

УДК 633.313:631.461.52

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-38-49>

СИМБИОТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОТИПОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ СОРТА ТАИСИЯ

А.А. Ионов, младший научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

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

ionov-aleksei18@mail.ru

SYMBIOTIC EFFICIENCY OF THE BIOTYPES OF ALFALFA VARIABLE TAISIYA VARIETY

A.A. Ionov, Junior Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

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

ionov-aleksei18@mail.ru

Сорт люцерны изменчивой Таисия создан с использованием методов сопряженной симбиотической селекции. На специальном селективном фоне были выделены два генотипа люцерны с высокой адаптивной способностью. Одно растение имело сиреневые цветки, другое — желтые. Растение с желтыми цветками использовали в качестве материнской формы, с сиреневыми — отцовской. Окраска венчиков гибридных растений варьирует от светло-кремовой до темно-фиолетовой. В основном популяция представлена растениями с пестрой окраской цветков. Установлено, что в составе популяции люцерны изменчивой сорта Таисия наиболее устойчивы пестроцветковые биотипы. На третий год пользования в варианте без инокуляции на среднекультуренной почве их продуктивность составляла 6,3 г/рядок сухого вещества, синецветковых — 4,9, желтоцветковых — 5,2 г/рядок. На слабокультуренной почве — 4,6 г/рядок, остальных — 3,3 и 2,7 г/рядок сухого вещества. На среднекультуренной почве предпосевная инокуляция пестроцветковых биотипов штаммом СХМ 404б повышала продуктивность в первый–третий годы пользования на 33–35%, слабокультуренной — на 31–93%, а при инокуляции штаммом СХМ 415б — на 35–52%. На слабокультуренной почве наиболее высокие прибавки продуктивности (48–130%) получены при инокуляции желтоцветковых биотипов штаммом СХМ 404б.

Ключевые слова: люцерна изменчивая, биотипы, окраска венчика, клубеньковые бактерии, продуктивность, эффективность симбиоза.

The variety of alfalfa Taisiya was created using the methods of conjugate symbiotic breeding. Two genotypes of alfalfa with high adaptive capacity were selected on a special selective background. One plant had lilac flowers, the other yellow. A plant with yellow flowers was used as a mother form, with lilac — father's. The color of the flowers of hybrid plants varies from light cream to dark purple. Basically, the population is represented by plants with variegated flowers. It has been established that variegated biotypes are the most stable in the population of variable alfalfa of the Taisiya variety. In the third year of use in the variant without inoculation on medium-cultivated soil, their productivity was 6.3 g/row of dry matter, 4.9 blue-flowered, 5.2 g/row yellow-flowered. On cultivated soil — 4.6 g/row, the rest — 3.3 and 2.7 g/row of dry matter. In medium-cultivated soil, pre-sowing inoculation of variegated biotypes with

strain 404b increased productivity in the first and third years of use by 33–35%, in poorly cultivated soil — by 31–93%, and inoculation with strain 415b — by 35–52%. On poorly cultivated soil, the highest productivity gains (48–130%) were obtained by inoculation of yellow-flowered biotypes with strain 404b. **Keywords:** alfalfa variable, biotypes, corolla coloration, nodule bacteria, productivity, efficiency of symbiosis.

Люцерна является широко возделываемой и наиболее ценной кормовой культурой во всем мире. Она отличается высокой урожайностью, питательностью и высокой адаптационной способностью к различным стрессовым условиям. Растения люцерны фиксируют 150–300 кг азота воздуха на гектар посевов, что позволяет значительно сократить или полностью отказаться от внесения минеральных азотных удобрений. Посевы люцерны защищают почву от водной и ветровой эрозии, понижают уровень грунтовых вод, препятствуют засолению и закислению почвы, обладают рядом других почвообразующих и экологических свойств. Люцерну используют также в пищевом, фармацевтическом и косметическом производствах. Питательная ценность люцерны зависит от фазы развития. Например, содержание протеина в сухом веществе растения колеблется в пределах от 15 до 32%. Содержание незаменимых аминокислот в люцерне максимально в фазу стеблевания [1].

Открытие бобово-ризобияльных систем позволило сократить агропромышленному комплексу количество вносимых азотных удобрений. Однако не всякая микробно-растительная система позволяет получить максимальную отдачу от макросимбионта. То есть применение какого-либо микроорганизма не гарантирует высокую урожайность культуры и высокую устойчивость. Создание сорто-микробных систем является новым и перспективным направлением в селек-

ции кормовых трав, которое может быть реализовано путем улучшения одновременно генотипов макро- и микросимбионтов, с последующим их использованием в оптимальных комбинациях [2].

Научные работы многих исследователей подтверждают, что применение микросимбионтов по-разному влияет на урожайность и другие показатели люцерны изменчивой. В условиях нечерноземной зоны Западной Сибири наблюдались стабильные прибавки на уровне 15–19% на протяжении 10 лет на посевах люцерны, обработанных предварительно препаратом ризоторфина на основе трех штаммов клубеньковых бактерий: 425а, 412б и 404б [3]. Возделывание в условиях Новгородской области люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) сорта Таисия при инокуляции штаммом 404б показало высокую совместимость макро- и микросимбионта и позволило получать стабильный урожай зеленой массы и семян на протяжении трех лет [4; 5]. В ООО «РосАгро» Волосовского района Ленинградской области при инокуляции семян люцерны сорта Таисия штаммом 415б урожайность сухой массы растений люцерны увеличилась только на 14% [6]. В других исследованиях применение штамма 415б при инокуляции люцерны изменчивой сорта Таисия также не позволило увеличить значительно урожайность сухой массы растений, однако предварительная инокуляция семян вышеуказанным штаммом позволяет увеличить количество осевых побегов и по-

бегов ветвления [7]. Исследование по применению двух и более разных симбионтов показывает, что совместное применение препарата клубеньковых бактерий и гломусных грибов приводит к повышению продуктивности растений в 1,5 раза, тогда как отдельное применение препаратов увеличивает урожайность в 2 раза [8].

Для усиления растительно-микробных симбиотических взаимодействий формируются сорто-микробные симбиотические системы. Сорто-микробная система состоит из сорта и генетически комплементарного ему штамма почвоудобрительных микроорганизмов. Чаще всего с люцерной используют препараты клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*). К сорту, созданному традиционным методом селекции, подбирают комплементарные штаммы путем сравнительной оценки значительного количества растительно-микробных систем, сформированных из испытываемого сорта и разных штаммов, которыми инокулируют семена перед посевом. Сорто-микробные системы, созданные методами сопряженной симбиотической селекции, состоят из генетически близких сорта и штамма, специально созданных в процессе селекции [9; 10].

В последние годы с целью продвижения возделывания люцерны на север разработана биотехнология сопряженной растительно-микробной симбиотической селекции для создания сортов с повышенной эффективностью симбиоза и адаптивной способностью, способных расти на неокультуренных и среднеокультуренных, кислых почвах. С использованием этой биотехнологии был создан сорт люцерны изменчивой Таи-

сия. Сорт рекомендован для возделывания в Северо-Западном, Центральном и Волго-Вятском регионах. При выращивании традиционным методом (без предпосевной инокуляции семян) на среднеокультуренной почве урожайность сорта Таисия в Северо-Западном регионе была в пределах 6,8–16,0 т/га, в Центральном — 5,6–14,2 т/га, Волго-Вятском — 8,4–20,0 т/га. Предпосевная инокуляция семян комплементарными штаммами клубеньковых бактерий повышала урожайность зеленой массы в Северо-Западном регионе на 30–177%, в Центральном — на 45–102% [11; 12].

Автор сорта люцерны изменчивой Таисия Г.В. Степанова (2020) описывает морфологические признаки сорта следующим образом: «Отличительной особенностью сорта является то, что первыми в популяции начинают цвести растения с сиреневыми цветками. Эти растения более высокие, полупрямостоячей формы, с повышенной степенью кустистости и ветвистости по сравнению с другими растениями популяции. Они обладают длительным периодом цветения: первыми начинают цвести и последними заканчивают. Растения с пестрыми и желтыми цветками вступают в фазу массового цветения на 10–15 дней позднее растений с сиреневыми цветками. Эти растения уступают растениям с сиреневыми цветками по высоте, кустистости, ветвистости, урожайности зеленой массы и семян, но превосходят их по устойчивости к неблагоприятным условиям возделывания (зимостойкости, устойчивости к почвенной кислотности, дефициту и избытку влаги). Первые 7–10 дней после начала цветения травостой люцерны сорта Таисия имеет сиреневые

цветки, через 15–20 дней после начала цветения травостой становится пестроцветковым. Причем при благоприятных условиях роста и развития соцветия крупные, цилиндрической формы, с яркой и очень пестрой окраской. В условиях дефицита или избытка влаги, на низкоплодородной почве формируются шаровидные мелкие соцветия с тусклой окраской, преимущественно бледно-сиреневого или бледно-желтого цвета» [11].

Цель исследования: изучить эффек-

тивность симбиоза биотипов, составляющих популяцию люцерны изменчивой сорта Таисия, с активными штаммами ризобий при выращивании на разных типах почвы.

Материалы и методы. Исследования проводились в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», расположенном в 30 км севернее Москвы. Вегетационный опыт был заложен 18 июля 2019 г. в селекционно-тепличном комплексе ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (рис. 1).



Рис. 1. Изучение биотипов люцерны изменчивой сорта Таисия в селекционно-тепличном комплексе ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Исследователь А. А. Ионов

Макросимбионтом в данном исследовании является люцерна изменчивая сорта Таисия [13].

В исследовании были использованы биотипы люцерны изменчивой сорта Таисия, выделенные на основе окраски венчика:

Номер 1 — пестрая окраска цветков;

Номер 2 — желтая окраска цветков;

Номер 3 — сиреневая и фиолетовая окраска цветков (синецветковые).

Микросимбионтом в данном исследовании являются азотфиксирующие бактерии группы *Rhizobium* — *Sinorhizobium meliloti*. Были использованы два штамма:

1. Штамм *Sinorhizobium meliloti* 404б из коллекции ВНИИСХМ (Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Россия).

2. Штамм *Sinorhizobium meliloti* 415б из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (Россия) [14].

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 был заложен в ящики, наполненные дерново-подзолистой почвой разной степени окультуренности (среднеокультуренная и слабоокультуренная). Каждый вариант опыта (тип почвы) был представлен девятью ящиками. В трех ящиках посеяли люцерну без предпосевной инокуляции (контроль), в трех ящиках высеяны семена, инокулированные штаммом 404б, и в трех — штаммом 415б. Повторность трехкратная. В каждом ящике высеяли по три рядка люцерны (биотипы 1–3). Семена инокулировали препаратами штаммов 404б и 415б методом опудривания. Показатели почвенного плодородия были следующие: окультуренная почва — рН солевой вытяжки 5,98, гумус по Тюрину 2,19%, общий азот 0,139%, подвижный фосфор 222,9 мг/кг, калий 162,0 мг/кг почвы. Слабоокультуренная почва — рН = 4,40, гумус 1,99%, общий азот 0,127%, фосфор 211,2, калий 121,3 мг/кг почвы.

Статистическая обработка экспери-

ментальных 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. Вегетационный опыт по изучению эффективности симбиоза отдельных биотипов люцерны, составляющих популяцию сорта Таисия, был заложен 18 июля 2019 г. В год посева сформировался травостой одного полноценного укоса. В варианте со среднеокультуренной почвой средняя продуктивность биотипов, выращиваемых без инокуляции (контроль), варьировала в пределах 5,0–5,8 г сухого вещества, что было в пределах ошибки опыта ($НСР_{05} = 0,9$ г). Наиболее продуктивными были биотипы с желтой окраской цветков (табл. 1).

Предпосевная инокуляция семян пестроцветкового биотипа штаммами СХМ 404б и СХМ 415б повысила продуктивность на 1,7 и 1,5 г/рядок (+33 и 29%). Это высоко существенная прибавка ($НСР_{01} = 1,3$ г/рядок). Также высоко существенная прибавка продуктивности отмечена при инокуляции синецветкового биотипа штаммом СХМ 404б (3,2 г/рядок, +64%). В остальных вариантах увеличение продуктивности на 9–14% было в пределах ошибки опыта. В среднем по всем трем биотипам инокуляция штаммом СХМ 404б высоко существенно, на 1,9 г/рядок сухого вещества (+36%) повысила продуктивность по сравнению с контролем, а инокуляция штаммом СХМ 415б — существенно, на 0,9 г/рядок (+17%) (табл. 1).

1. Эффективность симбиоза по сухому веществу биотипов люцерны сорта Таисия со штаммами ризобий. Вегетационный опыт, среднекультуренная почва, посев 2019 г.

Биотип	Сухое вещество, г/рядок				Эффективность симбиоза, %	
	контроль	СХМ 4046	СХМ 4156	среднее	СХМ 4046	СХМ 4156
Первый укос, 2019 г.						
1	5,1	6,8	6,6	6,2	33	29
2	5,8	6,6	6,3	6,2	14	9
3	5,0	8,2	5,7	6,3	64	14
Среднее	5,3	7,2	6,2	—	36	17
НСР ₀₅	0,9					
НСР ₀₁	1,3					
Среднее за 4 укоса, 2020 г.						
1	7,4	9,6	8,6	8,5	30	16
2	7,4	7,6	6,8	7,3	3	-8
3	7,1	7,8	7,0	7,3	10	-1
Среднее	7,3	8,3	7,5	—	14	3
НСР ₀₅	1,2					
НСР ₀₁	1,7					
Среднее за 2 укоса, 2021 г.						
1	6,3	8,5	6,4	7,1	35	2
2	5,2	6,4	4,9	5,5	23	-6
3	4,9	4,7	3,5	4,4	-4	-29
Среднее	5,5	6,5	4,9	—	19	-11
НСР ₀₅	1,3					
НСР ₀₁	1,8					

Примечание. Биотип № 1 — пестроцветковый, № 2 — желтоцветковый, № 3 — синецветковый.

Во второй год пользования провели 4 укоса. В контрольном варианте средняя урожайность пестро- и желтоцветковых биотипов составила 7,4 г/рядок сухого вещества, а синецветкового — только 7,1 г. Предпосевная инокуляция штаммом СХМ 4046 повысила продуктивность пестроцветковых биотипов до 9,6 г/рядок (+30%). Инокуляция штаммом СХМ 4156 повысила продуктивность пестроцветкового биотипа на 16% и не оказала статистически значимого влияния на продуктивность желто- и синецветковых биотипов (табл. 1) (рис. 2).

На третий год пользования произошло снижение продуктивности в контрольном варианте до 4,9–6,3 г/рядок сухого вещества. Наиболее продуктивным стал пестроцветковый биотип (6,3 г), сильнее всего снизилась продуктивность синецветкового биотипа (4,9 г). Инокуляция штаммом СХМ 4046 существенно повысила продуктивность пестроцветковых биотипов, до 8,5 г/рядок (+35%), а инокуляция штаммом СХМ 4156 растений с синими цветками существенно, на 29%, снизила их продуктивность (табл. 1).



Рис. 2. Растения люцерны изменчивой сорта Таисия: выращивание на среднекультуренной почве. Вегетационный опыт, второй год жизни травостоя

1 — контроль без инокуляции; 2 — инокуляция штаммом СХМ 404б;
3 — инокуляция штаммом СХМ 415б

Таким образом, при возделывании люцерны на среднекультуренной почве продуктивность растительно-микробных систем «пестроцветковые × СХМ 404б» в течение трех лет пользования была на 30–35% выше, чем в контроле. Продуктивность симбиотической системы «пестроцветковые × СХМ 415б» в год посева была на 29% выше контроля, в последующие годы снизилась до уровня контроля.

Предпосевная инокуляция желтоцветковых биотипов обоими штаммами не показала статистически значимого

повышения продуктивности во все годы пользования. Предпосевная инокуляция синецветковых биотипов в год посева штаммом СХМ 404б высоко существенно, на 64%, повысила продуктивность по сухому веществу, в последующие годы статистически значимых различий от контроля не отмечено. Инокуляция штаммом СХМ 415б в первые два года пользования не оказала существенного влияния на продуктивность, а на третий год продуктивность существенно, на 29%, упала по сравнению с контролем.

На слабокультуренной почве про-

дуктивность всех биотипов была ниже, чем на среднеокультуренной. В год посева в варианте без инокуляции она составляла 2,6–3,4 г/рядок сухого вещества; наиболее продуктивными оказались сине-цветковые биотипы (3,4 г/рядок). Предпосевная инокуляция высоко существенно (на 24–130%) увеличила про-

дуктивность всех люцерно-ризобиальных систем. Инокуляция штаммом СХМ 404б повысила продуктивность всех биотипов в среднем на 86%, а штаммом СХМ 415б — на 41% (табл. 2). Аналогичные показатели на среднеокультуренной почве составляли 36 и 17% соответственно (табл. 1).

2. Эффективность симбиоза по сухому веществу биотипов люцерны сорта Таисия со штаммами ризобий. Вегетационный опыт, слабоокультуренная почва, посев 2019 г.

Биотип	Сухое вещество, г/рядок				Эффективность симбиоза, %	
	контроль	СХМ 404б	СХМ 415б	среднее	СХМ 404б	СХМ 415б
Первый укос, 2019 г.						
1	2,8	5,4	4,2	4,1	93	50
2	2,6	6,0	3,8	4,1	130	46
3	3,4	4,7	4,2	4,1	38	24
Среднее	2,9	5,4	4,1		86	41
НСР ₀₅	0,5					
Среднее за 4 укоса, 2020 г.						
1	5,4	7,3	8,2	7,0	35	52
2	5,2	7,7	5,8	6,2	48	12
3	5,3	6,5	5,5	6,3	23	4
Среднее	5,3	7,2	6,5		36	23
НСР ₀₅	0,8					
Среднее за 2 укоса, 2021 г.						
1	4,6	6,5	6,2	5,8	41	35
2	2,7	4,6	3,1	3,5	70	15
3	3,3	4,3	3,4	3,7	30	3
Среднее	3,5	5,1	4,2		46	20
НСР ₀₅	1,1					

Примечание. Биотип № 1 — пестроцветковый, № 2 — желтоцветковый, № 3 — синецветковый.

На второй год пользования средняя продуктивность биотипов в варианте без инокуляции возросла до 5,2–5,4 г/рядок сухого вещества. Инокуляция штаммом СХМ 404б повысила продуктивность на 23–48%, а штаммом СХМ 415б — на 4–52%. Наиболее отзывчивыми на инокуляцию оказались пестроцветковые (+35 и 52%) и желтоцветковые (+48 и 12%)

биотипы люцерны (табл. 2). В среднем по всем биотипам инокуляция штаммом СХМ 404б во второй год пользования повысила продуктивность на слабоокультуренной почве на 36%, штаммом СХМ 415б — на 23% (табл. 2). Показатели средней эффективности симбиоза на среднеокультуренной почве были 14 и 3% (табл. 1; рис. 3).

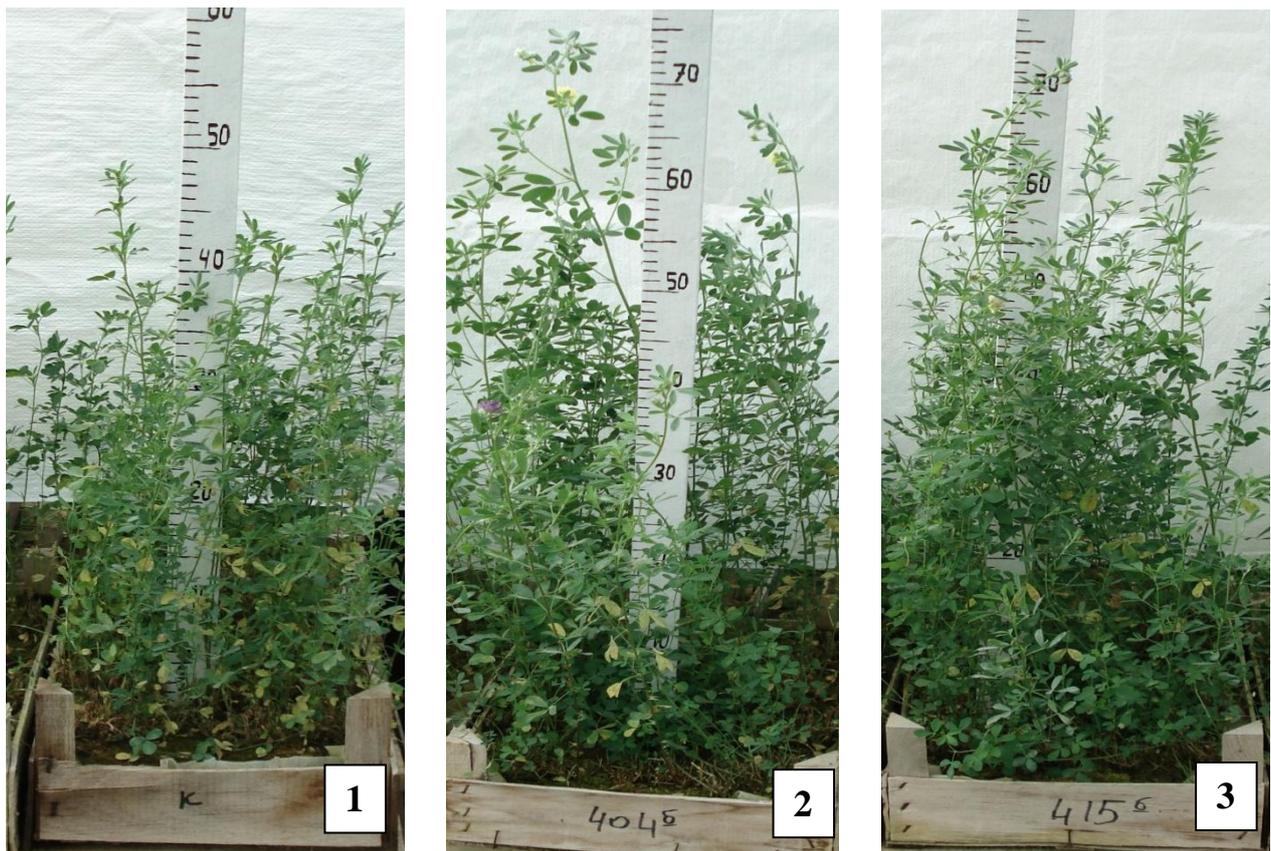


Рис. 3. Растения люцерны изменчивой сорта Таисия: выращивание на слабокультуренной почве. Вегетационный опыт, второй год жизни травостоя.

1 — контроль без инокуляции; 2 — инокуляция штаммом СХМ 4046;
3 — инокуляция штаммом СХМ 4156

На третий год пользования средняя продуктивность биотипов в контроле снизилась до 2,7–4,6 г/рядок, при этом продуктивность пестроцветковых биотипов оставалась сравнительно высокой (4,6 г/рядок сухого вещества). Инокуляция пестроцветковых биотипов обоими штаммами существенно повышала продуктивность на 41 и 35 %. Наиболее высокая эффективность симбиоза отмечена у растительно-микробной системы «желтоцветковые × СХМ 4046» (+70%) (табл. 2). Средняя по всем биотипам эффективность симбиоза со штаммом СХМ 4046 составила 46%, со штаммом СХМ 4156 — 20%, что значительно выше по сравнению с эффективностью симбиоза

на среднекультуренной почве (+19...–11%) (табл. 1 и 2).

В заключение следует отметить, что наиболее устойчивыми были пестроцветковые биотипы. На третий год пользования в варианте без инокуляции на среднекультуренной почве их продуктивность составляла 6,3 г/рядок сухого вещества, синецветковых — 4,9 г/рядок, желтоцветковых — 5,2 г/рядок. На слабокультуренной почве — 4,6 г/рядок, остальных — 3,3 и 2,7 г/рядок сухого вещества. На среднекультуренной почве предпосевная инокуляция пестроцветковых биотипов штаммом СХМ 4046 повышала продуктивность в первый–третий годы возделывания на 33–35%, слабо-

окультуренной — на 31–93%, а штаммом СХМ 415б — на 35–52%. На слабоокультуренной почве наиболее высокие прибавки продуктивности (48–130%) получены при инокуляции желтоцветковых биотипов штаммом СХМ 404б.

Литература

1. Гончаров П.Л., Лубенец П.А. Биологические аспекты возделывания люцерны. – Новосибирск : Наука, 1985. – 253 с.
2. Степанова Г.В. Новые методы и результаты сопряженной селекции люцерны изменчивой // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. статей. – М., 2020. – С. 64–78.
3. Фомичев Е.Е., Козлова С.Е., Угай Т.Г. Влияние ризоторфина, возрастающих доз азотных удобрений и их совместного действия на продуктивность бобовых растений // Вестник ТПУ. Серия: Естественные и точные науки. – 2003. – № 4 (38). – С. 109–112.
4. Шкодина Е.П., Дегунова Н.Б. Применение биопрепаратов на люцерне изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в условиях Северо-Запада Российской Федерации // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – № 4 (172). – С. 90–95.
5. Дегунова Н.Б., Шкодина Е.П. Эффективность применения штаммов клубеньковых бактерий на люцерне // Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия : материалы международной научно-практической конференции. – М. : Изд-во Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – С. 118–123.
6. Орлова А.Г., Рапина О.Г. Применение биопрепаратов при возделывании люцерны изменчивой в условиях ООО «РосАгро» Волосовского района Ленинградской области // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК : сб. науч. тр. международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов / Отв. ред.: С.Н. Широков, В.А. Смелик. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургский ГАУ, 2016. – С. 59–62.
7. Орлова А.Г., Рапина О.Г. Использование биопрепаратов при возделывании люцерны изменчивой // Экологически безопасное развитие сельских территорий и сохранение водных объектов : сб. науч. тр. международных семинаров, проведенных в рамках Российско-Финляндского проекта «Чистые реки — в здоровое Балтийское море» SE 717 в 2013–2015 годах / Отв. ред.: В.Б. Минин. – М. : Изд-во Негосударственное образовательное учреждение «Институт агробизнеса, экономики и права», 2016. – С. 81–85.
8. Домарацкая Д.А., Степанова Г.В. Исследование эффективности применения препаратов клубеньковых бактерий и гломусных грибов на люцерне // Природные и культурные аспекты долгосрочных экологических исследований на Северо-Западе России : материалы XIII Региональной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» 2019, к 150-летию со дня рождения Николая Адольфовича Буша — одного из основателей Петергофского естественно-научного института / Отв. ред.: В.В. Мещерин. – Санкт-Петербург : Издательство ВВМ, 2019. – С. 125–127.
9. Степанова Г.В. Создание сортов люцерны изменчивой нового поколения с высокой азотфиксирующей способностью // Материалы XXII международного симпозиума «Охрана биосферы. Эниология. Нетрадиционное растениеводство. Экология и медицина». – Алушта : Форма, 2013. – С. 240–243.
10. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России / С.В. Сапрыкин, В.Н. Золотарев, И.С. Иванов, Г.В. Степанова, Н.В. Сапрыкина, Р.М. Лабинская. – Воронеж : Воронежская областная типография, 2020. – 496 с.

11. Степанова Г.В. Сорт люцерны изменчивой Таисия // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 21–32. – DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.
12. Высокоэффективные штаммы клубеньковых бактерий люцерны (*Medicago varia* L.): молекулярно-генетическая характеристика и использование в сопряженной селекции / М.Л. Румянцева, М.Е. Владимирова, В.С. Мунтян, Г.В. Степанова, А.С. Саксаганская, А.П. Кожемяков, А.Г. Орлова, А. Веcker, Б.В. Симаров // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 6. – С. 1306–1323. – DOI: 10.15389/agrobiology.2019.6.1306rus.
13. Сорта кормовых культур селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»: монография / ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». – М. : Угрешская Типография, 2019. – 92 с.
14. Каталог культур микроорганизмов (ВКМ). – Пушкино–Москва, 2005. – 88 с.
15. Селекция люцерны на повышение эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями. Методические рекомендации / ВНИИСХМ. – С.-Пб., 1990. – 50 с.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М. : Колос, 1975. – 336 с.

References

1. Goncharov P.L., Lubenets P.A. Biologicheskiye aspekty vozdel'yvaniya lyutserny [Biological aspects of alfalfa cultivation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985, 253 p.
2. Stepanova G.V. Novyye metody i rezul'taty sopryazhennoy selektsii lyutserny izmenchivoy [New methods and results of conjugated selection of alfalfa variable]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo [Multifunctional adaptive fodder production: collection of scientific articles]*. Moscow, 2020, pp. 64–78.
3. Fomichev E.E., Kozlova S.E., Ugay T.G. Vliyaniye rizotorfina, vozrastayushchikh doz azotnykh udobreniy i ikh sovместnogo deystviya na produktivnost' bobovykh rasteniy [Influence of rhizotorphin, increasing doses of nitrogen fertilizers and their joint action on the productivity of leguminous plants]. *Vestnik TPGU. Seriya: Estestvennyye i tochnyye nauki [Bulletin of the TPGU. Series: Natural and exact sciences]*, 2003, no. 4 (38), pp. 109–112.
4. Shkodina E.P., Degunova N.B. Primeneniye biopreparatov na lyutserne izmenchivoy (*Medicago varia* Mart.) v usloviyakh Severo-Zapada Rossiyskoy Federatsii [The use of biological preparations on alfalfa (*Medicago varia* Mart.) in the North-West of the Russian Federation]. *Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur [Oil cultures. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds]*, 2017, no. 4 (172), pp. 90–95.
5. Degunova N.B., Shkodina E.P. Effektivnost primeneniya shtammov klubenkovykh bakteriy na lyutserne [The effectiveness of using strains of nodule bacteria on alfalfa]. *Realizatsiya metodologicheskikh i metodicheskikh idey professora B.A. Dospekova v sovershenstvovanii adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya [Realization of methodical and methodological ideas of Professor B.A. Dospekhov in the improvement of adaptive landscape farming systems: materials of scientific-practical Intern. Conf.]*. Moscow, Russian SAU – Moscow Timiryazev Agricultural Academy Publ., 2017, pp. 118–123.
6. Orlova A.G., Rapina O.G. Primeneniye biopreparatov pri vozdel'yvanii lyutserny izmenchivoy v usloviyakh ООО «RosAgro» Volosovskogo rayona Leningradskoy oblasti [The use of biological preparations in the cultivation of variable alfalfa in the conditions of RosAgro LLC, Volosovsky district, Leningrad region]. *Rol' molodykh uchenykh v reshenii aktual'nykh zadach APK [The role of young scientists in solving urgent problems of the agro-industrial complex: collection of scientific articles Intern. scientific-practical Conf. of young scientists and students]*. St. Petersburg, 2016, pp. 59–62.
7. Orlova A.G., Rapina O.G. Ispol'zovaniye biopreparatov pri vozdel'yvanii lyutserny izmenchivoy [The use of biopreparations in the cultivation of variable alfalfa]. *Ekologicheskii bezopasnoye razvitiye sel'skikh territoriy i sokhraneniye vodnykh ob'yektov [Ecologically safe development of rural areas]*

- and conservation of water bodies: collection of scientific articles Intern. Seminars held in the framework of the Russian-Finnish project "Clean rivers — to a healthy Baltic Sea" SE 717 in 2013–2015]. Moscow, 2016, pp. 81–85.
8. Domaratskaya D.A., Stepanova G.V. Issledovaniye effektivnosti primeneniya preparatov klubenkovykh bakteriy i glomusnykh gribov na lyutserne [Study of the effectiveness of the use of preparations of nodule bacteria and glomus fungi on alfalfa]. *Prirodnyye i kul'turnyye aspekty dolgosrochnykh ekologicheskikh issledovaniy na Severo-Zapade Rossii: materialy XIII Regional'noy molodezhnoy ekologicheskoy Shkoly-konferentsii* [Natural and cultural aspects of long-term environmental research in the North-West of Russia: materials of the XIII Regional Youth Ecological School-Conference]. St. Petersburg, 2019, pp. 125–127.
 9. Stepanova G.V. Sozdaniye sortov lyutserny izmenchivoy novogo pokoleniya s vysokoy azotfiksi-ruyushchey sposobnostyu [Creation varieties of alfalfa variable new generation with high nitrogen-fixing ability]. *Materialy XXII mezhdunar. simpoziuma «Okhrana bio-noosfery. Eniologiya. Netraditsionnoye rasteniyevodstvo. Ekologiya i meditsina»* [Materials of XXII International symposium "Protection of the bio-noosphere. Eniology. Non-traditional crop production. Ecology and Medicine"]. Alushta, Forma Publ., 2013, pp. 240–243.
 10. Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Stepanova G.V., Saprykina N.V., Labinskaya R.M. Nauchnyye osnovy selektsii i semenovodstva mnogoletnikh trav v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii [Scientific bases of selection and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth region of Russia]. Voronezh, Voronezhskaya oblastnaya tipografiya Publ., 2020, 496 p.
 11. Stepanova G.V. Sort lyutserny izmenchivoy Taisiya [Variable alfalfa variety Taisiya]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2020, no. 2, pp. 21–32. – DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32).
 12. Rumyantseva M.L., Vladimirova M.E., Muntyan V.S., Stepanova G.V., Saksaganskaya A.S., Kozhemyakov A.P., Orlova A.G., Becker A., Simarov B.V. Vysokoeffektivnyye shtammy klubenkovykh bakteriy lyutserny (*Medicago varia* L.): molekulyarno-geneticheskaya kharakteristika i ispolzovaniye v sopryazhennoy selektsii [Highly effective strains of nodule bacteria of alfalfa (*Medicago varia* L.): molecular genetic characteristics and use in conjugate selection]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology]. 2019, vol. 54, no. 6, pp. 1306–1323. – DOI: 10.15389/agrobiology.2019.6.1306rus.
 13. Sorta kormovykh kul'tur selektsii FGBNU "Federal'nyy nauchnyy tsentr kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vil'yamsa": monografiya [Varieties of forage crops selected by the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams": monograph]. Moscow, Ugreshskaya Tipografiya Publ., 2019, 92 p.
 14. Katalog kul'tur mikroorganizmov (VKM) [Catalog of microbial cultures (VKM)]. Pushchino–Moscow, 2005, 88 p.
 15. Seleksiya lyutserny na povysheniye effektivnosti simbioza s klubenkovymi bakteriyami. Metodicheskiye rekomendatsii [Selection of alfalfa to increase the efficiency of symbiosis with nodule bacteria. Guidelines]. St. Petersburg, 1990, 50 p.
 16. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experience methodology]. Moscow, Kolos Publ., 1975, 336 p.