 2025 г., в теплице — в конце первой декады марта. В теплице осенью вегетация прекратилась на 10–12 дней позднее по сравнению с естественными условиями, а весной началась на месяц раньше (рис. 2).

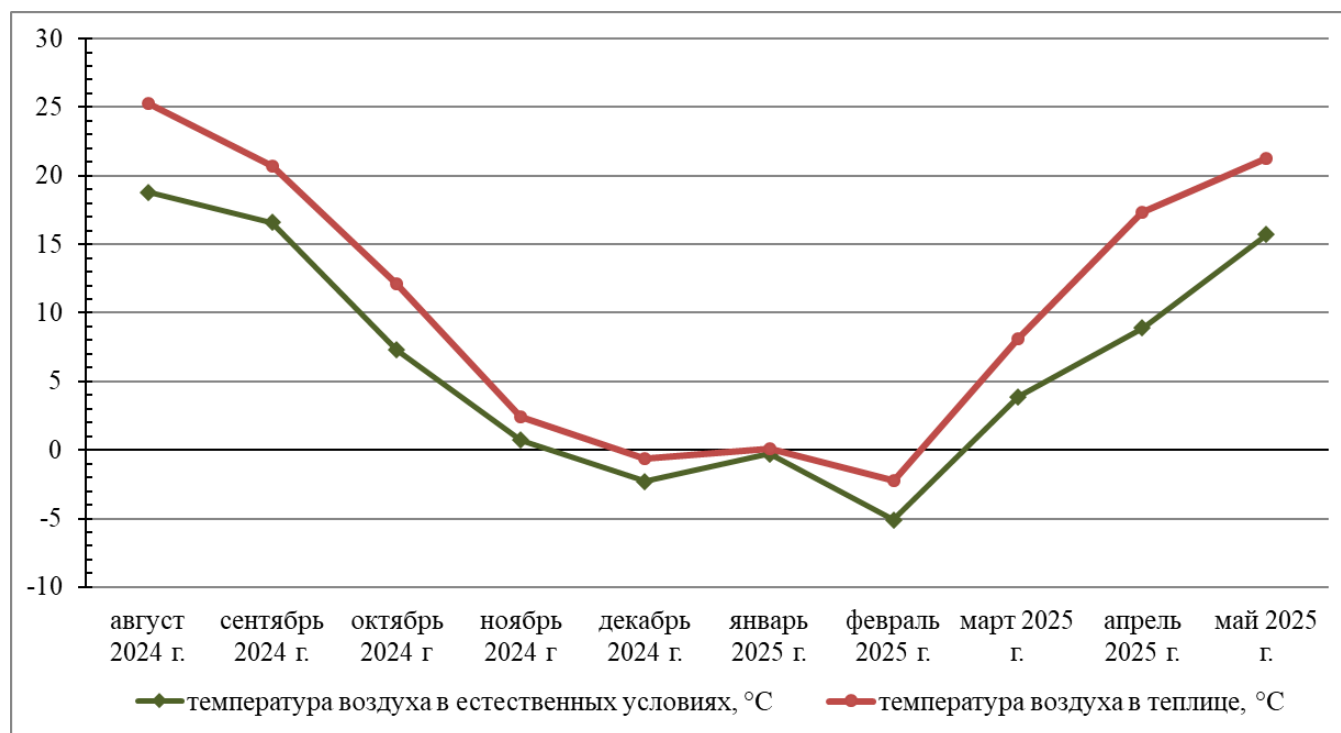
В вегетационных опытах (СТК) использовали полевую почву, в которой содержалось 2,04 % гумуса по Тюрину, общего азота 0,142 %, 138,81 мг/кг почвы подвижного фосфора и 92,75 мг/кг обменного калия, рН солевой вытяжки 5,73. В опыте посева 2022 г. провели шесть циклов скашивания с марта по октябрь 2023 г., а в опыте посева 2023 г. — четыре цикла с мая по октябрь 2023 г.

В поликарбонатной теплице при создании селективного фона использовали сильноокислую для выращивания люцерны почву (рН = 4,01). Содержание гумуса — 1,22 %, общего азота — 0,095 %, подвижного фосфора — 101,86 и обменного калия — 72,30 мг/кг почвы.

Во всех опытах инокулированные семена люцерны высевали в ящики, наполненные почвой. В СТК вегетационный опыт № 1 был заложен в сентябре 2022 г., а опыт № 2 — в марте 2023 г.

В поликарбонатной теплице люцерну высеяли 23 июля 2024 г., полные всходы появились 2–4 августа. В каждом ящике размещали по три рядка люцерны разных сортов, инокулированных одно-

именным штаммом (изолятом) клубеньковых бактерий (КБ). Семена люцерны раскладывали в рядке с расстоянием 1 см друг от друга. Повторность четырехкратная.



**Рис. 2. Температура воздуха в естественных условиях и поликарбонатной теплице в осенне-зимний и весенний периоды, частично контролируемый селективный фон**

В качестве макросимбионтов взяли сорта люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) селекции ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»: Пастбищная 88, Таисия, Агния ВИК, Вега 87, Лада, новый сорт Люся.

В качестве микросимбионтов в СТК использовали изоляты клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*), выделенные в лаборатории селекции люцерны: I — выделен из клубеньков люцерны изменчивой (*M. varia* Mart.), II и IV — из клубеньков донника белого (*Melilotus albus* Medik.), III — смыв с семян люцерны посевной (*M. sativa* L.), VI — выделен из клубеньков люцерны серповидной

(*M. falcate* L.), а также производственный штамм клубеньковых бактерий 445<sup>a</sup>. На селективном фоне использовали новые экспериментальные штаммы КБ серии L6, а также A1, A5 и 404<sup>b</sup>, созданные во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. С.-Петербург). Контроль — вариант без инокуляции.

Люцерно-ризобиальные системы формировали по общепринятой методике ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии [18]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel 2007 по методике, предложенной Б. А. Доспеховым [19].

В поликарбонатной теплице после появления всходов в начале августа 2024 г. растения люцерны выращивали до устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +5 °С (5 ноября). 5 ноября провели учет: все растения срезали, высушили и взвесили для определения их продуктивности. Перед срезанием измерили высоту растений в вариантах с инокуляцией и без инокуляции (контроль). Отметили растения, начавшие формировать генеративные побеги, затем подсчитали их количество и количество растений, находящиеся в фазе розетки.

Весной 2025 г. все перезимовавшие растения были пересажены в вегетационные сосуды емкостью 5 л и перемещены в естественные условия (на открытый воздух) для получения семян от свободного опыления. Ко времени полного созревания семян (29 сентября 2025 г.) все растения были срезаны, высушены до постоянного веса, взвешены целиком с бобами, затем собраны бобы и выделены из них семена.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Основные показатели, по которым оценивали эффективность симбиотических взаимодействий новых изолятов КБ с сортами люцерны в вегетационных опытах — это высота и продуктивность растений люцерны.

1. В СТК в среднем за 6 циклов скашивания существенных различий между вариантами по высоте растений сортов Таисия и Пастбищная 88 не выявлено. По продуктивности (средняя масса сухого вещества растения) сорто-микробная система «Таисия + изолят III» оказалась

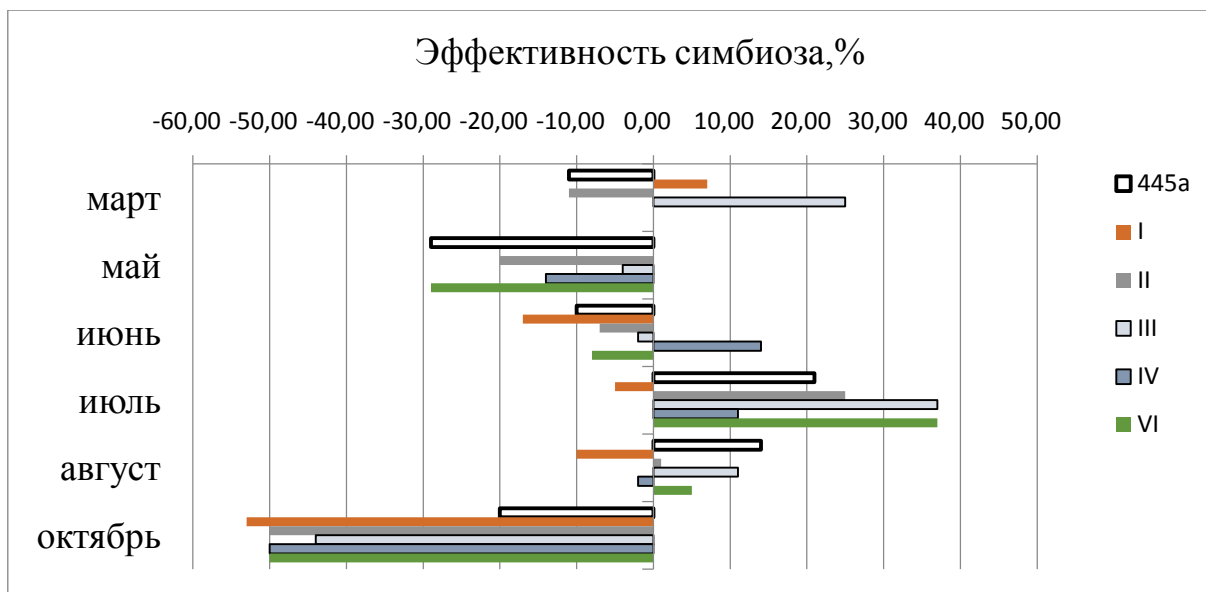
существенно продуктивнее растений в варианте без инокуляции: на 0,25 г на растение (+16 %).

Не выявлено изолятов КБ, оказывающих положительное влияние на продуктивность растений люцерны сорта Пастбищная 88. Причем изоляты II, III, IV и VI существенно (на 9–13 %) снижали продуктивность растений люцерны этого сорта.

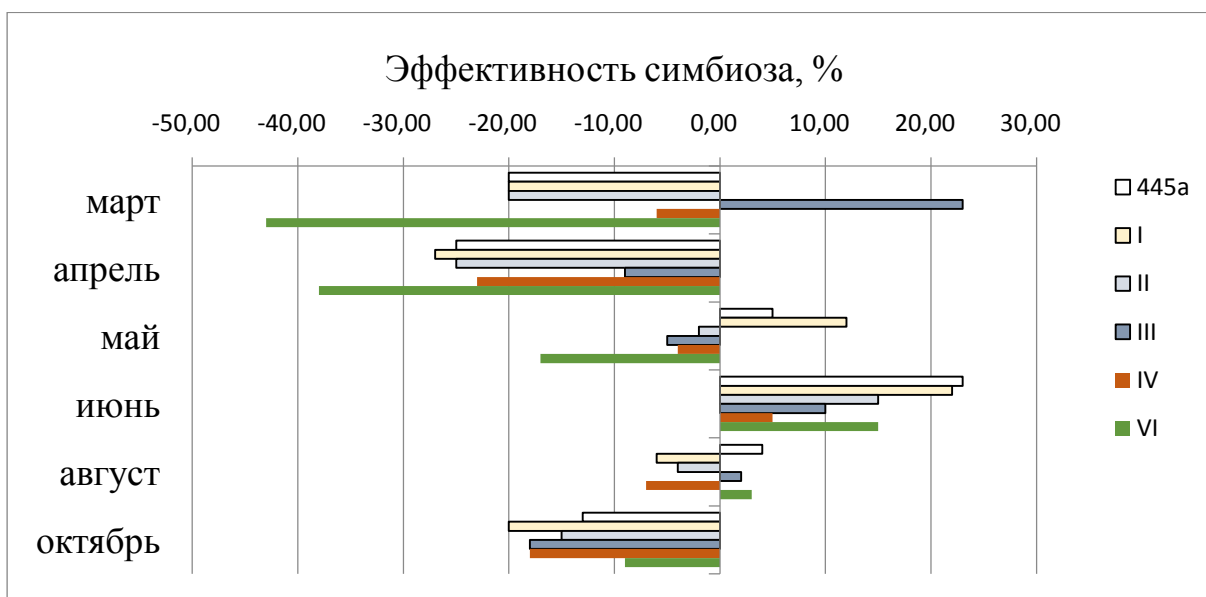
На рисунках 3 и 4 показана эффективность взаимодействий новых изолятов клубеньковых бактерий с сортами люцерны (среднее за вегетационные периоды 2022 и 2023 гг.).

В качестве контроля (вариант без инокуляции) на рисунках служит вертикальная ось. Слева от вертикальной оси показаны симбиотические пары с отрицательной эффективностью симбиоза (продуктивность растений была ниже, чем в варианте без инокуляции), справа — симбиотические пары с положительной эффективностью симбиоза (продуктивность возрастала под влиянием инокуляции).

Почти все люцерно-ризобиальные пары с сортом Таисия в периоды март–июнь и сентябрь–октябрь были менее продуктивными по сравнению с вариантом без инокуляции. Единственное исключение — изолят III, который оказался наиболее комплементарным сорту Таисия. В марте и июле люцерно-ризобиальная система с ним обеспечила прибавку продуктивности в размере 25 и 37 %, в августе — 11 %. В среднем за сезон продуктивность симбиотической пары «сорт Таисия + изолят III» была на 16 % выше контроля (рис. 3).



**Рис. 3. Эффективность люцерно-ризобиальных систем с сортом люцерны изменчивой Таисия и новыми изолятами КБ, среднее по вегетационным опытам № 1 и № 2, СТК, 2022 и 2023 гг.**



**Рис. 4. Эффективность люцерно-ризобиальных систем с сортом люцерны изменчивой Пастбищная 88 и новыми изолятами КБ, среднее по вегетационным опытам № 1 и № 2, СТК, 2022 и 2023 г.**

Гистограммы на рисунке 4 в основном похожи на гистограммы рисунка 3. В периоды с марта по июнь и с сентября по октябрь почти все люцерно-ризобиальные системы уступали контролю по продуктивности сухого вещества. Не

выявлено ни одного изолята, формирующего эффективные люцерно-ризобиальные системы с сортом Пастбищная 88. На уровне варианта без инокуляции был производственный штамм 445<sup>a</sup>. Средняя эффективность симбиоза соста-

вила  $-2\%$ . На рисунке 4 показано, что эффективность симбиоза штамма 445<sup>a</sup> с сортом Пастбищная 88 в мае и августе была 5 и 4 %, в июне достигла 22 %, в марте, апреле и октябре  $-13\ldots-25\%$ .

В период активного роста растений люцерны сорта Таисия их средняя высота достигала 34,1–38,4 см. Растения сорто-микробных систем со штаммом 445<sup>a</sup> и изолятами I, II и VI были существенно (на 2,8–3,7 см) выше по сравнению с вариантом без инокуляции. Инокуляция изолятами IV и III существенно (на 15 и 18 %) повысила продуктивность растений сорта Таисия. Средняя облиственность растений испытываемых сорто-микробных систем была в пределах 57,0–59,8 %, статистически значимых различий между люцерно-ризобиальными парами не отмечено.

Инокуляция сорта Пастбищная 88 штаммом 445<sup>a</sup>, изолятами I, II и VI существенно (на 3,1–5,0 см) увеличивала высоту растений люцерны. При этом продуктивность растений увеличивалась незначительно (на 1–7 %): изменения в пределах ошибки опыта. Инокуляция не оказала заметного влияния и на облиственность. Отклонения от стандарта составили 0,4–1,6 %, НСР<sub>05</sub> = 2,7 %. Следует отметить изолят IV, который увеличил облиственность сорта Таисия на 1,2 %, а сорта Пастбищная 88 — на 1,4 %.

Анализ эффективности симбиоза новых изолятов КБ с сортами люцерны в вегетационных опытах выявил три периода схожих реакций растений люцерны изменчивой на инокуляцию. Первый период: февраль–апрель. Эффективность симбиоза с сортом Таисия находилась в пределах от 0 до  $-28\%$ , с сортом Паст-

бищная 88 — от  $-5$  до  $-44\%$ . Во второй период (с мая по август), инокуляция повышала продуктивность растений сорта Таисия на 5–36 %, сорта Пастбищная 88 — на 2–23 %. Третий период: сентябрь–ноябрь. Продуктивность инокулированных растений люцерны сорта Таисия была на 9–54 % ниже растений без инокуляции, сорта Пастбищная 88 — на 9–20 % ниже (рис. 3; 4).

Проведенные в 2022–2023 гг. исследования позволили выдвинуть рабочую гипотезу: для создания высоко адаптивных сортов люцерны и комплементарных им штаммов КБ, которые будут использованы в новых регионах люцерносеяния, отличающихся дефицитом тепла и солнечных дней, избыточной влагообеспеченностью, их испытание и отбор следует проводить в вегетационных опытах в феврале–апреле и сентябре–ноябре при пониженной температуре воздуха и низкой освещенности. Такие условия можно смоделировать или в климатической камере (что очень дорого), или в поликарбонатной теплице, в которой осенью вегетация заканчивается в октябре, а весной начинается в марте, то есть продолжительность вегетации увеличивается примерно на месяц по сравнению с условиями поля. Для проверки этой гипотезы был заложен селективный фон в частично контролируемых условиях поликарбонатной теплицы.

2. Формирование селективного фона в частично контролируемых условиях (поликарбонатная теплица).

К 5 августа 2024 г. по всем номерам сформировались полные всходы. Несмотря на то, что погода в сентябре и октябре 2024 г. была теплая, на кислой почве и в условиях сокращающегося дня

большинство растений росли медленно, многие остались в фазе розетки. Однако были и такие, которые сравнительно быстро сформировали генеративные побеги и оказались в 2–3 раза выше остальных. Эти растения были отмечены, чтобы весной отобрать их для дальнейшей работы. 5 ноября 2024 г. провели учет зеленой массы растительно-микробных систем. Подготовили травостой к периоду зимнего покоя.

Селективный фон работает не только как инструмент отбора генотипов растений и комплементарных им штаммов

микроорганизмов с заданными свойствами. На селективных фонах можно проводить всестороннюю оценку селекционного материала по основным хозяйственным, биологическим и морфологическим признакам с учетом специфических условий фона и его модификации во времени.

Субстрат, на котором выращивали растительно-ризобиальные симбиотические системы, — низкоплодородный тяжелый суглинок, растения люцерны в таких условиях растут и развиваются очень плохо (рис. 5).



**Рис. 5. Травостой люцерны изменчивой сортов: 1 – Агния ВИК, 2 – Вега 87, 3 – Лада, 4 – Люся, 5 – Таисия в варианте без инокуляции (контроль), посев 23 июля 2024 г. фото 5 ноября 2024 г.**

Средняя высота растений всех сортов в контроле была небольшой: 1,7–2,4 см, а инокуляция штаммами А5, L6-34 и L6-3 увеличила высоту растений разных сортов в 3,7–4,4 раза: до 8,0–11,2 см (табл. 1).

Объясняется это тем, что в вариантах с инокуляцией значительная часть растений вступила в эффективный симбиоз с клубеньковыми бактериями, в результате чего ускорился рост и развитие рас-

тений люцерны.

Судя по высоте растений, наибольшей симбиотрофностью обладают сорта люцерны Агния ВИК и Вега 87. Высота растений, инокулированных штаммами L6-34, L6-72, А5, L6-3, возросла в 4,0–5,3 раза. Наибольший прирост (в 3,7–4,4 раза) в среднем по всем сортам обеспечила инокуляция штаммами А5, L6-34, L6-3 (табл. 1).

**1. Высота (см) растений люцерны изменчивой в разных вариантах инокуляции, вегетационный опыт (селективный фон), посев 2024 г.**

Сорт	Вариант инокуляции								НСР <sub>05</sub>
	Контроль	404 <sup>b</sup>	A1	A5	L6-1	L6-3	L6-34	L6-72	
Агния ВИК	1,8	7,2	4,6	7,2	3,4	9,3	9,3	7,4	2,6
	± к контролю	5,4	2,8	5,4	1,6	7,5	7,5	5,6	—
Вега 87	1,7	4,5	4,5	9,0	5,3	8,5	8,6	8,0	2,6
	± к контролю	2,8	2,8	7,3	3,6	6,8	6,9	6,3	—
Лада	2,4	5,0	4,1	6,0	5,2	8,4	6,9	5,5	2,4
	± к контролю	2,6	1,7	3,6	2,8	6,0	4,5	3,1	—
Люся	2,4	5,7	5,8	8,0	6,1	8,8	5,6	4,0	2,3
	± к контролю	3,3	3,4	5,6	3,7	6,4	3,2	1,6	—
Таисия	2,4	6,4	6,2	8,4	5,3	11,2	4,6	5,4	2,8
	± к контролю	4,0	3,8	6,0	2,9	8,8	2,2	3,0	—

Более важным показателем, характеризующим генетическую комплементарность и эффективность симбиоза макро- и микросимбионтов, является накопление сухого вещества растениями.

В данном исследовании установлено, что наиболее высокой общей комплементарной способностью обладают штаммы L6-3 и L6-34. Инокуляция пер-

вым штаммом увеличила продуктивность всех испытываемых сортов в среднем в 4,2 раза, вторым — в 3,6 раза. Наиболее комплементарными названным штаммам оказались сорта Агния ВИК и Вега 87, их продуктивность в вариантах инокуляции была в 4,4–3,0 и 5,9–5,6 раза выше, чем в контроле (табл. 2).

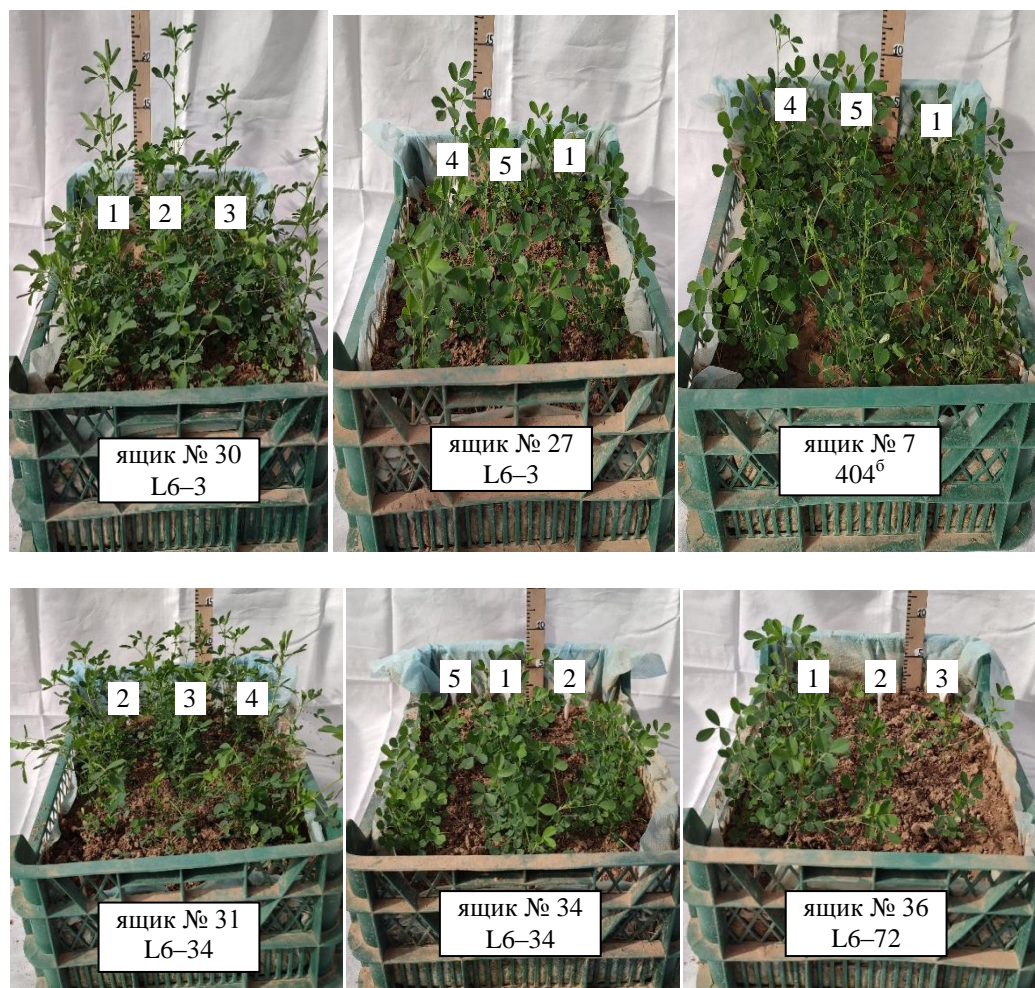
**2. Эффективность симбиоза по сухому веществу (г/растение) люцерно-ризобийных систем с новыми штаммами КБ, вегетационный опыт (СФ), данные 05.11.2024.**

Сорт	Показатель	Штамм КБ								НСР <sub>05</sub>
		контроль	404 <sup>b</sup>	A-1	A-5	L6-1	L6-3	L6-34	L6-72	
Агния ВИК	СВ	0,49	1,67	0,98	2,24	0,79	2,67	1,97	2,71	0,45
	ЭС, %	—	+240	+100	+357	—	+445	+302	+453	—
Вега 87	СВ	0,30	0,92	1,16	2,20	1,31	2,08	1,98	1,92	1,65
	ЭС, %	—	—	—	+633	—	+593	+560	—	—
Лада	СВ	0,36	0,85	1,31	1,45	0,86	1,88	1,56	1,14	0,59
	ЭС, %	—	—	+264	+303	—	+422	+333	+271	—
Люся	СВ	0,53	1,52	1,47	1,70	1,44	2,01	1,82	1,46	0,48
	ЭС, %	—	+187	+177	+221	+172	+279	+243	+175	—
Таисия	СВ	0,53	1,49	1,25	1,62	1,65	2,40	0,89	1,23	0,53
	ЭС, %	—	+181	+136	+206	+211	+353	—	+132	—
Средняя ЭС, %		—	203	169	344	192	418	360	258	—

*Примечания: СВ – сухое вещество, г/растение; ЭС, % – эффективность симбиоза: отношение сухого вещества растений в варианте с инокуляцией к сухому веществу контроля; показана у симбиотических пар, которые существенно, при 5%-ном уровне значимости, превышают по продуктивности контроль.*

На рисунке 6 видно, что травостой всех пяти испытываемых сортов, инокулированных штаммами L6-3 и L6-34, был сравнительно мощным и густым.

В травостое симбиотических пар «Агния ВИК + L6-3» и «Вега 87 + L6-3» значительное количество растений сформировали генеративные побеги.



**Рис. 6. Травостой люцерны инокулированных сортов:**  
1 – Агния ВИК, 2 – Вега 87, 3 – Лада, 4 – Люся, 5 – Таисия,  
штаммом L6-3 (ящики № 30 и 27), штаммом 404<sup>б</sup> (ящик № 7),  
штаммом L6-34 (ящики № 31 и 34), штаммом L6-72 (ящик № 36).  
Фото 5 ноября 2024 г., посев 23 июля 2024 г.

Инокуляция кислотоустойчивым штаммом 404<sup>б</sup> существенно усиливала рост и развитие комплементарных этому штамму сортов Люся, Таисия и Агния ВИК (табл. 2; рис. 6, ящик № 7). Эти сорта созданы методами симбиотической селекции на специальном селективном полевом фоне [6].

Сорту Агния ВИК высоко комплементарен штамм L6-72, инокуляция этим штаммом в 4,5 раза повысила продуктивность растений по сравнению с контролем (табл. 2). На рисунке 6 (ящик № 36) представлен травостой сорта Агния ВИК (первый рядок) и сортов Вега 87, Лада (второй и третий рядки). Пер-

вый рядок — мощные растения, в стадии формирования генеративных побегов, второй и третий — слабые в фазе начала формирования розетки.

Таким образом, штаммы А5, L6-34, L6-3 обладают высокой общей комплементарной способностью. Продуктивность растений люцерны, инокулированных этими штаммами, увеличилась в среднем в 3,4–4,2 раза по сравнению с вариантом без инокуляции, а наиболее симбиотрофных, таких как Агния ВИК и Вега 87 — в 4,5–6,3 раза. Штамм 404<sup>б</sup> комплементарен сортам Агния ВИК, Люся, Таисия, созданным методами симбиотической селекции с использова-

нием этого штамма. Штамм L6-72 высококомплементарен сорту Агния ВИК, продуктивность возросла в 4,5 раза.

Как указано выше, перед проведением учета отметили растения (рядом воткнули тонкие пластиковые палочки), вступившие в эффективный симбиоз осенью 2024 г. в первый период роста. Весной 2025 г., после начала весеннего возобновления травостоя, подсчитали количество перезимовавших растений люцерны, отмеченных пластиковыми палочками (отобранные) и не отмеченных (общие), и сравнили их с количеством, ушедших в зиму осенью 2024 г. Результаты показаны в таблице 3.

### 3. Зимостойкость люцерно-ризобийных систем и продуктивность растений, перезимовавших на селективном фоне, посев 2024 г., данные 29.09.2025

Сорт	Зимостойкость, %		Сухое вещество, г/растение		Семена, г/растение	
	отобранные	общие	отобранные	общие	отобранные	общие
Агния ВИК	22,3	1,3	36,6	28,1	3,54	2,62
Вега 87	36,1	1,0	76,3	32,8	3,53	2,40
Лада	19,0	1,1	55,5	35,3	3,00	2,13
Люся	24,5	1,4	96,7	43,2	6,21	2,41
Таисия	48,1	2,3	111,4	49,20	6,99	2,61

Растений, вступивших в эффективный симбиоз с активными штаммами ризобий, сохранилось от 5 до 11 штук на все четыре повторности. От исходного количества это от 19,0 до 48,1 %, а не вступивших в эффективный симбиоз сохранилось 8–13 штук: от 1,0 до 2,3 %. Лучшими по этому показателю оказались Вега 87 (36,1 %) и Таисия (48,1 %) (табл. 3).

Средняя масса растений, вступивших в эффективный симбиоз осенью 2024 г. и успешно перезимовавших, составила от 36,6 до 111,4 г на растение, в то время как масса растений этих же сортов, не

вступивших в симбиоз, была значительно (на 30–130 %) ниже. Лучшими по этому показателю были Люся (96,7) и Таисия (111,4 г/растение). То же касается и семенной продуктивности, которая у растений с потенциально высокой симбиотрофностью составила 3,00–6,99 г/растение, а не обладающих этой способностью — только 2,13–2,62 г, что на 35–168 % ниже первых. Лучшими по семенной продуктивности были Люся (6,21 г) и Таисия (6,99 г) (табл. 3).

В таблице 4 представлена информация об испытании новых активных штаммов ризобий на селективном фоне.

Самыми эффективными по зимостойкости оказались штаммы 404<sup>б</sup> и L6-34: сохранилось 48,5 и 88,5 % растений, вступивших в эффективный симбиоз с этими штаммами. Самыми продуктивными по сухому веществу надземной массы были растения, сформировавшие эффективный симбиоз со штаммами A1 и L6-3

(127,5 и 127,2 г/растение). Эти же растения и растения, вступившие в эффективный симбиоз со штаммом L6-1, оказались и самыми продуктивными по семенам (7,1–8,9 г). Следует отметить, что осенью 2024 г. штаммы A1, L6-1 показывали средние результаты по продуктивности, лидерами были L6-3 и L6-34.

#### 4. Эффективность штаммов клубеньковых бактерий на селективном фоне, посев 2024 г., данные 29.09.2025

Признак		Вариант инокуляции							Среднее
		404 <sup>б</sup>	A1	A5	L6-1	L6-3	L6-34	L6-72	
Зимостойкость, %	отбор	48,5	25,0	5,5	25,0	32,0	88,5	7,8	33,2
	общие	3,0	0,6	0,6	1,4	1,2	2,2	1,0	1,4
	± к общим	45,5	24,4	4,9	23,6	30,8	86,3	6,8	31,8
Сухое вещество, г/растение	отбор	54,1	127,5	—	78,7	127,2	58,0	65,8	85,2
	общие	42,9	44,6	—	35,0	45,2	37,1	46,7	41,9
	ЭС, %	126	286	—	225	281	156	141	203
Семена, г/растение	отбор	4,6	8,9	—	7,3	7,1	4,1	4,2	3,8
	общие	3,2	2,7	—	2,2	2,7	1,5	3,0	2,6
	ЭС, %	144	330	—	332	263	273	140	68

Обобщая результаты исследований в частично регулируемом вегетационном селективном фоне, приходим к заключению, что штаммы клубеньковых бактерий L6-1, L6-3 и A1, сформировавшие эффективный симбиоз с растениями люцерны, повысили продуктивность растений по сухому веществу в 2,3–2,9 раза, семенам — в 2,6–3,3 раза, а штаммы 404<sup>б</sup> и L6-34 повышали зимостойкость на 45,5 и 86,3 % по сравнению растениями, не вступившими в симбиоз. Наиболее высокой зимостойкостью выделялись люцерно-ризобиальные системы с сортами Вега 87 (36,1 %) и Таисия (48,1 %). Самыми продуктивными по сухому веществу (96,7 и 111,4 г/растение) и семенам (6,21 и 6,99 г/растение) оказались симбиотические системы с сортами Люся и Таисия.

**Заключение.** Испытание люцерно-ризобиальных систем, сформированных инокуляцией сортов люцерны изменчивой селекции ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» активными штаммами клубеньковых бактерий, созданными во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (С.-Петербург), в вегетационном опыте на кислой почве (рН = 4,01) и зимовки без снежного покрова выявило следующее:

– высокоэффективные люцерно-ризобиальные симбиотические системы, сформировавшиеся в условиях сокращающегося дня, дефицита тепла и света, обладают более высокой устойчивостью и продуктивностью по сравнению с растениями люцерны не вступившими в эффективный симбиоз;

– Инокуляция штаммами 404<sup>б</sup> и L6-34, при перезимовке без снега, повысила

зимостойкость растений люцерны до 48,5 и 88,5 %, зимостойкость других люцерно-ризобиальных систем была 5,5–32,0 %.

– Самыми зимостойкими оказались люцерно-ризобиальные системы с сортами Вега 87 (36,1 %) и Таисия (48,1 %), самыми продуктивными — с сортами Люся и Таисия (96,7 и 111,4 г сухого вещества на растение, а также 6,21 и 6,99 г семян на растение);

– Предпосевная инокуляция люцерны штаммами клубеньковых бактерий L6-1, L6-3 и A1 повысили продуктивность растений по сухому веществу в 2,3–2,9 раза, семенам — в 2,6–3,3 раза;

– Судить об эффективности селективного фона, созданного в ограниченно контролируемых условиях, можно будет после оценки отобранного материала по основным хозяйственно ценным признакам.

## Литература

1. Агроэкспорт. Люцерна. 17 июля 2025. [Электронный ресурс] URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/obzor-ved-lyuczerna.pdf> (дата обращения 01.04.2026).
2. Золотарев В. Н., Переправо Н. И. Агроэкологические основы семеноводства люцерны в России // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. статей: в 3 книгах. Книга 2 : XII Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука – сельскому хозяйству» Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2017. – С. 120–121. – EDN YSNVIP.
3. Исторические аспекты, состояние и перспективы развития семеноводства кормовых трав в России / В. Н. Золотарев, О. В. Трухан, П. И. Комахин, Т. В. Козлова // Кормопроизводство. – 2022. – № 7. – С. 3–9. – EDN XZSNLM.
4. Степанова Г. В. Сорт люцерны изменчивой Таисия // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 21–32. – EDN LYYXAR. – DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.
5. Степанова Г. В. Результаты симбиотической селекции люцерны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53. – № 1. – С. 14–22. – EDN ZAPNWQ. – DOI 10.26898/0370-8799-2023-1-2.
6. Степанова Г. В., Золотарев В. Н. / Биотехнология сопряженной селекции люцерны на повышение адаптивной способности // Адаптивное кормопроизводство. – 2015. – № 1. – С. 28–38. – EDN TSVFQF.
7. Синская Е. Н. Экологическая система селекции кормовых растений. – Л. : ВИР, 1933. – 42 с.
8. Синская Е. Н. Проблема популяций у высших растений. – Л. : Сельхозиздат, 1963. – 124 с.
9. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство. (Эколого-генетические основы). Теория и практика. М. : Агрорус, 2008, 2009. – Т. 1. – 814 с., – Т. 2. – 1098 с. – Т. 3. – 958 с.
10. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – Т. 2. – М. : Агрорус, 2001. – 1489 с.
11. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика). – Т. 1. – М. : Моск. тип. j 6, 2004. – 688 с. – EDN QKWOMZ.
12. Прянишников А. И., Савченко И. В., Мазуров В. Н. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 3. – С. 29–32. – EDN UVCAMV. – DOI 10.30850/vrsn/2018/3/29-32.
13. Добруцкая Е. Г., Смирнова А. М., Ушакова О. В. Оценка среды как фона для отбора при селекции на адаптивность урожайности моркови столовой // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – № 4 (31). – С. 27–34. – EDN WEAEZJ.
14. Чугаева В. В., Будько А. С. Адаптивный потенциал сортообразцов и гибридов F<sub>2</sub> озимой ржи // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2024. – № 60. – С. 184–190. – EDN LYVNDV.

15. Будько А. С., Лужинская Н. А., Кошечкина А. Т. Оценка адаптивного потенциала новых сортов гречихи различной плоидности // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2025. – № 61. – С. 218–224. – EDN YDWZGM.
16. Эколого-адаптивная характеристика сортов озимой ржи по признакам качества зерна / А. А. Гончаренко, Макаров А. В., Ермаков С. А., и др. – Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI) : сб. научн. трудов по материалам Междунар. научн.-практ. конф. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – С. 15–20.
17. Устойчивость образцов генофонда льна к эдафическому стрессу, вызванному понижением кислотностью / Т. А. Рожмина, А. А. Жученко-мл., Н. В. Мельникова, А. Д. Смирнова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020 – № 21 (2) – С. 133–140. – EDN DSBSVI – DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140.
18. Селекция люцерны на повышение эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями / Н. А. Проворов, Б. В. Симаров, Н. И. Сметанин, Э. В. Квасова // Методические рекомендации. – М. : ВАСХНИЛ, 1990. – 50 с. – EDN YJSKBR.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

## References

1. *Agroeksport. Lyucerna. 17 iyulya 2025* [Agroexport. Alfalfa. July 17th, 2025]. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/obzor-ved-lyuczerna.pdf (accessibly 30.03.2015).
2. Zolotarev V.N., Perepravo N.I. *Agroekologicheskie osnovy semenovodstva lyucerny v Rossii* [Agroecological foundations of alfalfa seed production in Russia]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu. Sbornik statei v 3 knigakh, Kniga 2. XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu"* [Agrarian Science for Agriculture – collection of articles: in 3 books. XII International Scientific and Practical Conference "Agrarian Science for Agriculture"]. Barnaul. *Altayskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet* Publ. 2017. Vol. 2. Pp. 120-121.
3. Zolotarev V.N., Trukhan O.V., Komakhin P.I., Kozlova T.V. *Istoricheskie aspekty, sostoyanie i perspektivy razvitiya semenovodstva kormovykh trav v Rossii* [Historical aspects, status and prospects of development of fodder grass seed production in Russia]. *Kormoproizvodstvo*. 2022. No. 7. Pp. 3-9.
4. Stepanova G.V. *Sort lyucerny izmenchivoj Taisiya* [Variety of variable alfalfa Taisia]. *Adaptive fodder production*. 2020. No 2. Pp. 21-32. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.
5. Stepanova G.V. *Rezultaty simbioticheskoy selekcii lyucerny* [Results of symbiotic breeding of alfalfa]. *Siberian herald of agricultural science*. 2023. No 1. Pp. 14-22. DOI 10.26898/0370-8799-2023-1-2.
6. Stepanova G.V. *Biotekhnologiya sopryazhennoj selekcii lyucerny na povyshenie adaptivnoy sposobnosti* [The biotechnology of conjugated breeding of alfalfa for increasing adaptive capacity]. *Adaptive fodder production*. 2015. No. 1. Pp. 28-38.
7. Sinskaya E.N. *Ekologicheskaya sistema selekcii kormovykh rastenij* [Ecological system of breeding forage plants]. Leningrad. *Vsesoyuznyi institut rasteniyevodstva* Publ. 1933. 42 p.
8. Sinskaya E.N. *Problema populyatsij u vysshikh rastenij* [The problem of populations in higher plants]. Leningrad. *Sel'khozizdat* Publ. 1963. 124 p.
9. Zhuchenko A.A. *Adaptivnoe rasteniyevodstvo. (Ekologo-geneticheskie osnovy). Teoriya i praktika* [Adaptive crop production. (Ecological and genetic foundations). Theory and practice]. Moscow. *AgroRus* Publ. 2008, 2009. Vol. 1. 814 p. Vol. 2. 1098 p. Vol. 3. 958 p.
10. Zhuchenko A.A. *Adaptivnaya sistema selekcii rastenij (ekologo-geneticheskie osnovy)* [Adaptive plant breeding system (ecological and genetic foundations)]. Moscow. *RUDN. AgroRus* Publ. 2001. Vol. 2. 1489 p.
11. Zhuchenko A.A. *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenij i problemy agrosfery (teoriya i praktika)* [Ecological genetics of cultivated plants and problems of agricultural sphere (theory and practice)]. Vol. 1. Moscow. *Mosk. tip. j 6* Publ. 2004. 688 p.

12. Pryanishnikov A.I., Savchenko I.V., Mazurov V.N. *Adaptivnaya selektsiya: teoriya i praktika otbora na produktivnost'* [Adaptive breeding: theory and practice of selection for productivity]. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2018. No. 3. Pp. 29-32.
13. Dobrutskaya E.G., Smirnova A.M., Ushakova O.V. *Otsenka sredy kak fona dlya otbora pri selektsii na adaptivnost' urozhajnosti morkovi stolovoj* [Assessment of the environment as a background for selection during breeding for the adaptability of carrot yields]. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya*. 2015. No. 4(31). Pp. 27-34.
14. Chugaeva V.V., Bud'ko A.S. *Adaptivnyj potencial sortoobrazcov i gibridov F<sub>1</sub> ozimoy rzhi* [Adaptive potential of winter rye varieties and F<sub>1</sub> hybrids]. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi*. 2024. No. 60. Pp. 184-190.
15. Bud'ko A.S., Luzhinskaya N.A., Koshevaya A.T. *Ocenka adaptivnogo potenciala novyh sortov grechihi razlichnoj ploidnosti* [Adaptive capacity of new buckwheat varieties of different ploidy]. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi*. 2025. No 61. Pp. 218-224.
16. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., et al. *Ekologo-adaptivnaya harakteristika sortov ozimoy rzhi po priznakam kachestva zerna* [Ecological and adaptive characteristics of winter rye varieties by characteristics and grain quality]. *Teoriya i praktika adaptivnoj selekcii rastenij (Zhuchenkovskie chteniya VI): sb. nauchn. trudov po materialam Mezhd. nauchn.-prakt. konf* [Theory and practice of adaptive plant breeding (Zhuchenkov Readings VI). Collection of scientific papers based on the materials of the international Scientific and Practical Conference]. Krasnodar. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 2021. Pp. 15-20.
17. Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A. ml., Mel'nikova N.V., Smirnova A.D. *Ustoichivost' obraztsov genofonda l'na k edaficheskomu stressu vyzvannomu ponizhenii kislotnost'yu* [Resistance of flax gene pool samples to edaphic stress caused by low acidity]. *Agricultural science of the Euro-North-East*. 2020. No. 21(2). Pp. 133-140. DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140.
18. *Selektsiya lyucerny na povyshenie effektivnosti simbioza s klubenkovymi bakteriyami* [Selection of alfalfa to increase the efficiency of symbiosis with nodule bacteria]. *Metodicheskie rekomendatsii* [Methodological recommendations]. Moscow. VASKhNIL Publ. 1990. 50 p.
19. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field experience methodology: (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow. Kolos Publ. 1979. 416 p.