

УДК 633.313:631.461.52

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2024-2-34-45

ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ НА ИНОКУЛЯЦИЮ КЛУБЕНЬКОВЫМИ БАКТЕРИЯМИ*

А.А. Ионов, научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

a.ionov@vniikormov.ru

RESPONSIVENESS OF ALFALFA VARIETIES TO INOCULATION BY NODULE BACTERIA

A.A. Ionov, researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

a.ionov@vniikormov.ru

Дана оценка пяти новых штаммов клубеньковых бактерий люцерны и производственного штамма 445а. Выявлена высокая активность нового штамма III, выделенного из суспензии, смытой с семян люцерны посевной европейского происхождения. Предпосевная инокуляция штаммом III увеличила продуктивность растений люцерны сорта Пастбищная 88 и Таисия на 23–44% и 18–61% в трех укосах из шести. Отмечено положительное влияние предпосевной инокуляции новыми штаммами I, II, IV, V на высоту (+4,7–9,5 см) растений сорта Пастбищная 88 в третьем, четвертом и пятом циклах в летний период (июнь–август). Влияние на высоту у растений сорта Таисия не отмечается. Эффективность симбиоза в летний период при инокуляции штаммами I, II, IV, V составила 105–127% у сорта Пастбищная 88 и 101–150% у сорта Таисия. Выявлена положительная, высокая, линейная корреляционная зависимость продуктивности растений люцерны сортов Пастбищная 88 и Таисия от их высоты.

Ключевые слова: люцерна изменчивая, клубеньковые бактерии, вегетационный опыт, высота растений, сухое вещество, эффективность симбиоза.

Five new strains of alfalfa nodule bacteria and production strain 445a were evaluated. The high activity of a new strain III isolated from a suspension washed from alfalfa seeds of European origin was revealed. Pre-sowing inoculation with strain III increased the productivity of alfalfa plants of Pastbishchnaya 88 and Taisiya varieties by 23–44% and 18–61% in three out of six mowing. The positive effect of pre-sowing inoculation with new strains I, II, IV, V on the height (+4.7–9.5 cm) of Pastbishchnaya 88 plants in the third, fourth and fifth cycles, in the summer (June–August) was noted. The effect on height in

*Работа выполнена при поддержке Нацпроекта N 075-15-2021-541 (внутренний номер 09.СЦ.21.0008) по теме: Реализация направлений, соответствующих программе создания и развития «Центра по кормовым культурам для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса» («ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса»).

plants of the Taisiya variety is not noted. The efficiency of symbiosis in the summer period during inoculation with strains I, II, IV, V was 105–127% in the Pastbishchnaya 88 variety and 101–150% in the Taisiya variety. A positive, high, linear correlation dependence of the productivity of alfalfa plants of Pastbishchnaya 88 and Taisiya varieties on their height was revealed.

Keywords: alfalfa variable, nodule bacteria, vegetation experience, plant height, dry matter, symbiosis efficiency.

Люцерна изменчивая — многолетнее бобовое растение, используемое в качестве кормовой культуры и для производства сена, травяной муки и др. [1–3]. Люцерна входит в группу многолетних трав, посевы которых в Российской Федерации уменьшаются каждый год. Согласно данным Росстат, посевные площади многолетних трав составили в 2023 г. 8,589 млн га. (10,5% от общей площади посевов), что меньше чем в 2018 г. на 1,986 млн га. В среднем уменьшение посевных площадей многолетних трав составляет 3,7% в год [4]. Уменьшение посевных площадей связывают со многими факторами, такими как: эрозия почв, агроэкологические факторы, низкая экономическая эффективность и др. [5–8]. Однако уменьшение посевных площадей может быть также связано с появлением новых сортов многолетних трав, которые превосходят по продуктивности и устойчивости старые сорта, а также в результате улучшения агротехники возделывания [9; 10].

В отношении люцерны изменчивой одним из методов повышения продуктивности является предпосевная инокуляция семян препаратом ризоторфин. Данный препарат включает в состав бактерии, вступающие в симбиоз с растением и образующие особые органы на поверхности корней (клубеньки), которые способны к фиксации атмосферного азо-

та. Данные бактерии относятся к роду *Rhizobia*, виду *Sinorhizobium meliloti*.

Предпосевная инокуляция способствует увеличению массы сухого вещества на 25–93% в зависимости от года возделывания люцерны. Также, в отдельных случаях, отзывчивость на предпосевную инокуляцию высокоактивными штаммами в отношении увеличения массы сухого вещества достигает 130% и более. Также предпосевная инокуляция способствует увеличению семенной продуктивности растений люцерны изменчивой на 23–56% [11–13]. Также установлено, что продуктивность растений люцерны определяется в основном штаммом-инокулянтном клубеньковых бактерий (влияние — 60–62%) [13].

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости дальнейшего исследования сорто-микробных систем люцерны и клубеньковых бактерий для выявления наиболее продуктивных симбиотических отношений.

Цель исследования — выявить наиболее эффективные сорто-микробные системы люцерны изменчивой при инокуляции новыми штаммами клубеньковых бактерий.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе селекционно-тепличного комплекса ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», расположенного в 30 км севернее Москвы. Вегетационный опыт заложен 6 сентября 2022 г.

В исследовании были использованы два сорта люцерны изменчивой селекции ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»: Таисия и Пастбищная 88.

Для инокуляции использовались шесть штаммов *Sinorhizobium meliloti*:

Штамм № 1742 из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (Васюк Л.Ф., ВНИИСХМ, 445а) выделен в 1973 г. из клубеньков

образца люцерны пестрой (рис. 1) [14];

штамм I — выделен из клубеньков растений люцерны изменчивой;

штамм II — выделен из клубеньков растений донника белого;

штамм III — смывает с семян люцерны посевной европейского происхождения;

штамм IV — выделен из клубеньков растений люцерны изменчивой;

штамм V — выделен из клубеньков растений люцерны желтой.

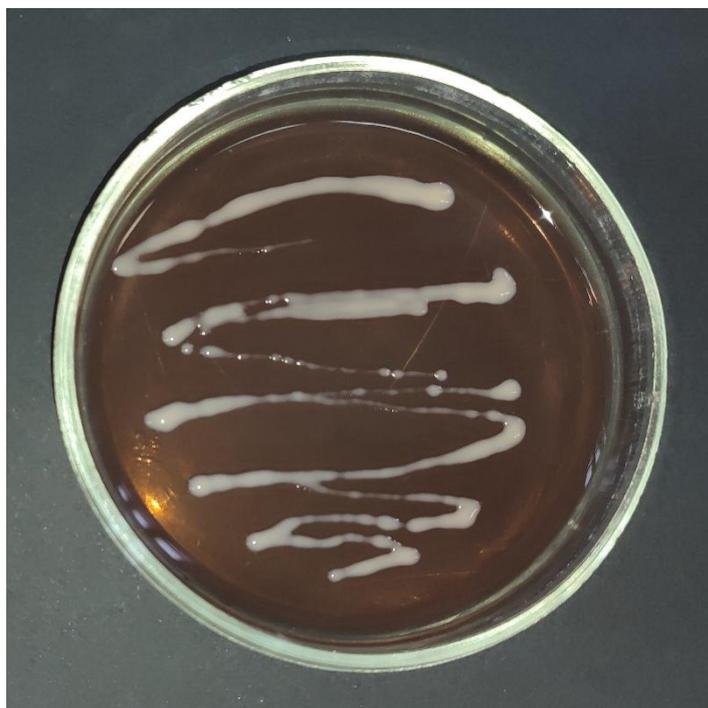


Рис. 1. Культура штамма *Sinorhizobium meliloti* 445а на бобовом агаре

Исследования проводили согласно общепринятым методикам: «Селекция люцерны на повышение эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями. Методические рекомендации». ВНИИСХМ, С.-Пб., 1990, 50 с. [15].

Вегетационный опыт заложен 6 сентября 2022 г. в сосуды объемом 0,5 л, наполненные прокаленным песком. Химический анализ субстрата не производился. В опыте представлено 14 вариан-

тов в четырехкратной повторности. Семена инокулировали методом замачивания в суспензии микроорганизмов на фильтровальной бумаге (рис. 2).

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по Б.А. Доспехову (1975) методом многофакторного дисперсионного анализа. Наименьшая существенная разница (НСР 05/01), представленная в статье, вычислена для оценки частных различий [16].

Результаты исследований. За период проведения исследования было сделано шесть укосов. Всходы появились на пятый день после посева (11 сентября 2022 г.). До 15 ноября 2022 г. сформировалось четыре–пять настоящих листьев, после чего растения люцерны вступили в период зимнего покоя. Весеннее отрастание растений люцерны началось во второй декаде февраля 2023 г. при увеличении длины светового дня до 9 часов 30 минут. Травостой, пригодный для учета, сформировался в первой декаде марта. Первый укос провели 9 марта. Травостой первого укоса после периода зимнего покоя формировался 23 дня, средняя высота растений люцерны разных вариантов инокуляции сорта Пастбищная 88 составила 6,8–9,9 см, сорта Таисия — 8,7–11,0 см. Период от первого до второго укоса составил 49 дней,

высота растений к моменту укоса составила: у сорта Пастбищная 88 — 19,2–24,1 см, у сорта Таисия — 21,9–29,1 см. Травостой третьего укоса формировался 39 дней, высота растений к моменту учета составила 33,6–44,0 см у сорта Пастбищная 88 и 34,4–43,5 см у сорта Таисия. В четвертом и пятом укосах высота растений составила: Пастбищная 88 — 36,0–45,4 и 43,3–49,9 см, Таисия — 32,9–40,5 см и 43,7–48,6 см. Травостой четвертого и пятого циклов формировался 42 и 43 дня соответственно. Растения шестого укоса формировались в течение 56 дней, высота растений составила 20,1–36,4 см и 24,8–38,3 у сортов Пастбищная 88 и Таисия соответственно. Средняя высота растений сорта Пастбищная 88 за время проведения опыта находилась в пределах 28,8–32,0 см и 29,0–33,1 см у сорта Таисия (табл. 1, 3).

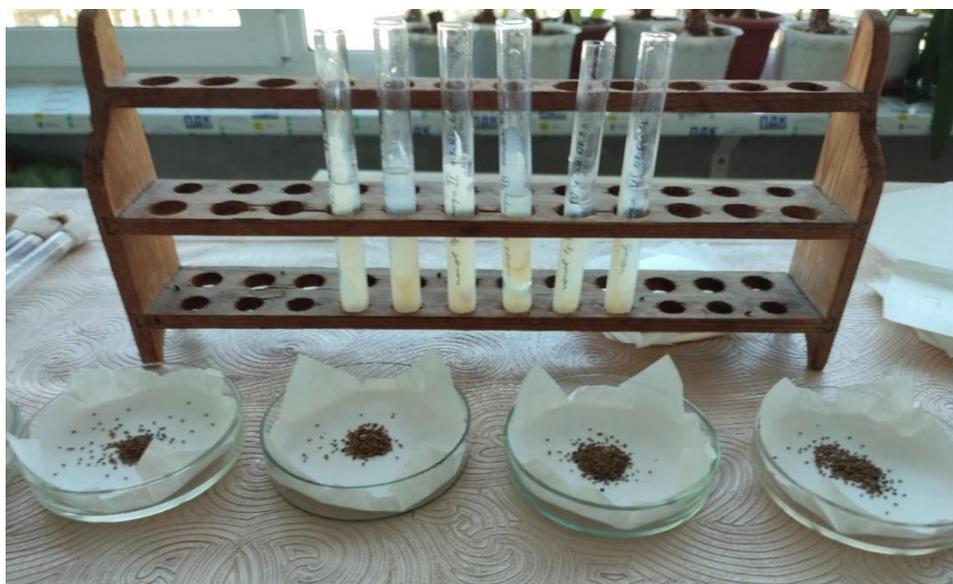


Рис. 2. Инокуляция семян методом замачивания в суспензии микроорганизмов на фильтровальной бумаге

Согласно данным таблицы 1, предпосевная инокуляция новым штаммом III способствовала достоверному увеличе-

нию высоты растений в трех из шести циклов испытания на 1,9–10,3 см ($НСР_{05} = 1,5–4,6$ см) по сравнению с вариантом без

инокуляции. По сравнению с инокуляцией производственным штаммом 445а высота растений была достоверно выше на 2,2 и 6,9 см ($НСР_{05} = 1,5$ и 4,1 см) в первом и третьем укосах. Достоверное превышение высоты растений контрольного варианта на 4,7–9,5 см ($НСР_{05} = 1,5–4,6$ см) при инокуляции остальными штаммами наблюдается в летний период (июнь–август). В шестом укосе наблюда-

ется значительное снижение высоты растений, инокулированных новыми штаммами I–V по сравнению с растениями контроля и при инокуляции штаммом 445а на 5,6–14,5 ($НСР_{05} = 4,3$ см), что может быть связано с уменьшением светового дня и освещенности, в связи с чем снижается активность растений, а активность клубеньковых бактерий сохраняется на прежнем уровне (табл. 1).

1. Высота растений люцерны сорта Пастбищная 88, см

Дата укоса	Инокуляция (штамм)							$НСР_{05}$
	без инокуляции	445а	I	II	III	IV	V	
09.03.2023	8,0	7,7	7,3	6,8	9,9	7,8	7,3	1,5
27.04.2023	24,1	20,5	22,0	19,2	23,2	20,9	21,5	3,3
05.06.2023	33,7	37,1	43,2	37,1	44,0	39,6	33,6	4,1
17.07.2023	36,0	45,4	41,8	41,9	43,7	40,5	40,7	4,6
29.08.2023	44,8	49,9	46,4	43,3	47,3	44,2	45,6	3,7
24.10.2023	36,4	34,2	24,0	25,2	24,4	20,1	29,0	4,3
Среднее по штамму	30,5	32,4	30,8	28,9	32,0	28,8	29,6	—

Другим важным показателем, характеризующим эффективность симбиотических растительно-микробных взаимодействий, является продуктивность растений по сухому веществу. Средняя масса сухого вещества растений люцерны сорта Пастбищная 88 за время проведения опыта составила 1,48–1,86 г/сосуд. Исходя из данных таблицы 2, инокуляция штаммом III, наряду с увеличением высоты растений, способствовала достоверному увеличению массы сухого вещества по сравнению с контролем на 0,08–0,88 г/сосуд ($НСР_{05} = 0,04–0,21$ г/сосуд) в трех из шести циклов. Сбор сухого вещества при инокуляции штаммом III превалировал на 0,15–0,45 г/сосуд ($НСР_{05} = 0,04–0,24$ г/сосуд)

над сбором сухого вещества растений, инокулированных штаммом 445а, на протяжении всего опыта, кроме шестого укоса, когда разница была незначительна (рис. 3).

Средняя масса сухого вещества растений, инокулированных штаммом III, превышает массу сухого вещества растений контрольного варианта на 0,06 г/сосуд (эффективность симбиоза +3%), а варианта с инокуляцией штаммом 445а на 0,25 г/сосуд (эффективность симбиоза +16%). Хорошие показатели массы сухого вещества (+0,15–0,88 г/сосуд) отмечены при инокуляции штаммами I, II, IV и V в третьем, четвертом и пятом укосах, по сравнению с вариантом без инокуляции (табл. 2).

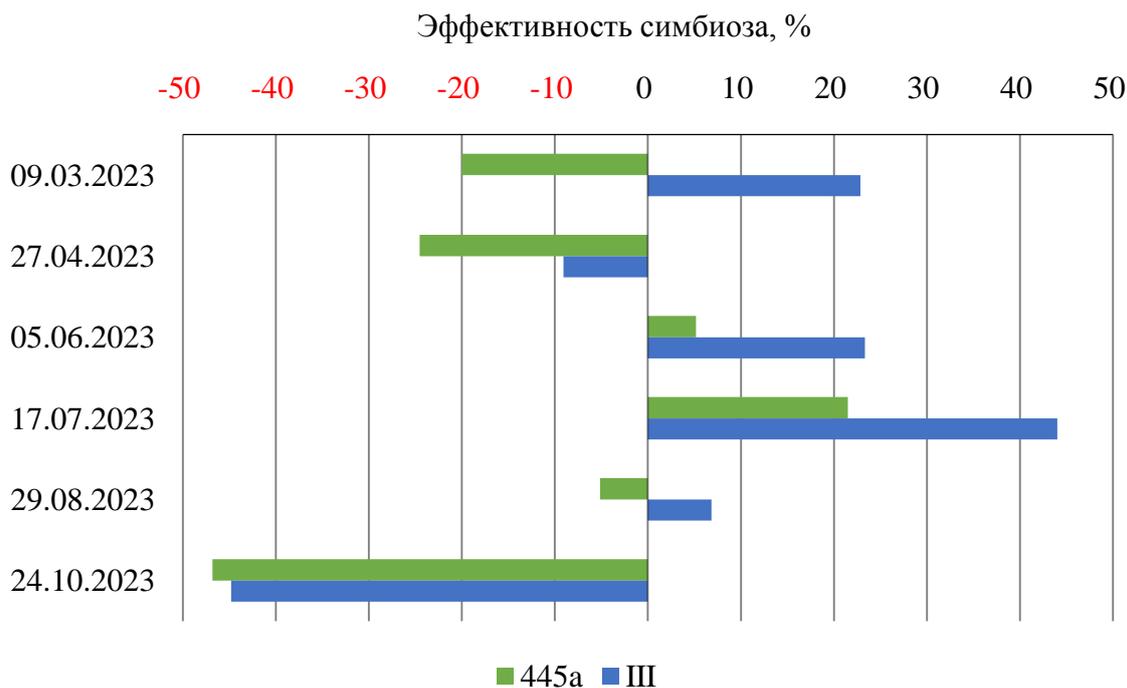


Рис. 3. Эффективность симбиоза у растений люцерны сорта Пастбищная 88 при инокуляции производственным штаммом и новым штаммом III

2. Масса сухого вещества растений люцерны сорта Пастбищная 88, г/сосуд

Дата укоса	Инокуляция (штамм)							НСР ₀₅
	без инокуляции	445a	I	II	III	IV	V	
09.03.2023	0,35	0,28	0,28	0,28	0,43	0,33	0,20	0,04
27.04.2023	1,10	0,83	0,80	0,83	1,00	0,85	0,68	0,08
05.06.2023	1,93	2,03	2,08	2,10	2,38	2,10	1,48	0,13
17.07.2023	2,00	2,43	2,33	2,53	2,88	2,50	2,43	0,21
29.08.2023	2,93	2,78	2,43	2,60	3,13	2,78	3,18	0,24
24.10.2023	2,50	1,33	1,00	1,20	1,38	1,03	1,40	0,22
Среднее по штамму	1,80	1,61	1,48	1,59	1,86	1,60	1,56	
Эффективность симбиоза, %	0	-11	-18	-12	+3	-11	-13	
	+11	0	-8	-1	+16	-1	-3	

Анализ данных таблицы 3 показывает наличие существенной разницы по высоте растений, инокулированных штаммом IV, в третьем укосе по сравнению с вариантом без инокуляции и при инокуляции штаммом 445a на 6,1 см (НСР₀₅ = 4,9 см) и на 6,4 см (НСР₀₅ =

4,9 см) соответственно. Также отмечается увеличение высоты растений, инокулированных штаммами 445a, II и III, — на 6,1–7,4 см (НСР₀₅ = 5,1 см) в четвертом укосе по сравнению с вариантом без инокуляции. Во втором и шестом укосах высота растений, инокулированных все-

ми штаммами, была ниже растений контрольного варианта на 5,3–14,45 см, что обусловлено низкой активностью растений в весенний и осенний периоды.

3. Высота растений люцерны сорта Таисия, см

Дата укоса	Инокуляция (штамм)							НСР ₀₅
	без инокуляции	445a	I	II	III	IV	V	
09.03.2023	10,1	9,3	11,0	8,7	10,1	9,8	9,2	2,3
27.04.2023	29,1	22,1	28,1	21,9	23,8	23,5	22,4	3,2
05.06.2023	37,4	37,1	41,5	39,9	39,5	43,5	34,4	4,9
17.07.2023	33,1	39,2	38,1	40,5	40,4	32,9	38,1	5,1
29.08.2023	47,8	47,8	48,6	43,7	45,7	44,8	44,2	4,5
24.10.2023	39,3	33,5	31,3	27,9	25,1	24,8	25,9	4,3
Среднее по штамму	32,8	31,5	33,1	30,4	30,7	29,8	29,0	—

Инокуляция штаммом III, как и в случае с растениями сорта Пастбищная 88, способствует существенному увеличению массы растений в трех циклах из шести на 0,07–1,00 г/сосуд (НСР₀₅ = 0,03–0,25 г/сосуд).

Существенная разница в этих укосах не соотносится со значениями высоты и может быть связана с влиянием инокуляции на метаболизм растений, выраженный в стимуляции кущения (табл. 4).

4. Масса сухого вещества растений люцерны сорта Таисия, г/сосуд

Дата укоса	Инокуляция (штамм)							НСР ₀₅
	без инокуляции	445a	I	II	III	IV	V	
09.03.2023	0,28	0,25	0,30	0,25	0,35	0,28	0,28	0,03
27.04.2023	1,18	0,93	1,03	0,88	1,13	0,83	0,78	0,09
05.06.2023	1,78	1,90	1,58	1,85	1,80	2,18	1,70	0,21
17.07.2023	1,63	2,45	1,73	2,43	2,63	2,03	2,45	0,25
29.08.2023	2,58	3,15	2,28	2,80	3,05	2,73	2,83	0,25
24.10.2023	2,20	1,75	1,03	1,10	1,23	1,10	1,10	0,15
Среднее по штамму	1,60	1,74	1,32	1,55	1,70	1,52	1,52	
Эффективность симбиоза, %	0	+8	-18	-3	+6	-5	-5	
	-8	0	-24	-11	-2	-13	-13	

Инокуляция остальными штаммами способствовала увеличению массы сухого вещества в двух циклах в летний период (июнь–август) на 0,40–0,82 г/сосуд (НСР₀₅ = 0,25 г/сосуд). Другая картина наблюдается при сравнении массы сухого вещества растений, инокулированных новыми штаммами и производственным штаммом 445а. Согласно данным таблицы 4, масса сухого вещества была на уровне массы растений, инокулированных штаммом 445а, в начале вегетации и лишь при инокуляции штаммами I, IV, V превысила ее в первом и третьем укосах

на 0,03–0,28 г/сосуд (НСР₀₅ = 0,3 и 0,21 г/сосуд). После третьего укоса наблюдается существенное снижение массы сухого вещества по сравнению с инокуляцией производственным штаммом на 0,32–0,87 г/сосуд (НСР₀₅ = 0,15–0,25 г/сосуд). Средняя масса сухого вещества растений, инокулированных штаммом III, превышает массу сухого вещества растений контрольного варианта на 0,10 г/сосуд (эффективность симбиоза +6%), по сравнению с инокуляцией производственным штаммом различий не наблюдается (табл. 4, рис. 4).

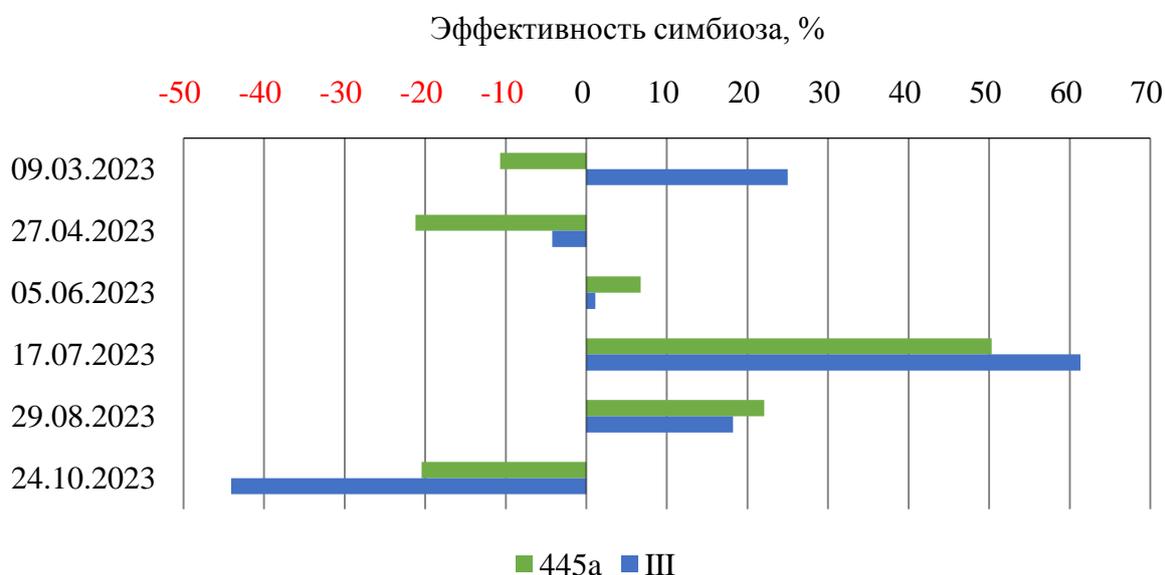


Рис. 4. Эффективность симбиоза у растений люцерны сорта Таиссия при инокуляции производственным штаммом и новым штаммом III

Высота растений является косвенным, наиболее тесно связанным с продуктивностью растений признаком. По высоте растений проводят в основном визуальную оценку мощности травостоя. Корреляционно-регрессионный анализ данных растений сорта Пастбищная 88 показывает, что независимо от уровня эффективности симбиоза наблюдается статистически значимая, положительная,

близкая к линейной корреляционная связь высоты растений с их продуктивностью. Коэффициенты корреляции были в пределах $(0,82 \pm 0,07) - (0,92 \pm 0,03)$, критерии существенности $t_r = 15,3-50,1 > t_{05} = 1,6$. Коэффициенты регрессии составили $(0,05 \pm 0,01) - (0,07 \pm 0,01)$, то есть увеличение высоты растений на 1 см увеличивает продуктивность растений на 0,04–0,08 г (табл. 5).

5. Корреляции массы и высоты растений люцерны сорта Пастбищная 88

Вариант инокуляции	Среднее значение		Коэффициенты		Фактический критерий существенности, t_r
	высота, см	масса, г/сосуд	корреляции	регрессии	
Контроль	30,5	1,8	$0,82 \pm 0,07$	$0,06 \pm 0,01$	15,3
445а	32,4	1,61	$0,86 \pm 0,05$	$0,05 \pm 0,01$	18,5
I	30,8	1,48	$0,85 \pm 0,06$	$0,05 \pm 0,01$	17,6
II	28,9	1,59	$0,92 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,01$	26,3
III	32,0	1,86	$0,90 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,01$	22,5
IV	28,8	1,6	$0,91 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,01$	23,5
V	29,6	1,56	$0,87 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,01$	19,4
Среднее	30,4	1,64	$0,87 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$	50,1

Примечание: теоретический критерий существенности $t_{05} = 1,6$.

Анализ высоты и массы сухого вещества растений сорта Таисия также показывает наличие статистически значимой, положительной, близкой к линейной корреляционной связи высоты растений с их продуктивностью. Коэффициенты корреляции располагаются в пределах

$(0,81 \pm 0,07) - (0,88 \pm 0,05)$, критерии существенности $t_r = 15,0-43,5 > t_{05} = 1,6$. Коэффициенты регрессии равняются $(0,04 \pm 0,01) - (0,06 \pm 0,01)$, то есть увеличение высоты растений на 1 см увеличивает продуктивность растений на $0,03-0,07$ г (табл. 6).

6. Корреляций массы и высоты растений, T

Вариант инокуляции	Среднее значение		Коэффициенты		Фактический критерий существенности, t_r
	высота, см	масса, г/сосуд	корреляции	регрессии	
Контроль	32,8	1,60	$0,87 \pm 0,05$	$0,05 \pm 0,01$	19,2
445а	31,5	1,74	$0,88 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,01$	20,3
I	33,1	1,32	$0,81 \pm 0,07$	$0,04 \pm 0,01$	15,0
II	30,4	1,55	$0,86 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,01$	18,3
III	30,7	1,70	$0,86 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,01$	18,4
IV	29,8	1,52	$0,86 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,01$	18,6
V	29,0	1,52	$0,83 \pm 0,07$	$0,06 \pm 0,01$	15,9
Среднее	31,1	1,56	$0,83 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$	43,5

Примечание: теоретический критерий существенности $t_{05} = 1,6$.

Заключение

1. Выявлен активный новый штамм III клубеньковых бактерий, который при предпосевной инокуляции семян повышает высоту растений люцерны сорта Пастбищная 88 на 1,9–10,3 см. Влияние на высоту растений люцерны сорта Таисия не установлено.

2. Предпосевная инокуляция новым штаммом III, смытым с се-

мян люцерны посевной, увеличила продуктивность растений люцерны сорта Пастбищная 88 на 23–44%, а сорта Таисия на 18–61% в трех циклах из шести.

3. Выявлена положительная, высокая, линейная корреляционная зависимость продуктивности растений люцерны сортов Пастбищная 88 и Таисия от их высоты ($r = 0,81 \pm 0,07 - 0,92 \pm 0,03$).

Литература

1. Абрамян А.С., Клименко В.П. Консервирование трав методом высокотемпературной сушки // Адаптивное кормопроизводство. – 2022. – № 3. – С. 63–69. URL: <http://www.adaptagro.ru>. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-63-69.
2. Победнов Ю.А., Мамаев А.А., Ширококоряд М.С. Биологические особенности силосования люцерны с препаратами молочнокислых бактерий // Кормопроизводство. – 2020. – № 3. – С. 43–48.
3. Силосование различных сортов люцерны с использованием химических и биологических консервантов / В.Г. Косолапова, С.А. Муссие, С.А. Маляренко, Б.А. Осипян // Зоотехния. – 2022. – № 3. – С. 6–9. DOI:10.25708/ZT.2022.15.44.002.
4. Бюллетень «Посевные площади Российской Федерации в 2023 году»: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Posev_2023.xlsx (Дата обращения 22.06.2024).
5. Калеев Н.В., Кучин Н.Н., Агафонов В.П. Кормовая база как основной фактор повышения эффективности отрасли молочного производства // Современная экономика: проблемы и решения. – 2024. – Т. 3. – С. 47–67.
6. Оценка и прогноз эколого-экономического ущерба в результате эрозии почв (на примере Мстиславского района) / А.М. Устинова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2024. – №. 2. – С. 24–33.
7. Илюшкина О.В. Целина сквозь время и годы // Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума. – Оренбург, 2024. – С. 513–517.
8. Таубаев В.Д., Батыров В.А., Оросов С.А. Обработка почвы при поверхностном улучшении пастбищ в аридной зоне // Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования. – 2023. – № 2(4). – С. 89–93. <https://doi.org/10.53315/2949-1231-2023-2-4-89-93>.
9. Сабанова А.А., Фарниев А.Т., Гегкиев А.Б. Роль инокуляции клевера лугового в повышении его азотфиксации, болезнеустойчивости и мобилизации питательных элементов почвы // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57, № 4. – С. 27–34.
10. Пех К.А. Влияние биопрепаратов на биометрические показатели растений люцерны // Устойчивость почвенного покрова и продуктивность экосистем: Материалы Межрегиональной научной конференции, Красноярск, 22–23 декабря 2023 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2024. – С. 191–194.
11. Спиридонов А.М. Влияние инокуляции на семенную продуктивность люцерны изменчивой в условиях Северо-Запада России // International scientific review of the problems of natural sciences and medicine: Collection of scientific articles IX International correspondence scientific

- specialized conference, Boston, USA, 03 февраля 2019 года. – Boston, USA: Problems of science, 2019. – С. 18–25.
12. Ионов А.А. Симбиотическая эффективность биотипов люцерны изменчивой сорта Таисия // Адаптивное кормопроизводство. – 2022. – № 3. – С. 38–49. URL: <http://www.adaptagro.ru>. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-38-49.
 13. Степанова Г.В. Результаты симбиотической селекции люцерны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 1. – С. 14–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-1-2.
 14. Каталог культур микроорганизмов всероссийской коллекции непатогенных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения: Каталог. – СПб., 2010. – 67 с.
 15. Селекция люцерны на повышение эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями. Методические рекомендации / ВНИИСХМ. – СПб., 1990. – 50 с.
 16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М. : Колос, 1975. – 336 с.

References

1. Abramyan A.S., Klimenko V.P. Konservirovaniye trav metodom vysokotemperaturnoy sushki [Conservation of grasses using the method of high-temperature drying]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2022, no. 3, pp. 63–69. URL: <http://www.adaptagro.ru>. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-63-69.
2. Pobednov Yu.A., Mamaev A.A., Shirokoryad M.S. Biologicheskiye osobennosti silosovaniya lyutserny s preparatami molochnokislykh bakteriy [Biological features of alfalfa ensiling with lactic acid bacteria preparations]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2020, no. 3, pp. 43–48.
3. Kosolapova V.G., Mussiye S.A., Malyarenko S.A., Osipyany B.A. Silosovaniye razlichnykh sortov lyutserny s ispol'zovaniyem khimicheskikh i biologicheskikh konservantov [Ensilage of various varieties of alfalfa using chemical and biological preservatives]. *Zootekhnika* [Animal Science], 2022, no. 3, pp. 6–9. DOI:10.25708/ZT.2022.15.44.002.
4. Byulleten' "Posevnyye ploshchadi Rossiyskoy Federatsii v 2023 godu": Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Bulletin "Cultivated areas of the Russian Federation in 2023": Federal State Statistics Service]. Access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Posev_2023.xlsx (Date of access: 06/22/2024).
5. Kaleev N.V., Kuchin N.N., Agafonov V.P. Kormovaya baza kak osnovnoy faktor povysheniya effektivnosti otrasli molochnogo proizvodstva [Feed supply as the main factor in increasing the efficiency of the dairy production industry]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya* [Modern economics: problems and solutions], 2024, vol. 3, pp. 47–67.
6. Ustinova A.M. et al. Otsenka i prognoz ekologo-ekonomicheskogo ushcherba v rezul'tate erozii pochv (na primere Mstislavskogo rayona) [Assessment and forecast of environmental and economic damage as a result of soil erosion (on the example of the Mstislavsky district)]. *Pochvovedeniye i agrokimiya* [Soil science and agrochemistry], 2024, no. 2, pp. 24–33.
7. Ilyushkina O.V. Tselina skvoz' vremena i gody [Virgin land through time and years]. *Stepi Severnoy Yevrazii: materialy X mezhdunarodnogo simpoziuma* [Steppes of Northern Eurasia: materials of the Xth International Symposium]. Orenburg, 2024, pp. 513–517.
8. Taubaev V.D., Batyrov V.A., Orosov S.A. Obrabotka pochvy pri poverkhnostnom uluchshenii pastbishch v aridnoy zone [Tillage during surface improvement of pastures in the arid zone]. *Sel'skoye khozyaystvo i ekosistemy v sovremennom mire: regional'nyye i mezhranovyye issledovaniya* [Agriculture and ecosystems in the modern world: regional and intercountry studies], 2023, no. 2(4), pp. 89–93. <https://doi.org/10.53315/2949-1231-2023-2-4-89-93>.
9. Sabanova A.A., Farniev A.T., Gegkiev A.B. Rol' inokulyatsii klevera lugovogo v povyshenii yego azotfiksatsii, bolezneustoychivosti i mobilizatsii pitatel'nykh elementov pochvy [The role of inoculation of meadow clover in increasing its nitrogen fixation, disease resistance and mobilization of soil

- nutrients]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Mountain State Agrarian University]*, 2020, vol. 57, no. 4, pp. 27–34.
10. Pekh K.A. Vliyaniye biopreparatov na biometricheskiye pokazateli rasteniy lyutserny [The influence of biological products on the biometric indicators of alfalfa plants]. *Ustoychivost' pochvennogo pokrova i produktivnost' ekosistem: Materialy Mezhhregional'noy nauchnoy konferentsii, Krasnoyarsk, 22–23 dekabrya 2023 goda [Stability of soil cover and productivity of ecosystems: Proceedings of the Interregional Scientific Conference, Krasnoyarsk, December 22–23, 2023]*. Krasnoyarsk, 2024, pp. 191–194.
 11. Spiridonov A.M. Vliyaniye inokulyatsii na semennuyu produktivnost' lyutserny izmenchivoy v usloviyakh Severo-Zapada Rossii [The influence of inoculation on the seed productivity of alfalfa variable in the conditions of the North-West of Russia]. *International scientific review of the problems of natural sciences and medicine: Collection of scientific articles IX International correspondence scientific specialized conference, Boston, USA, February 03, 2019*. Boston, USA: Problems of science, 2019, pp. 18–25.
 12. Ionov A.A. Simbioticheskaya effektivnost' biotipov lyutserny izmenchivoy sorta Taisiya [Symbiotic efficiency of biotypes of the variable alfalfa variety Taisiya]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo [Adaptive fodder production]*, 2022, no. 3, pp. 38–49. URL: <http://www.adaptagro.ru>. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-38-49.
 13. Stepanova G.V. Rezul'taty simbioticheskoy selektsii lyutserny [Results of symbiotic selection of alfalfa]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki [Siberian Bulletin of Agricultural Science]*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 14–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-1-2.
 14. Katalog kul'tur mikroorganizmov vserossiyskoy kolleksii nepatogennykh mikroorganizmov sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: Katalog [Catalog of microorganism cultures of the All-Russian collection of non-pathogenic microorganisms for agricultural purposes: Catalog]. St. Petersburg, 2010, 67 p.
 15. Seleksiya lyutserny na povysheniye effektivnosti simbioza s kluben'kovymi bakteriyami. Metodicheskiye rekomendatsii [Breeding alfalfa to increase the efficiency of symbiosis with nodule bacteria. Methodological recommendations]. St. Petersburg, 1990, 50 p.
 16. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow, Kolos Publ., 1975, 336 p.