

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ШТАММОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ НА ХОЗЯЙСТВЕННОЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

© 2023. А. М. Мазин

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

г. Тверь, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследования влияния различных штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность и хозяйственноценные признаки клевера лугового первого года пользования. Цель исследований – выявить наиболее эффективные штаммы клубеньковых бактерий для данного сорта и рекомендовать их производству. Вегетационный сезон 2022 года можно охарактеризовать как теплый, но с недостатком влаги. Достоверно большую урожайность зеленой массы по сравнению с контролем получили при применении штаммов 340б и 348а. Существенно больший урожай сухой массы был получен в варианте с применением штамма 340б, который составил 8,3 т/га (154% к контролю). Изучение ботанического состава травостоя показало, что по всем вариантам опыта преобладал клевер луговой (от 72 до 83%). Злаковый компонент в основном был представлен мятликом однолетним, ежой сборной, тимофеевкой луговой. Фракция сорняков – марью белой, одуванчиком лекарственным, пастушьей сумкой. Применение штаммов клубеньковых бактерий увеличило содержание клевера лугового во втором укосе на 1 – 2%, облиственность растений на 1 – 3%, количество стеблей на 1 – 17% в первом укосе и на 2 – 13% во втором укосе, относительно контроля. Использование штаммов клубеньковых бактерий способствовало повышению содержания сырого протеина в сухом веществе клевера лугового на 1 – 11% по сравнению с контролем. Выход сырого протеина с одного гектара при применении штамма №339 увеличился на 32%, штамма 340б – на 55%, штамма 348а – на 46% по отношению к контролю. Исследования по влиянию различных штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность и хозяйственноценные признаки клевера лугового будут продолжены.

Ключевые слова: клевер луговой, урожайность, штаммы бактерий, облиственность, ботанический состав.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0010). Автор выражает благодарность научным сотрудникам лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии и лично Кожемякову А.П. за предоставленные образцы штаммов клубеньковых бактерий.

Для цитирования: Мазин А.М. Изучение влияния штаммов клубеньковых бактерий на хозяйственноценные признаки клевера лугового. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2023; 1(3): (30-36). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.39.27.004

Поступила: 31.01.2023 Принята к публикации: 20.02.2023 Опубликована: 28.03.2023

STUDY OF THE EFFECT OF NODULE BACTERIA STRAINS ON ECONOMICALLY VALUABLE SIGNS OF MEADOW CLOVER

© 2023. А. М. Мазин

Federal Research Center for Bast Fiber Crops

Tver, Russian Federation

The article presents the results of a study of the influence of various strains of nodule bacteria on the productivity and economically valuable signs of meadow clover of the first year of use. The purpose of research is to identify the most effective strains of nodule bacteria for this variety and recommend their production. The

growing season of 2022 can be described as warm, but with a lack of moisture. Significantly higher yields of green mass compared with the control were obtained when using strains 340b and 348a. A significantly higher yield of dry weight was obtained in the variant using strain 340b, which amounted to 8.3 t/ha (154% to control). The study of the botanical composition of the meadow clover herbage showed that the content of meadow clover prevailed in all variants of the experiment (72-83%). The cereal component was mainly represented by annual bluegrass, hedgehog of the national team, Timofeyevka meadow. Fraction of weeds – white marya, medicinal dandelion, shepherd's bag. The use of nodule bacteria strains increased the content of meadow clover in the second mowing by 1-2%, the foliage of plants by 1-3%, contributed to an increase in the number of stems by 1-17% in the first mowing and by 2-13% in the second mowing, relative to the control. The use of nodule bacteria strains contributed to an increase in the content of crude protein in the dry matter of meadow clover by 1-11% compared to the control. The yield of crude protein per hectare with the use of strain No. 339 increased by 32%, strain 340b – by 55%, strain 348a – by 46% relative to the control. Studies on the influence of various strains of nodule bacteria on productivity and economically valuable signs of meadow clover will be continued.

Keywords: meadow clover, yield, bacterial strains, foliage, botanical composition, herbage density.

Acknowledgements: the work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Research Institution "Federal Research Center of Bast Fiber Crops" (topic No. FGSS-2019-0010). The author expresses gratitude to the researchers of the Laboratory of Ecology of Symbiotic and Associative Rhizobacteria of the Federal State Budgetary Research Institute of Agricultural Microbiology and personally to Kozhemyakov A.P. for the samples of nodule bacteria strains provided.

For citation: Mazin A.M. Study of the effect of nodule bacteria strains on economically valuable signs of meadow clover. Technical crops. Scientific Agricultural journal. 2023; 1(3): (30-36). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.39.27.004

Received: 31.01.2023 Accepted for publication: 20.02.2023 Published online: 28.03.2023

Введение. В условиях Северо-Западного региона посе́вы кле́вера лугового при соблюдении технологии возделывания ежегодно дают высокие урожаи зеленой и сухой массы [7]. При этом клевер луговой, как и все бобовые растения, обладает уникальной способностью фиксировать атмосферный азот в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Использование биологического азота последующими культурами снижает потребность в дорогостоящих азотных удобрениях, способствует уменьшению вымывания азота в почву, повышению протеина в растениях [2]. Поэтому клевер луговой, как и другие бобовые травы, необходимо широко использовать в экологически ориентированных системах землепользования.

Применение микробиологических препаратов на бобовых травах обеспечивает снижение внесения на 25-60% доз минеральных удобрений, в первую очередь азотных, фосфорных и микроудобрений; увеличивает урожай и улучшает качество корма; повышает плодородие почвы и оздоравли-

вает почвенную микробиоту; приводит к увеличению рентабельности сельскохозяйственных предприятий на 30-50% [9]. Один из способов направленного регулирования почвенно-микробиологических процессов – создание симбиотических систем бобовых растений с клубеньковыми бактериями. Микроорганизмы, образующие симбиозы с растениями, выполняют важнейшие для них функции: фиксацию атмосферного N, усвоение фосфатов из почвы, осуществляют биоконтроль фитопатогенов и фитофагов, способствуют синтезу фитогормонов, которые оптимизируют развитие растений, повышают устойчивость к неблагоприятным факторам среды и лучшей сохранности растений после перезимовки [1, 5]. При этом фиксация молекулярного азота бобовыми травами может достигать до 400-600 кг/га. Однако высокое значение азотфиксации может быть достигнуто только при соблюдении ряда экологических требований, в первую очередь – наличие эффективного штамма и необходимых почвенных условий, способ-

ствующим образованию клубеньков. Несоблюдение этих требований приводит к тому, что бобовые травы становятся не накопителями азота, а его потребителями [8].

Целью исследований являлось изучение влияния штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность фитомассы и другие хозяйственноценные признаки клевера лугового первого года пользования, а также выявление наиболее эффективных штаммов клубеньковых бактерий для рекомендации их производству.

Методика исследований. Научно-исследовательская работа проводилась на опытном поле лаборатории агротехнологий ОП Псковский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК. В 2021 году был заложен опыт по изучению влияния различных штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность клевера лугового сортотипа Псковский местный двуукосный. Почва участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая. Глубина пахотного слоя составляет 24–26 см. Агрохимические показатели почвы перед посевом: рН – 6,0; содержание подвижного фосфора – 171 мг/кг почвы, обменного калия – 164 мг/кг почвы; гумус – 2,1%. Химические анализы почвы и растительных образцов выполнены в лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Псковский НИИСХ по ГОСТам и утвержденным методикам.

Исследования по изучению влияния штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность клевера лугового предусматривали следующие варианты: 1. Контроль – без применения штаммов клубеньковых бактерий; 2. Штамм 339; 3. Штамм 340б; 4. Штамм 348а.

Штаммы клубеньковых бактерий для проведения опыта были получены от сотрудников лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Обработка семенного материала штаммами клубеньковых бактерий проводилась непосредственно перед посевом с нормой 0,5 кг препарата на гектарную норму высева клевера лугового.

Агротехника в опыте общепринятая для зоны. По мере высыхания почвы и после отрастания ранневесенних сорняков провели предпосевную культивацию и прикатывание до посева. Посев проводили вручную с нор-

мой высева 12 кг/га на глубину 2–3 см. Площадь делянки составляла 8 м², повторность – 3-кратная, размещение делянок – рендомизированное.

В опыте изучали образец П-102, который по данным исследований предыдущих лет достаточно приближен к сорту Псковский местный двуукосный по хозяйственно-морфологическим признакам.

Исследования проведены в соответствии с методическими указаниями по изучению кормовых культур [4]. Хозяйственно-биологические признаки изучали по урожайности зеленой и сухой массы травостоев по укосам (т/га), облиственности травостоя (в %), ботаническому составу (% видового участия растений), по густоте травостоя (побегов/м²), химическому составу растений. Фенологические наблюдения проводили по фазам развития растений. Урожайность зеленой массы клевера лугового первого года пользования определяли сплошным способом, скашивая и взвешивая всю массу с площади делянки. Для определения плотности травостоя перед каждым укосом на делянках подсчитывали количество генеративных и вегетативных побегов клевера лугового. Облиственность определяли по пробным снопам, отобраным с каждой делянки, с последующим разбором их на фракции: листья + соцветия и стебли. Для определения ботанического состава отбирали пробные снопы с каждой делянки опыта с последующим разбором на фракции: бобовые (клевер луговой), злаки, разнотравье (не сеяные виды) и старику. Выход сухого вещества рассчитывали по пробным снопам, взятым во время уборки зеленой массы.

Результаты и их обсуждение. Для получения высоких урожаев зеленой массы бобовых трав в условиях Северо-Западного региона необходимо, чтобы сумма активных температур за вегетационный период составляла не менее 1880 °С (при среднесуточной температуре +15,1 °С) и 450 мм осадков (при 3,7 мм на сутки роста) [3].

Погодные условия в 2022 году отличались от предыдущего сезона и оказали существенное влияние на отрастание, развитие и урожайность зеленой массы клевера лугового второго года жизни [6]. Осень и зима сезона 2021–2022 годов были относительно теплыми, средняя температура октября (2021 г.) со-

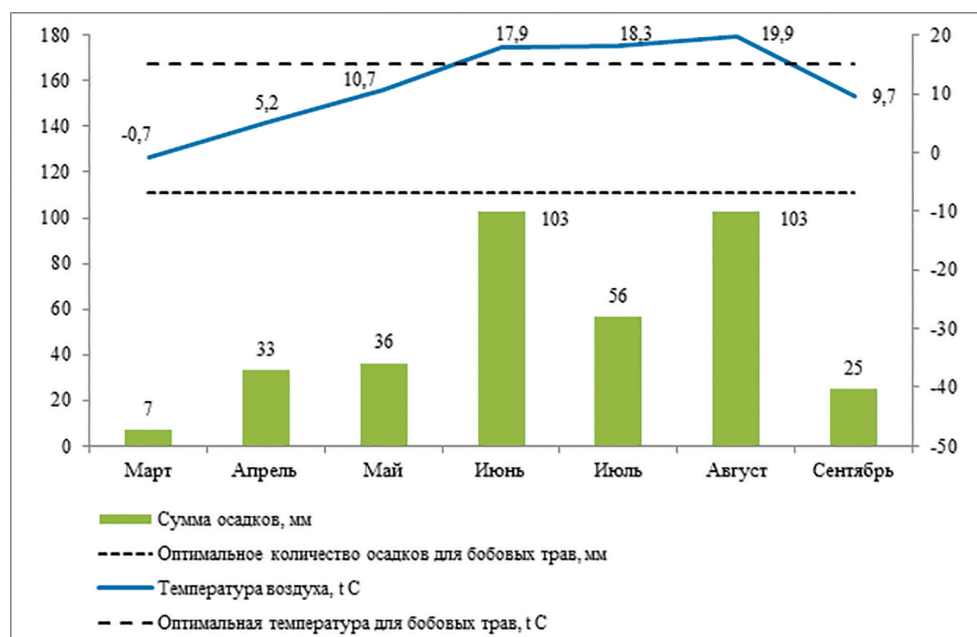


Рисунок 1. Средняя температура воздуха и количество осадков за вегетационный период 2022 года (Псковский ЦГМС – филиал ФГБУ «Северо-Западное УГМС»)

ставила +6,6 °С, ноября +2,5 °С, декабря –6,8 °С, января –3,2°С, февраля –0,8 °С, марта –0,7 °С, что не отразилось на перезимовке клевера лугового. Среднемесячная температура воздуха в апреле составила +5,2 °С, что является оптимальным значением для начала роста бобовых трав (рис. 1). При положительных дневных температурах 29 апреля наблюдали выпадение снега с дождем, но это не повлияло на развитие травостоев. Среднемесячные температуры летних месяцев были благоприятные для роста и развития клевера лугового, что позволило сформировать два укоса.

В вегетационном сезоне 2022 года осадков выпало недостаточно, ниже оптимальной нормы для бобовых трав, выпадали они неравномерно, часто носили ливневый характер. Отсутствие дождей или их незначительное количество в первой и во второй декаде мая (1,5 и 12,3 мм), в первой и в третьей декаде июня (11,6 и 5,2 мм), в первой декаде июля (9,0 мм), во второй декаде августа (0,0) привело к дефициту влаги в данное время, что снизило урожай зеленой массы второго укоса. В целом вегетационный сезон 2022 года можно охарактеризовать как теплый, но с недостатком влаги.

Достаточно мягкие осенне-зимние усло-

вия позволили успешно перезимовать клеверу луговому на всех вариантах опыта. Начало отрастания единичных растений наблюдали 12 апреля, повторно – 23 апреля. Первое цветение зафиксировали 8 июня, массовое – 30 июня. Первый укос был проведен 25 июня, второй – 5 сентября. Длина вегетации травостоя до первого укоса составила 64 дня, что соответствует характеристике сорта. Второй укос был проведен через 72 дня, что связано с неравномерным поступлением влаги и соответственно удлинением периода активной вегетации. Применение различных штаммов не оказало влияние на сроки прохождения фенологических фаз у клевера лугового.

Самым важным показателем, характеризующим сорт по хозяйственноценным признакам, является продуктивность зеленой массы и сухого вещества. В сумме за два укоса наибольшую урожайность зеленой массы (табл. 1) получили в варианте с применением штамма 340б, которая составила 42,1 т/га (123% к контролю). Также достоверно большую урожайность зеленой массы по сравнению с контролем получили при применении штамма 348а – 40,3 т/га (118% к контролю). Распределение урожая зеленой массы по укосам составило: в первом укосе 84 – 87%, во втором – 13 – 16%.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы и сухого вещества клевера лугового в зависимости от штамма, т/га

Вариант	1 укос		2 укос		Сумма укосов		+/- к контролю
	зеленая масса	сухая масса	зеленая масса	сухая масса	зеленая масса	сухая масса	
Контроль	29,5	4,3	4,5	1,1	34,0	5,4	-
Штамм 339	30,9	5,6	5,7	1,4	36,6	7,0	+1,6
Штамм 340б	36,1	6,8	6,0	1,5	42,1	8,3	+2,9
Штамм 348а	34,4	5,7	5,9	1,4	40,3	7,1	+1,7
НСР _{0,5} , т/га	3,7	1,9	1,6	1,0	3,8	2,3	

Наибольший урожай сухой массы был получен в варианте с применением штамма 340б – 8,3 т/га (154% к контролю), который существенно превышал урожай на контроле.

Показатели длины и мощности побегов влияют на урожайность зеленой массы и качество уборки многолетних трав. Как правило, высокорослые мощные травостои с максимальной продуктивностью к началу уборки полегают, что приводит к недобору заготавливаемого корма. Длина растений клевера лугового в момент учета на зеленую массу в первом укосе не имела существенных различий по вариантам опыта и составляла от 91 до 94 см, во втором укосе – от 57 до 69 см. В первом укосе кусты клевера имели полуразвалистую форму, во втором укосе – прямостоячую. На всех делянках стебли были нежные, ярко-зеленой окраски, ветвистые, кустистость хорошая.

Применение штаммов клубеньковых бактерий не оказало влияние на длину растений клевера лугового в первом укосе. Во втором укосе в вариантах с применением штаммов наблюдали увеличение длины растений на 1–12 см, по сравнению с контролем.

На качество заготавливаемого корма большое влияние оказывает ботанический состав травостоя. Изучение ботанического состава травостоя клевера лугового показало, что по всем вариантам опыта преобладало содержание клевера лугового (табл. 2). Злаковый компонент в основном был представлен мятликом однолетним, ежой сборной, тимофеевкой луговой. Фракция сорняков – марью белой, одуванчиком лекарственным, пастушьей сумкой. Применение штаммов клубеньковых бактерий незначительно (на 1-2%) увеличило содержание клевера лугового во втором укосе относительно контроля.

Таблица 2. Влияние штаммов клубеньковых бактерий на хозяйственноценные признаки клевера лугового

Вариант	Содержание клевера, %		Облиственность, %		Густота, шт./м ²	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	73	81	30	41	237	344
Штамм 339	73	82	31	42	239	388
Штамм 340б	74	83	30	44	277	378
Штамм 348а	72	83	30	42	263	351

Облиственность травостоя служит косвенной оценкой качества корма. Листья и соцветия бобовых трав в фазу начала цветения больше содержат протеина и других элементов питания, чем стебли. Применение штаммов клубеньковых бактерий незначительно (на 1-3%) увеличило содержание

листьев и соцветий во втором укосе относительно контроля.

Густота стояния травостоя оказывает влияние на показатель урожайности зеленой массы клевера лугового. Применение штаммов клубеньковых бактерий способствовало увеличению количества стеблей по вариан-

там опыта на 2 – 40 шт./м² в первом укосе и на 7 – 39 шт./м² во втором укосе, относительно контроля.

При возделывании многолетних бобовых трав важное значение имеет качество корма, его питательная ценность. Использование штаммов клубеньковых бактерий привело к повышению содержания сырого протеина в

сухом веществе клевера лугового на 2% при применении штамма 339, на 1% – при штамме 340б, на 11% – при штамме 348а, по сравнению с контролем (табл. 3). В вариантах с применением штаммов отмечали незначительное увеличение содержания клетчатки и кальция.

Таблица 3. Влияние штаммов клубеньковых бактерий на химический состав клевера лугового / по данным ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Псковский НИИСХ/

Показатели	Штаммы			
	контроль	№ 339	№ 340б	№ 348а
Сырой протеин, %	14,94	15,29	15,13	16,61
Азот, %	2,39	2,48	2,42	2,66
Клетчатка, %	21,63	22,12	22,93	20,88
Зола, %	7,25	7,53	6,98	7,63
Кальций, %	1,09	1,15	1,15	1,16
Фосфор, %	0,21	0,21	0,21	0,24

Использование штаммов клубеньковых бактерий повлияло на выход сырого протеина с гектара, который по вариантам опыта составил: без применения штаммов – 0,81 т/га, при применении штамма 339 – 1,07 т/га (+0,26 т/га к контролю), штамма 340б – 1,26 т/га (+0,45 т/га), штамма 348а – 1,18 т/га (+0,37 т/га к контролю).

Выводы. Погодные условия 2022 года оказали существенное влияние на отрастание, развитие и урожайность зеленой массы клевера лугового первого года пользования. Достоверно большую урожайность зеленой массы по сравнению с контролем получили при применении штаммов 340б и 348а. Существенно больший урожай сухой массы был получен в варианте с применением штамма 340б, который составил 8,3 т/га (154% к контролю).

Применение штаммов клубеньковых бактерий увеличило содержание клевера лугового во втором укосе на 1–2%, облиственность растений на 1–3%, количество стеблей на 1–17% в первом укосе и на 2–13% во втором укосе, относительно контроля. Использование штаммов клубеньковых бактерий способствовало повышению содержания сырого протеина в сухом веществе клевера лугового на 1–11% по сравнению с контролем. Выход сырого протеина с одного гектара при применении штамма № 339 увеличился на 32%, штамма 340б – на 55%, штамма 348а – на 46% по отношению к контролю.

Исследования по влиянию различных штаммов клубеньковых бактерий на продуктивность и хозяйственноценные признаки клевера лугового будут продолжены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донских Н.А., Уманец М.С. Эффективность выращивания разных сортов клевера лугового на семенные цели в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С.9-16.

2. Лазарев Н.Н., Кухаренкова О.В., Авдеев

С.М., Куренкова Е.М. Дикарева.С.А. Симбиотическая фиксация азота многолетними бобовыми травами в луговых агрофитоценозах // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 20-28.

3. Лепкович И.П. Современное луговоеводство. – СПб.: ПРОФИ – ИНФОРМ, 2005. – 420 с.

4. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им В.Р. Вильямса. – М., 1987. – 223 с.

5. Проворов Н.А., Тихонович И.А. Сельскохозяйственная микробиология и симбиогенетика: синтез классических идей и конструирование высокопродуктивных агроценозов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57. – № 5. – С. 821-831.

6. Погода и климат [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>.

7. Спиридонов А.М. Многолетние бобовые травы в земледелии и кормопроизводстве Северо-Запада РФ (монография). – Москва, Берлин: Директ-Медиа. – 2021. – 192 с.

8. Тихонович И.А. Микробно-растительные системы в кормопроизводстве // Сельскохозяйственные вести. – 2008. – № 2 (73). – С. 18-19.

9. Чеботарь В.К., Лактионов Ю.В., Яхно В.В. Микробиологические препараты в системе экологического земледелия // Региональная экология. – 2015. – № 6 (41). – С. 41-47.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Мазин Алексей Михайлович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр лубяных культур, 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: a.mazin.psk@fncl.ru

Alexey M. Mazin, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: a.mazin.psk@fncl.ru