

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМБИОЗА НОВЫХ ШТАММОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ С ЛЮЦЕРНОЙ ИЗМЕНЧИВОЙ

А. А. Ионов

Г. В. Степанова, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», г. Лобня Московской обл., Россия,  
[ionov-aleksei18@mail.ru](mailto:ionov-aleksei18@mail.ru)

*Созданы три активных штамма клубеньковых бактерий, предпосевная инокуляция которыми повысила продуктивность растений люцерны сорта Таусия в среднем за шесть циклов учетов на 23–34 %. Штаммы I и IV, выделенные из клубеньков люцерны изменчивой, увеличивали продуктивность инокулированных растений люцерны по укосам на 11–55 и 32–56 %. Выявлена толерантность штамма IV к сравнительно высокой температуре воздуха и субстрата (30–34 °С). Эффективность симбиоза со штаммом II, выделенным из клубеньков донника белого, была по укосам в пределах 17–51 %. Отмечена негативная реакция штамма II на увеличение температуры воздуха и субстрата выше 28–30 °С.*

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

Применение биопрепаратов клубеньковых бактерий сегодня является одним из наиболее дешевых и экологичных методов, направленных на удовлетворение потребности бобовых растений в азотном питании [1].

Научно доказано, что предпосевная инокуляция семян азотфиксирующими микроорганизмами способствует увеличению урожайности по зеленой массе и семенам, повышению качества кормовой массы, оказывает влияние на быстроту отрастания растений бобовых культур после укосов и периода зимнего покоя [2–5].

Для обработки семян бобовых культур применяются препараты, созданные на основе видоспецифичных штаммов клубеньковых бактерий. Основным препаратом для обработки семян бобовых культур является Ризоторфин [6; 7]. Для инокуляции семян люцерны в большинстве случаев используют препараты на основе клубеньковых бактерий вида *Sinorhizobium meliloti* [8; 9].

Однако постоянное выращивание бактерий на питательной среде для создания биопрепаратов и многократный пересев способствуют постепенной потере генетической стабильности, вследствие чего теряются симбиотрофные гены. Также бактерии *S. meliloti*, при долгом отсутствии макросимбионта или в неблагоприятных условиях, способны переходить в покоящиеся формы [10; 11]. Поэтому многими учеными про-

водятся поисковые исследования, направленные на выявление наиболее эффективных штаммов [12–14].

В настоящее время в качестве производственного штамма для инокуляции семян люцерны наиболее часто используют штамм клубеньковых бактерий 415б, созданный во ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург). Однако в последние годы довольно часто появляются сообщения о низкой эффективности этого штамма, и как следствие — снижение продуктивности растений люцерны, инокулированных им [15–17].

Учитывая вышесказанное, сохраняется актуальность создания новых штаммов клубеньковых бактерий, несмотря на то, что уже создано большое количество активных штаммов в разных научных учреждениях. Необходимость в новых высококонкурентных активных штаммах клубеньковых бактерий возрастает в связи с успехами селекции и продвижением люцерны в новые зоны возделывания. Следовательно, необходимо продолжать исследования по созданию более эффективных штаммов клубеньковых бактерий.

**Цель исследования:** оценить четыре новых штамма клубеньковых бактерий по эффективности симбиоза с люцерной изменчивой сорта Таисия.

**Задачи исследования:**

1. Выделить новые штаммы клубеньковых бактерий из клубеньков люцерны изменчивой и донника;
2. Оценить новые штаммы по эффективности симбиоза с растениями люцерны изменчивой сорта Таисия в частично контролируемых условиях селекционно-тепличного комплекса при разных температурных режимах выращивания;
3. Проанализировать полученные результаты.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в селекционно-тепличном комплексе ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в 2021–2023 гг. В качестве макросимбионта использовали сорт люцерны изменчивой Таисия. Микросимбионтами были клубеньковые бактерии *S. meliloti*, представленные штаммами:

415б — производственный штамм, полученный в виде чистой культуры из ВНИИСХМ;

I — выделен из клубеньков растений люцерны изменчивой;

II — выделен из клубеньков растений донника белого;

III — смывает с семян люцерны посевной европейского происхождения;

IV — выделен из клубеньков растений люцерны изменчивой.

Опыт заложен 11 октября 2021 г. в оранжерее селекционно-тепличного комплекса (СТК) ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» с частично контролируемыми условиями выращивания. Освещение естествен-

ное, солнечный свет поступает через стеклянную крышу оранжереи. Температурный режим частично контролируется подогревом воздуха в холодное время года и вентиляцией в жаркие летние дни. В осенне-зимний период (ноябрь–февраль) температуру воздуха поддерживают на уровне +5–10 °С. По мере понижения внешней температуры воздуха, в оранжерее температуру воздуха повышают: в марте до +10–15 °С, в апреле до +15–20, мае–сентябре до +20–25, октябре до +15–20 °С. Это относится к пасмурной погоде. В солнечные дни воздух в оранжерее и субстрат в сосудах прогреваются до более высоких значений. На рисунке 1 показана динамика температуры воздуха в оранжерее в 2022 г.

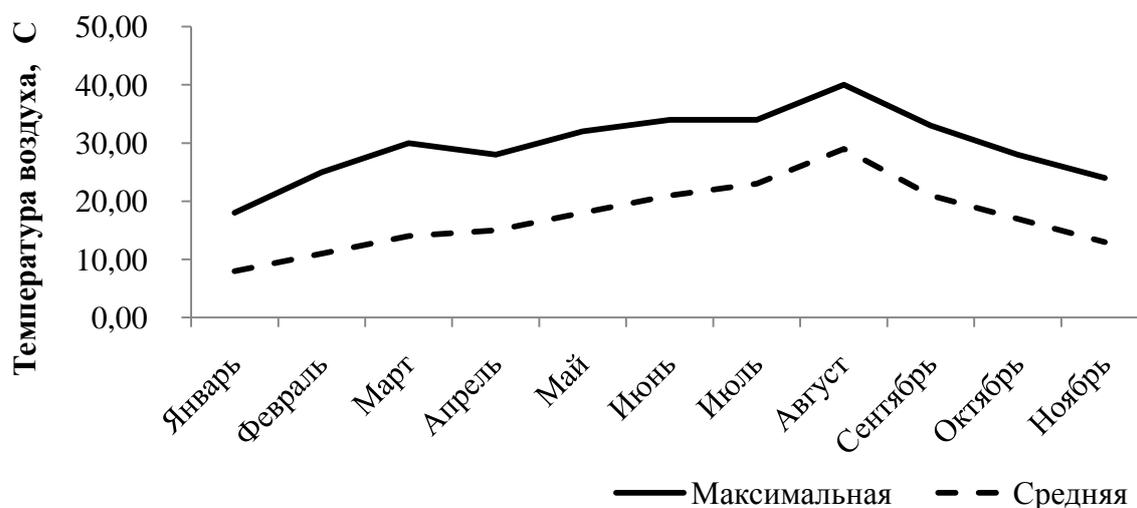


Рис. 1. Температура воздуха в оранжерее, 2022 г.

Средняя температура воздуха в феврале–апреле и октябре–ноябре 2022 г. в оранжерее была в пределах +10–15 °С, это температура, при которой люцерна нормально растет и развивается. В теплое время года (май–сентябрь) средняя температура возрастала до +18–25 °С. Это наиболее благоприятная температура для роста и развития растений люцерны и формирования эффективного симбиоза с клубеньковыми бактериями. Однако в солнечные дни температура воздуха поднималась до +30–40 °С и держалась на таком уровне в течение шести–восьми часов (рис. 1).

Для растений люцерны такое повышение температуры не опасно. Влияние высокой температуры воздуха на разные штаммы клубеньковых бактерий предстоит выяснить.

Штаммы I–IV были выделены по общепринятой методике [18].

Перед посевом семена люцерны инокулировали методом замачивания в суспензии микроорганизмов на фильтровальной бумаге. Контроль — вариант без инокуляции. Семена были посеяны в пластиковые

стаканы объемом 0,5 л с отверстием в донной плоскости, наполненные почвой с полевого участка. Кислотность почвы по раствору хлорида калия составляет 5,31, содержание гумуса — 2,29 %, содержание общего азота — 0,13 %, фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) — 28,47 мг/100 г и калия (K<sub>2</sub>O) — 20,20 мг/100 г. Продуктивность растений люцерны определяли укосным методом: срезали растения по достижению фазы «начало цветения». Первое отчуждение травостоя провели 25 марта 2022 г. в фазу стеблевания. Перед срезанием растений измеряли их высоту.

**Обсуждение результатов.** За период проведения исследования было сделано шесть укосов. Опыт заложили 11 октября 2021 г. Всходы появились на пятый день после посева. До 15 ноября 2021 г. сформировалось четыре–пять настоящих листьев, после чего растения люцерны вступили в период зимнего покоя. Весеннее отрастание растений люцерны началось во второй декаде февраля 2022 г. при увеличении длины светового дня до 9 часов 30 минут. Травостой, пригодный для учета, сформировался к третьей декаде марта. Первый укос провели 25 марта, через 164 дня после посева. Травостой первого укоса после периода зимнего покоя формировался 40 дней, средняя высота растений люцерны разных вариантов инокуляции составила 17,7–21,9 см (табл. 1).

#### 1. Высота растений (см) люцерны изменчивой сорта Таисия

Дата укоса	Без инокуляции	Штамм ризобий					НСР <sub>05</sub>
		4156	I	II	III	IV	
25.03.2022	18,4	18,5	20,4	17,7	21,3	21,9	2,8
13.05.2022	25,1	26,9	29,7	32,2	24,6	31,8	5,1
16.06.2022	35,9	33,6	35,6	41,5	31,7	39,9	5,5
14.07.2022	28,7	33,9	32,9	34,2	26,7	34,9	3,6
06.09.2022	28,3	28,9	31,3	35,0	26,6	37,9	3,6
08.11.2022	20,0	22,3	19,3	19,3	20,0	19,6	3,7
Среднее за 6 укосов	26,1	27,4	28,2	30,0	25,2	31,0	—

Период от первого до второго укоса составил 51 день, высота растений к моменту укоса была 24,6–32,2 см. В третьем и четвертом укосах высота растений достигала 31,7–41,5 и 26,7–34,9 см, продолжительность периода формирования травостоя 34 и 28 дней соответственно. Дальнейшее увеличение временного промежутка между пятым и шестым укосами связано с сокращением длины светового дня. Травостой пятого укоса формировался в течение 53 дней, а шестого — 63 дня. Высота растений люцерны составила 26,6–37,9 и 19,3–22,3 см соответственно (табл. 1).

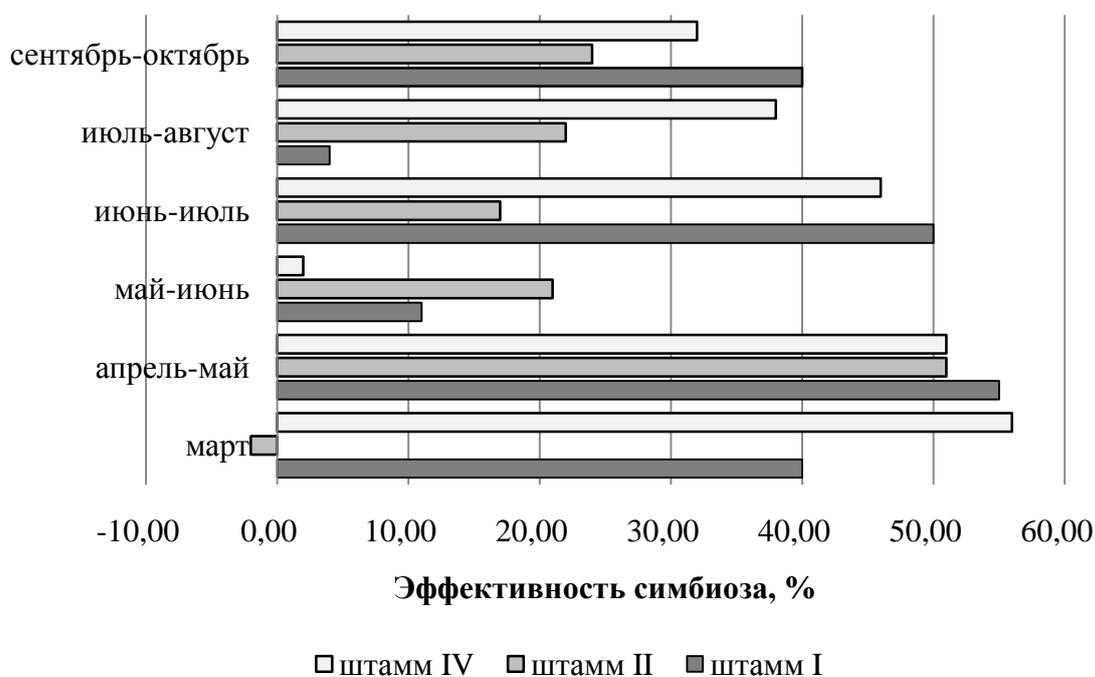
Установлено, что высота растений люцерны, инокулированных штаммами II и IV, в четырех из шести циклов испытаний сорто-микробных систем была существенно, на 5,5–7,1 (НСР<sub>05</sub> = 3,6–5,5 см) и 3,5–9,6 см (НСР<sub>05</sub> = 2,8–5,1 см), выше по сравнению с растениями люцерны в варианте без инокуляции. Растения вышеназванных комбинаций были также выше по сравнению с растениями в варианте с инокуляцией производственным штаммом 415б. Как следствие, средняя высота растений растительно-микробных систем «сорт Таисия + штамм II» и «сорт Таисия + штамм IV» достигла 30,0 и 31,0 см против 26,1 см у растений контроля и 27,4 см растений в варианте инокуляции штаммом 415б. Хорошие результаты по высоте растений также отмечены при инокуляции сорта Таисия штаммом I (табл. 1).

Более важным показателем, чем высота растений, характеризующим эффективность симбиотических растительно-микробных взаимодействий является продуктивность растений по сухому веществу. Выше было показано, что инокуляция штаммами I, II и IV существенно усиливала рост растений. Инокуляция этими штаммами также существенно увеличивала и массу сухого вещества надземной части растений люцерны. Сорто-микробные системы со штаммом II были существенно, на 0,15–0,37 г, со штаммом IV — на 0,20–0,60 г, а со штаммом I — на 0,18–0,58 г/растение сухого вещества продуктивнее растений люцерны в контроле (варианте без инокуляции) (табл. 2).

## 2. Продуктивность растений люцерны изменчивой сорта Таисия, сухое вещество, г/растение

Дата укоса	Без инокуляции	Штамм ризобий					НСР <sub>05</sub>
		415б	I	II	III	IV	
25.03.2022	0,45	0,43	0,63	0,44	0,50	0,70	0,08
13.05.2022	0,73	0,73	1,13	1,10	0,70	1,10	0,15
16.06.2022	1,35	1,00	1,50	1,63	1,20	1,38	0,23
14.07.2022	1,15	1,20	1,73	1,35	1,15	1,68	0,16
06.09.2022	1,58	1,23	1,65	1,93	1,35	2,18	0,18
08.11.2022	0,63	0,55	0,88	0,78	0,60	0,83	0,15
Среднее за 6 укосов	0,98	0,86	1,25	1,21	0,92	1,31	—
Эффективность симбиоза, %	0	-12	+28	+23	-6	+34	—
	+14	0	+45	+41	+7	+52	

На рисунке 2 показана эффективность симбиоза растений люцерны сорта Таисия с новыми активными штаммами клубеньковых бактерий по циклам учета. Инокуляция штаммом I, выделенным из клубеньков люцерны изменчивой, повысила продуктивность растений люцерны сорта Таисия в среднем на 28 % за шесть циклов пользования.



**Рис. 2. Эффективность симбиоза растений люцерны изменчивой сорта Таисия с новыми активными штаммами ризобий**

Известно, что после каждого удаления надземной части растений, а также после каждого периода зимнего покоя, клубеньки на корнях отмирают, а потом, по мере формирования ассимилирующей поверхности бобового растения, начинают формироваться и расти заново. Причем в условиях поля новые клубеньки образуют не только штаммы, которыми инокулировали семена перед посевом, но также спонтанные штаммы почвенного пула [19; 20]. Интересно исследовать, как этот процесс происходит в замкнутом пространстве вегетационных сосудов.

Лучшие температурные условия для азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий в СТК были в апреле–мае и июне–июле. В этот период эффективность симбиоза растений люцерны со штаммом I достигала 55 и 50 %. Примерно одинаковый температурный режим отмечен в марте и сентябре–октябре. В этот период эффективность симбиоза люцерно-ризобияльных систем со штаммом I составила 40 %. В июле–августе температура воздуха в оранжерее превышала +35 °С, а эффективность симбиоза была только 4 % (рис. 2).

Таким образом, эффективность симбиоза растений люцерны сорта Таисия со штаммом I, выделенным из клубеньков люцерны изменчивой зависела от температуры воздуха и субстрата. Сделать однозначное заключение, снижается ли эффективность симбиоза от первого к последующим отчуждениям надземной части растений пока невозможно. Надо набрать больше данных, обязательно включить опыты, в которых оценка симбиоза проводится в течение двух–трех сезонов.

Штамм II, выделенный из клубеньков донника белого, немного уступал по средней эффективности симбиоза (23 %) первому штамму. Максимальная эффективность симбиоза была отмечена в апреле–мае (51 %). В следующие четыре цикла использования (с мая по октябрь) в варианте инокуляции штаммом II прибавка продуктивности была на уровне 17–24 % (рис. 2).

По-видимому, штамм II негативно относится к повышению температуры воздуха и субстрата выше +28–30 °С.

Штамм IV, выделенный из клубеньков люцерны изменчивой, оказался наиболее эффективным для инокуляции люцерны изменчивой сорта Таисия. Средняя эффективность симбиоза за шесть циклов пользования составила 34 %, в марте и апреле–мае эффективность симбиоза достигала 56 и 51 %. По не выясненной причине в третьем цикле было падение эффективности симбиоза до 2 %, но в последующие три цикла эффективность вернулась к высоким значениям (32–46 %), характерным для штамма IV (рис. 2).

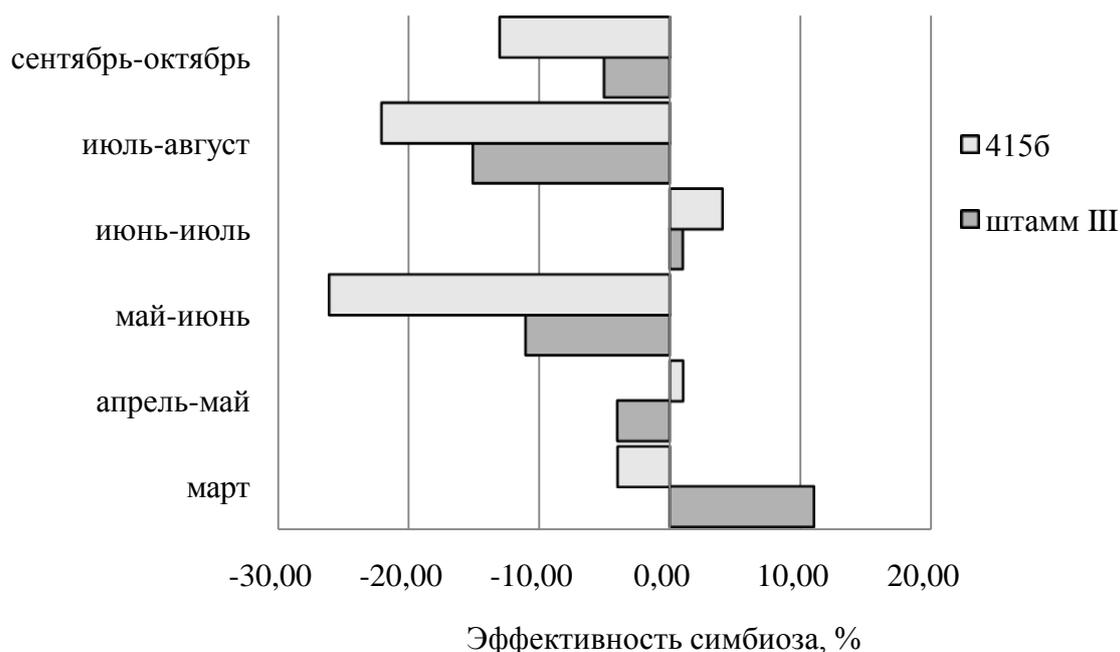
В течение вегетационного сезона эффективность симбиоза люцерно-ризобиальной системы «сорт Таисия + штамм IV» постепенно снижалась от 56 % в первом укосе, 51 % во втором, 46 % в четвертом, 38 % в пятом и 32 % в шестом (рис. 2). Следовательно, штамм IV обладает толерантностью к изменениям температуры воздуха и субстрата, но у него прослеживается выраженное снижение эффективности симбиоза от первого к последующим отчуждениям травостоя. По-видимому, у этого штамма конкурентная способность недостаточно высокая. Это заключение также требует дальнейшей проверки.

Продуктивность растений в варианте с инокуляцией производственным штаммом 415б весной и осенью была в пределах ошибки опыта на уровне варианта без инокуляции, а летом (в июне–августе) существенно, на 0,35 г (на –22...–24 %) уступала продуктивности неинокулированных растений (табл. 2, рис. 3).

По-видимому, этот штамм утратил симбиогены и не может использоваться ни в качестве производственного штамма, ни штамма-контроля.

Штамм III, смытый с семян люцерны посевной зарубежного происхождения, только в первом укосе в марте обеспечил 11%-ную при-

бавку продуктивности растений люцерны. В остальных циклах использования продуктивность растений люцерны была на 4–11 % ниже продуктивности в контроле, однако эти отклонения находятся в пределах ошибки опыта. В июле–августе, в условиях наиболее высокой температуры воздуха в оранжерее, продуктивность инокулированных растений существенно снизилась — на 15 % (табл. 2, рис. 3). По-видимому, у этого штамма также отсутствуют симбиогены.



**Рис. 3. Эффективность симбиоза растений люцерны изменчивой сорта Таисия с неактивными штаммами ризобий, вегетационный опыт.**

Высота растений является косвенным, наиболее тесно связанным с продуктивностью растений признаком. В основном по высоте растений проводят визуальную оценку мощности травостоя.

Корреляционно-регрессионный анализ зависимости продуктивности растений люцерны от их высоты выявил статистически существенные ( $t_r > t_{05}$ ) связи (табл. 3).

Установлено, 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  $0,81 \pm 0,26$ – $0,89 \pm 0,21$ , критерии существенности  $t_r = 2,9$ – $4,2 > t_{05} = 2,8$ . Коэффициенты регрессии равнялись  $0,05 \pm 0,01$ – $0,07 \pm 0,02$ , то есть увеличение высоты растений на 1 см увеличивало продуктивность растений на 0,04–0,09 г. Следовательно, высоту растений люцерны сорта Таисия в

вегетационном опыте можно использовать как надежный показатель для быстрой оценки эффективности люцерно-ризобиальных систем.

### 3. Корреляционная связь между высотой растений люцерны изменчивой сорта Таисия и их продуктивностью, инокуляция разными штаммами клубеньковых бактерий

Вариант инокуляции	Среднее		Коэффициенты		Фактический критерий существенности, $t_f$
	высота, см	сухое вещество, г/растение	корреляции	регрессии	
Таисия (контроль)	26,1	0,98	$0,83 \pm 0,24$	$0,06 \pm 0,01$	3,3
Таисия + 4156	27,4	0,86	$0,89 \pm 0,21$	$0,05 \pm 0,01$	4,2
Таисия + штамм I	28,2	1,25	$0,88 \pm 0,21$	$0,06 \pm 0,01$	4,2
Таисия + штамм II	30,0	1,19	$0,88 \pm 0,21$	$0,05 \pm 0,01$	4,2
Таисия + штамм III	25,2	0,92	$0,82 \pm 0,26$	$0,07 \pm 0,02$	3,2
Таисия + штамм IV	31,0	1,31	$0,81 \pm 0,26$	$0,05 \pm 0,02$	3,1
Среднее по всем симбиотическим системам	28,0	1,09	$0,82 \pm 0,29$	$0,07 \pm 0,02$	2,9

Примечание: теоретические критерии существенности:  $t_{05} = 2,8$ ;  $t_{01} = 4,6$

#### Закключение.

1. Созданы три активных штамма клубеньковых бактерий, предпосевная инокуляция которыми повышает продуктивность растений люцерны сорта Таисия в среднем на 23–34 %.
2. Штаммы I и IV, выделенные из клубеньков люцерны изменчивой, увеличивали продуктивность инокулированных растений люцерны по укосам на 11–55 и 32–56 %, а штамм II, выделенный из клубеньков донника белого, обеспечил эффективность симбиоза с растениями люцерны по укосам в пределах 17–51 %.
3. Выявлена толерантность штамма IV к сравнительно высокой температуре воздуха и субстрата (+30–34 °C), у штамма II — негативная реакция на увеличение температуры воздуха и субстрата выше +28–30 °C.
4. В сорто-ризобиальных симбиотических системах выявлена положительная, высокая, линейная корреляционная зависимость продуктивности растений люцерны от их высоты ( $r = 0,81 \pm 0,26$ – $0,89 \pm 0,21$ ).

#### Литература

1. Arora N. K., Verma M., Mishra J. Rhizobial bioformulations: past, present and future // Rhizotrophs: Plant growth promotion to bioremediation. – Springer, Singapore, 2017. – P. 69–99.

2. Степанова Г. В. Влияние предпосевной инокуляции бактериальными препаратами на семенную продуктивность люцерны // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х книгах. Барнаул, 07–08 февраля 2019 года. – Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2019. – С. 251–252.
3. Тукмачева Е. В. Влияние инокуляции семян ризоагрином на направленность почвенных процессов ризосферы озимой пшеницы // Пища. Экология. Качество : труды XVII Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 18–19 ноября 2020 года. – Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2020. – С. 660–662.
4. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, О. И. Двойникова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2(62). – С. 41–50. – DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-04.
5. Яковлева М. Т., Борисова В. Б. Эффективность местных штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность люцерны // International Agricultural Journal. – 2021. – Т. 64. – № 5. – DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10372.
6. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М. : Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.
7. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь [и др.]. – М. : Россельхозакадемия, 2005. — 153 с.
8. Степанова Г. В. Создание сортов люцерны изменчивой нового поколения с высокой азотфиксирующей способностью // Материалы XXII междунар. симпозиума «Охрана биосферы. Эниология. Нетрадиционное растениеводство. Экология и медицина». – Алушта : Форма, 2013. – С. 240–243.
9. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России / С. В. Сапрыкин, В. Н. Золотарев, И. С. Иванов [и др.]. – Воронеж : Воронежская областная типография, 2020. – 496 с.
10. Покоящиеся формы *Sinorhizobium meliloti* / Н. Г. Лойко, Н. А. Кряжевских, Н. Е. Сузина [и др.] // Микробиология. – 2011. – Т. 80. – № 4. – С. 465–476.
11. Румянцева М. Л. Клубеньковые бактерии: перспективы мониторинга симбиотических свойств и стрессоустойчивости с использованием генетических маркеров // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 5. – С. 847–862. – DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.847rus.
12. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия / А. П. Кожемяков, Ю. В. Лактионов, Т. А. Попова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – № 3. – С. 369–376.
13. Разработка препаратов на основе клубеньковых бактерий / А. А. Калинин, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина, Д. С. Давидюк // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур : Материалы докл. участников 9-ой науч.-практ. конф. «Анапа-2016», Анапа, 19–23 сентября 2016 года / Под ред. В. Г. Сычева. – Анапа : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, 2016. – С. 79–81.

14. Morgun V. V., Kots S. Y. Development of Effective Strains of Nodule Bacteria and Microbial Preparations Based on Them // Science and Innovation. – 2021. – Т. 17. – №. 2. – P. 39–49.
15. Спиридонов А. М. Влияние инокуляции и сортового разнообразия на семенную продуктивность люцерны // Современное научное знание: теория, методология, практика : Сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф.: в 3-х частях, Смоленск, 30 декабря 2015 года / ООО «НОВАЛЕНСО». Часть 1. – Смоленск : Общество с ограниченной ответственностью «НОВАЛЕНСО», 2016. – С. 50–52.
16. Шкодина Е. П. Способы повышения продуктивности кормовых агрофитоценозов // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы : Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Курганской области, с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл., 19–20 апреля 2018 года / Под общей ред. С. Ф. Сухановой. – Лесниково : Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2018. – С. 995–999.
17. Орлова А. Г., Рапина О. Г. Возделывание люцерны изменчивой на разных типах почв при применении клубеньковых бактерий в условиях Ленинградской области // Современное состояние и перспективы развития лугового кормопроизводства в XXI веке : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию доктора с.-х. наук И. П. Лепковича, Санкт-Петербург – Пушкин, 18–19 июня 2018 года. – Санкт-Петербург – Пушкин : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. – С. 73–77.
18. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. – М. : Агропромиздат. 1987. – 240 с.
19. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции / Под ред. И. А. Тихоновича, Н. А. Проворова. – СПб. : Наука, 1988. –195 с. – ISBN 5-02-026095-9.
20. 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.

## EFFICIENCY OF SYMBIOSIS OF NEW STRAINS OF NODULE BACTERIA WITH ALFALFA VARIABLE

**A. A. Ionov, G. V. Stepanova**

*Three active strains of nodule bacteria were created Pre-sowing inoculation with these strains increased the productivity of alfalfa plants of the Taisiya variety by an average of 23–34 % over six accounting cycles. Strains I and IV isolated from the nodules of variable alfalfa increased the productivity of inoculated alfalfa plants by 11–55 and 32–56 percent. It was found that strain IV is relatively tolerant to high air and substrate temperatures (30–34 °C). The effectiveness of symbiosis with strain II isolated from the nodules of the melilot white was in the range of 17–51 % by mowing. A negative reaction of strain II to an increase in air and substrate temperature above 28–30 °C was noted.*

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