

УДК 633.322:631.5

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АЗОТФИКСАЦИЯ КЛЕВЕРА ПАННОНСКОГО (*TRIFOLIUM PANNONICUM* JACQ.) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2018 А.Н. Кшникаткина, П.Г. Аленин, А.А. Галиуллин, С.А. Кшникаткин

Пензенский государственный аграрный университет

Статья поступила в редакцию 09.10.2018

Применение в технологии возделывания клевера паннонского микроэлементных удобрений НаноКремний, Мегамикс-Семена и биопрепаратов ризоторфин, Гумариз способствовало активизации симбиотической деятельности агроценозов клевера паннонского первого года пользования, количество и масса активных клубеньков в фазу бутонизации по отношению к контролю увеличилась на 28,8-154,9 млн.шт./га и 77,2-240,8 кг/га. Максимальный показатель АСП клевера паннонского 219,3 млн.шт./га с массой 876,9 кг/га был при обработке Гумаризом совместно с препаратом Мегамикс-Семена. Бактериальные препараты и микроэлементные удобрения оказали существенное влияние на формирование фотосинтетической деятельности агроценозов клевера паннонского. Лучшие показатели фотосинтетического аппарата получены при обработке семян Гумаризом совместно с Мегамикс-Семена, площадь ассимиляционной поверхности клевера паннонского первого года пользования в фазу бутонизации составила 51,5 тыс.м²/га, ФП – 2,14 м²дн./га, ЧПФ – 4,98 г/м²-сутки. Комплексное применение микроэлементных удобрений совместно с биопрепаратом Гумариз увеличивает сбор сухого вещества клевера паннонского 1-го г.п. по отношению к контролю на 4,88-6,55 т/га, кормовых единиц – 3,51-4,71 т/га, переваримого протеина – 0,55-0,73 т/га, обменной энергии – 39,18-52,65 ГДж/га, урожай семян – на 355,5-417,2 кг/га.

Ключевые слова: клевер паннонский, бактериальные препараты, комплексные удобрения с микроэлементами в хелатной форме, параметры симбиотической деятельности, фотосинтез, кормовая и семенная продуктивность.

В решении проблемы увеличения производства кормов, улучшения качества и энергонасыщенности основная роль отводится многолетним травам. В связи с этим важное значение имеет организация адаптивного кормопроизводства за счет внедрения новых видов, которые обладают экологической пластичностью, высокой азотофиксирующей способностью, долголетием, высокими кормовыми достоинствами, рационально используют агроклиматические условия зоны, отличаются устойчивым семеноводством, высокой зимостойкостью, жаро- и засухоустойчивостью, повышают плодородие почвы.

Биологическая фиксация атмосферного азота – одно из уникальных явлений живой природы.

Кшникаткина Анна Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции».

E-mail: pererabotka_tehfak@mail.ru

Аленин Павел Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Управление, экономика и право». *E-mail: alenin.p.g@pgau.ru*

Галиуллин Альберт Амирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции».

E-mail: galiullin.a.a@pgau.ru

Кшникаткин Сергей Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Основы конструирования механизмов и машин».

E-mail: kshnikatkin.s.a@pgau.ru

От фиксации молекулярного азота, которую осуществляет ограниченное число микроорганизмов и симбиозов, зависит существование всей жизни на Земле в той же степени, в какой оно зависит от фотосинтеза как источника энергии [1,2]. Основные запасы азота (75-80 %) сосредоточены в атмосфере в молекулярном виде и недоступны растениям. В процессе азотфиксации азот из атмосферы вовлекается в круговорот веществ. Общее поступление связанного азота из атмосферы не менее 100 млн. т в год, причем 90 % этого количества составляет биологический азот [3].

Практическое значение биологической фиксации определяется тем, что азот – основной биогенный элемент, запасы которого в почве ежегодно уменьшаются, и способностью частичного пополнения их в процессе азотфиксации [4].

Создание благоприятных условий для активной симбиотической фиксации азота воздуха возможно за счет регуляции метаболизма клубеньковых бактерий, являющихся действующим началом ризоторфина, а также воздействием на бобоворизобияльный симбиоз агротехническими приемами, обеспечивающими благоприятные условия для роста и развития растений [5,6,7].

Многочисленными исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, показано, что одним из эффективных способов повышения продуктивности бобовых

культур является предпосевная обработка семян ризоторфином. Этот прием, именуемый инокуляцией, обязателен особенно в случае культивирования бобовых растений на новых площадях [8-12].

Важным элементом современных технологий производства сельскохозяйственных культур являются регуляторы роста, комплексные микроэлементные удобрения и бактериальные препараты, которые обеспечивают растения недостающими микроэлементами и способствуют повышению их устойчивости к стрессовым факторам внешней среды и патогенам [11,13].

Научный и практический интерес представляет применение комплексных жидких минеральных удобрений с богатым составом микро- и макроэлементов и нового бактериального препарата Гумариз для повышения продуктивности клевера паннонского сорта Аник, что и определило актуальность исследований.

Цель исследований заключалась в разработке и научном обосновании приемов повышения азотфиксации и продуктивности клевера паннонского сорта Аник в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводились в 2014-2017 гг. в ООО Агрофирма «Биокор-С» Мокшанского района Пензенской области.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый. Плотность почвы 1,18-1,20 г/см³, общая пористость почвы 55-60%, содержание гумуса в пахотном слое 6,5%, подвижного фосфора – 55 мг/кг, обменного калия – 177 мг/кг почвы; обеспеченность подвижными формами молибдена 0,2 мг/кг почвы, бора – 1,2 мг/кг почвы, марганца – 8,5 мг/кг почвы, цинка – 2,1 мг/кг почвы, меди и кобальта – низкая, рН_{сол} 5,4.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными: 2015 г. – (ГТК – 0,5 ед.); 2016 г. – (ГТК – 1,21 ед.); 2017 г. – (ГТК – 0,77 ед.). Проведенные исследования в годы с различными погодными условиями позволяют дать объективную оценку приемам возделывания клевера паннонского.

Объект исследований клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq) сорт Аник. Предшественник – озимая пшеница. Норма высева 3,0 млн. всхожих семян на 1 га. Площадь учетной делянки 25 м², повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. Фосфорно-калийные удобрения P₉₀K₁₂₀ вносили под основную обработку. Агротехника – общепринятая в данном регионе для многолетних бобовых трав. Инокуляцию семян бактериальными пре-

паратами ризоторфин и Гумариз проводили в день посева 600 г (гектарная норма).

Схема опыта: 1. Без обработки (контроль); 2. Обработка семян ризоторфином 600 г (гектарная норма); 3. Обработка семян Гумаризом 600 г (гектарная норма); 4. НаноКремний 60 мл/т; 5. Мегамикс-Семена 2 л/т; 6. Ризоторфин 600 г + НаноКремний 60 мл/т; 7. Ризоторфин + Мегамикс-Семена 2 л/т; 8. Гумариз 600 г + НаноКремний 60 мл/т; 9. Гумариз 600 г + Мегамикс-Семена 2 л/т.

Ризоторфин – препарат высокоэффективных клубеньковых бактерий, выращенных на торфяном субстрате, обогащенном углеводами, минеральными веществами, витаминами и микроэлементами. В одном грамме препарата содержится не менее 2,5 млрд. активных клубеньковых бактерий.

Гумариз – бактериальное удобрение. Препарат представляет собой высоко эффективные клубеньковые бактерии, с добавлением гумата калия / натрия с микроэлементами.

Препарат «НаноКремний» на основе биологически-активного кремния предназначен для предпосевной обработки семян. Массовая доля активных элементов: кремния 50 %; железа 6%; меди 1%; цинка 0,5 %.

Мегамикс-Семена – жидкое минеральное удобрение для предпосевной обработки семян на основе микро- и макроэлементов, содержит 5 макро- и 10 микроэлементов (Си, Zn, Mn, В, Мо, Со и др.).

Закладка полевых опытов, наблюдения, оценка и учеты проводились по общепринятым методикам [14,15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – перспективная кормовая культура, характеризуется высокой экологической пластичностью и адаптивностью, продуктивным долголетием (8-12 лет); засухоустойчивый, зимостойкий, устойчивый к болезням и вредителям, устойчивое семеноводство, повышает плодородие почвы, ценен как предшественник и медоносное растение. Высокая продуктивность клевера паннонского сочетается с его высокой питательностью [12].

Важным вопросом при агроэкологической оценке новых видов многолетних бобовых трав является их способность к фиксации атмосферного азота. При возделывании многолетних бобовых трав наиболее эффективным средством управления процессами формирования урожая является оптимизация минерального питания. В активизации процессов азотфиксации большее значение имеет фосфорное питание, так как фиксация азота воздуха происходит при

участии АТФ, в состав которой входит фосфор. Улучшение калийного питания растений усиливает фотосинтез, повышает использование листьями углекислоты. Низкое содержание в среде подвижного фосфора препятствует развитию корневой системы бобовых и образованию клубеньков [16]. Калий регулирует обмен веществ в растениях, увеличивает прочность стеблей, повышает их зимостойкость, положительно влияет на формирование клубеньков и эффективность симбиоза, способствует оттоку ассимилятов из листьев растения-хозяина к клубенькам и включению фиксированного азота в состав аминокислот. Калий без других элементов неэффективен, в частности без фосфора и азота [17].

Для более полной реализации потенциальной продуктивности многолетних бобовых трав наряду с внесением основных элементов питания необходима достаточная обеспеченность микроэлементами, в первую очередь молибденом. Молибден повышает эффективность минеральных удобрений и способствует лучшему усвоению фосфора и калия из почвы, а также увеличивает накопление азота, фосфора, калия в растениях.

Обработка семян перед посевом бактериальными препаратами и микроэlementными удобрениями оказывает полифункциональное действие, так как семена в момент прорастания обладают высокой пластичностью и восприимчивостью к изменениям окружающей среды.

Предпосевная обработка семян комплексными микроэlementными удобрениями, инокуляция бактериальными препаратами положительно влияет на формирование агроценоза клевера паннонского. В среднем за три года полевая всхожесть по вариантам опыта по отношению к контролю увеличилась на 0,6-13,9 %, сохранность растений к уборке – 4,9-13,5 %. Наиболее стимулирующее действие оказал препарат Мегамикс-Семена при совместном использовании с биопрепаратом Гумариз, показатели полевой всхожести клевера паннонского увеличились на 13,9 %, сохранность растений к уборке – 13,9 %, после перезимовки – 11,2 %, корневая система – в 2,3 раза.

Способностью фиксировать молекулярный азот обладают многие микроорганизмы. Однако их роль в фиксации азота весьма различна. Результаты исследований Л.М. Доросинского (1965) показывают, что основными фиксаторами азота являются клубеньковые бактерии [18].

Бактериальные удобрения – это культура микроорганизмов различных видов, вносимых в почву с семенами и другим способом, позволяющих улучшить азотное и фосфорное питание. Под влиянием клубеньковых бактерий активизируются процессы метаболизма, оптимизируется генеративный процесс зернобобовых куль-

тур и многолетних бобовых трав, увеличивается количество бобов на растении и число семян в них, вследствие чего возрастает урожайность семян и содержание в них белка [19].

Молибден усиливает рост и размножение ризобий, ускоряет процесс нодуляции, способствует активности нитрогеназы, нитратредуктазы, синтезу аминокислот и белков, усвоению бобовыми в симбиозе с ризобиями фосфорных удобрений. Кобальт принимает участие в синтезе витамина В₁₂, играет важную роль в функционировании леггемоглобина и гидрогеназы в клубеньках, ускоряет клубенькообразование [20].

Изучаемые бактериальные препараты, регуляторы роста и микроэlementные удобрения оказывали различное влияние на показатели количества и массы клубеньков. Анализ формирования симбиотической активности агроценоза клевера паннонского 1-го года пользования показал, что наибольшее количество и активных клубеньков и их масса сформировались в фазу бутонизации при инокуляции семян биопрепаратом Гумариз совместно с микроэlementным удобрением Мегамикс-Семена. Так, в среднем за два года общее количество клубеньков в фазу бутонизации составило 248,6 млн.шт./га с их массой 992,6 кг/га, активных клубеньков – 219,3 млн.шт./га с массой 876,9 кг/га, что превышает контрольный вариант в 3,9 и 2,7 раза, при инокуляции ризоторфином – в 1,8 и 1,3 раза соответственно (рис. 1).

Аналогичная закономерность формирования параметров симбиотической деятельности наблюдалась и в агроценозах клевера паннонского 2-го года пользования. Наибольшее количество активных клубеньков 264,5 тыс.шт./м² с массой 1096,1 кг/га сформировалось при обработке семян клевера препаратом Мегамикс-Семена совместно с Гумаризом, в контроле – 67,2 шт.м²/га с массой 410,2 кг/га, при инокуляции ризоторфином – 103,6 млн.шт./га с массой 507,3 кг/га соответственно. При инокуляции семян клевера Гумаризом активных клубеньков сформировалось на 103,6 млн.шт./га больше, чем в варианте с ризоторфином (рис. 2).

Г.С. Посыпанов (1993) заключает, что биологическая фиксация воздуха – уникальный биологический процесс. При активной азотфиксации около 30% углеводов, синтезированных растениями в процессе фотосинтеза, затрачивается клубеньками на связывание азота воздуха. Поиск приемов, обеспечивающих благоприятные условия для поглощения и максимального использования солнечной энергии, является актуальной задачей. В связи с этим важное значение имеет изучение влияния приемов предпосевной обработки семян на формирование параметров фотосинтетической деятельности клевера паннонского.

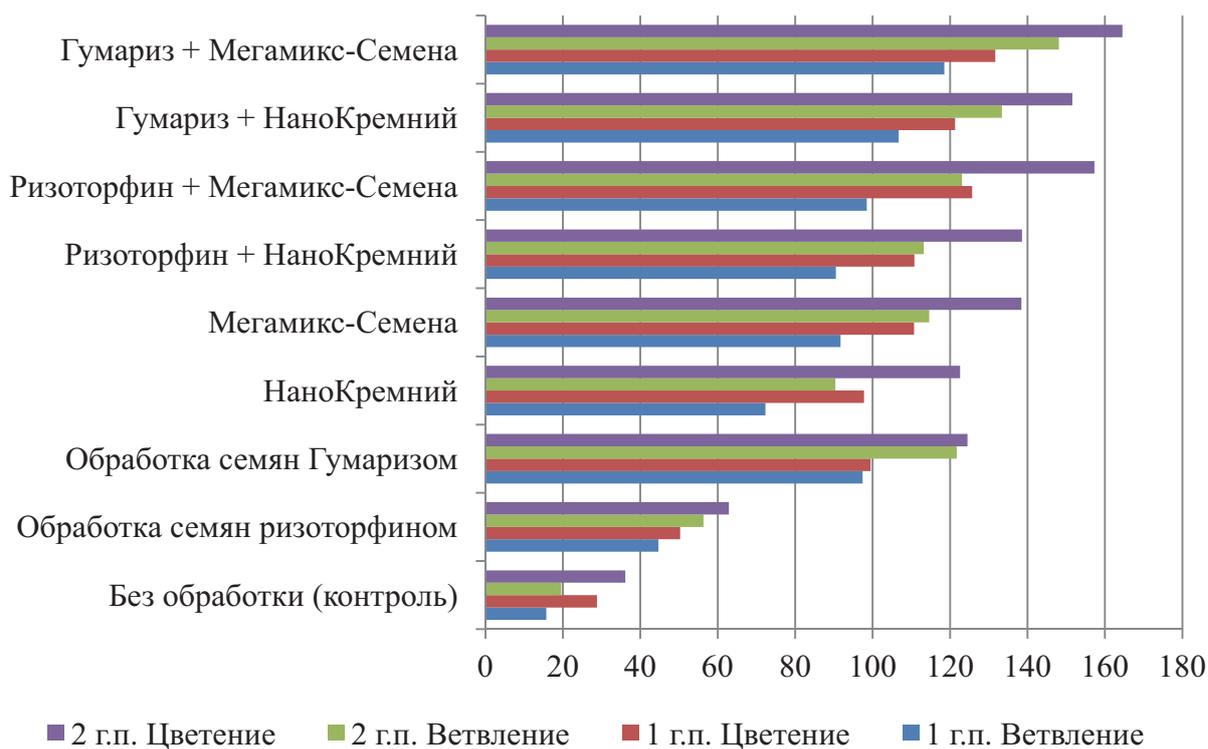


Рис. 1. Количество активных клубеньков на корнях клевера паннонского, 2015 -2017 гг.

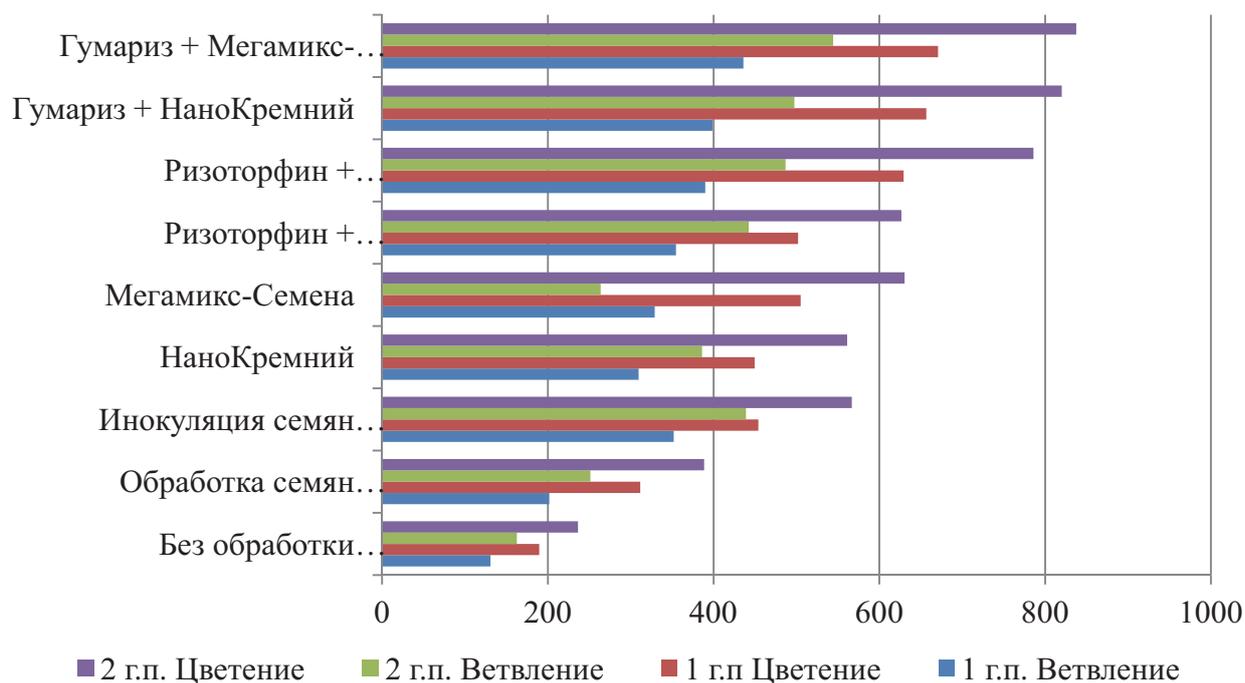


Рис. 2. Масса активных клубеньков на корнях клевера паннонского, 2015-2017 гг.

В процессе исследований установлено, что бактериальные препараты, регуляторы роста и микроэлементные удобрения оказывают существенное влияние на формирование листовой поверхности агроценоза клевера паннонского. Наиболее интенсивное нарастание листовой поверхности отмечается в фазу бутонизации при обработке семян клевера Гумаризом совместно с Мегамикс-Семена. Так, в 1-й год пользования

площадь листьев клевера в фазу бутонизации составила 51,5 тыс. м²/га, в контроле – 27,4 тыс. м²/га, что превышает показатели контроля на 24,1 тыс.м²/га (87,9 %), при инокуляции семян ризоторфином – на 14,7 тыс.м²/га (71,5 %) (табл. 1).

Фотосинтетический потенциал (ФП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяется величиной ассимиляционной поверхности. Наибольшая значения данных по-

казателей отмечены при обработке семян клевера микроэлементным удобрением Мегамикс-Семена совместно с Гумаризом ФП – 2,14 млн. м²дн./га, ЧПФ – 4,83 г/м²; в варианте ризоторфин + Мегамикс-Семена – 2,02 млн.м²дн./га и 4,69 г/м²-сутки; при обработке препаратом Мегамикс-Семена – 42,8 млн.м²дн./га, ФП – 1,85 млн.м²дн./га, ЧПФ – 3,95 г/м²-сутки, в контроле показатели ФП – 1,02 м²дн/га, ЧПФ – 1,92 г/м²-сутки (табл. 1).

Во второй год пользования в формировании параметров фотосинтетической деятельности агроценоза клевера паннонского прослеживается аналогичная закономерность, что и в 1-й год пользования. Нарастание ассимиляционной поверхности непосредственно связано с генеративным развитием клевера паннонского. При обработке семян клевера биопрепаратом Гумариз совместно с микроэлементным удобрением Мегамикс-Семена площадь ассимиляционной поверхности составила 59.6 тыс.м²га, ФП – 2,46 млн.м²дн./га, ЧПФ – 5,77 г/м²-сутки, по отношению к показателям 1-го года пользования параметры фотосинтетической деятельности 2-го года пользования увеличились на 14,9-15,7 %. При обработке семян клевера Гумаризом показатели фотосинтеза по отношению к варианту инокуляция ризоторфином увеличились на 10,6 – 32,5 % (табл. 1).

С площадью листьев посевов тесно связан ($r_{1 \text{ г.п.}}=0,92$; $r_{2 \text{ г.п.}}=0,94$; $r_{3 \text{ г.п.}}=0,95$) фотосинтетический потенциал. Зависимость эта выражается уравнениями регрессии следующего вида: $Y=-0,278+0,030x$, где Y - фотосинтетический потенциал (млн.м²-дн./га), x – площадь листьев (г/м²сутки).

Оптимизация условий бобово-ризобияльного симбиоза, интенсивное формирование параметров фотосинтеза, обусловленный предпосевной обработкой семян бактериальными препаратами, регуляторами и микроэлементными удобрениями, положительно повлияли на накопление сухого вещества клевера паннонского. Комплексное применение микроэлементных удобрений совместно с биопрепаратом Гумариз увеличивает сбор сухого вещества клевера паннонского 1-го г.п. по отношению к контролю на 4,88-6,55 т/га, кормовых единиц – 3,51-4,71 т/га, переваримого протеина – 0,55-0,73 т/га, обменной энергии – 39,18-52,65 ГДж/га, урожай семян – на 355,5-417,2 кг/га.

Анализ результатов показывает, что самым эффективным приемом предпосевной обработки семян клевера паннонского является бинарная обработка Гумаризом совместно с микроэлементными удобрениями. Так, урожайность зеленой массы по вариантам опыта составила

Таблица 1. Продуктивность фотосинтеза клевера паннонского, 2015-2017 гг.

Вариант	1-й год пользования			2-й год пользования		
	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, млн. м ² дн./га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² сутки	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, млн. м ² дн./га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² сутки
Без обработки (контроль)	26,8	1,07	1,97	33,2	1,22	2,28
Обработка семян ризоторфином	35,9	1,61	2,90	42,0	1,84	3,34
Обработка семян Гумаризом	40,7	1,78	3,84	46,7	2,04	4,42
НаноКремний	39,8	1,74	3,43	45,8	1,99	3,94
Мегамикс-Семена	42,1	1,91	4,01	48,3	2,19	4,63
Ризоторфин + НаноКремний	44,3	1,90	4,44	51,3	2,18	5,11
Ризоторфин + Мегамикс-Семена	46,4	2,07	4,74	53,7	2,40	5,46
Гумариз + НаноКремний	46,1	1,98	4,74	53,3	2,27	5,45
Гумариз + Мегамикс-Семена	51,3	2,20	5,04	58,7	2,52	5,80

40,8-47,5 т/га, сбор сухого вещества – 10,20-11,87 т/га, выход кормовых единиц – 7,34-8,54 т/га, переваримого протеина – 1,14-1,32 т/га, обменной энергии – 82,01-95,48 ГДж. При обработке семян ризоторфином совместно с микроэlementными удобрениями продуктивность клевера относительно варианта с бинарной инокуляцией Гумаризом снизилась: урожайность зеленой массы на 4,2-6,9 т/га, сбор сухой массы – на 1,05-1,72 т/га, кормовых единиц – на 0,76-1,24 т/га, выход переваримого протеина – 0,12-0,19 т/га, обменной энергии – 8,44-13,86 ГДж.

Обработка семян клевера микроэlementными удобрениями без инокуляции ризоторфином и Гумаризом оказалась менее эффективным приемом. Так, сбор сухого вещества по отношению к варианту Гумариз + микроэlementные удобрения снизился на 1,63-2,41 т/га (19,0-25,5 %), кормовых единиц – 1,19-1,74 т/га (19,3-25,6 %), переваримого протеина – 0,19-0,27 (20,0-25,7 %). Продуктивность клевера паннонского 2-го года пользования по отношению к показателям 1-го года пользования увеличилась, урожай зеленой массы по вариантам опыта составил 30,8-51,8 т/га, сбор сухого вещества – 7,73-12,95 т/га, кормовых единиц – 5,54-8,25 т/га, переваримого протеина – 0,86-1,45 т/га, обменной энергии – 61,9-104,2 ГДж. Наибольшая продуктивность

клевера также сформировалась при использовании для обработки семян в год посева биопрепарата Гумариз совместно с микроэlementным удобрением Мегамикс-Семена, сбор зеленой массы составил 51,8 т/га, сухого вещества – 12,95 т/га, кормовых единиц – 9,31 т/га, переваримого протеина – 1,45 т/га и обменной энергии – 104,2 ГДж (табл. 2).

При комплексной обработке семян биопрепаратом Гумариз совместно с микроэlementными удобрениями Мегамикс-Семена, Микромак, Гумат К/Na и НаноКремний складывались наиболее благоприятные условия для формирования элементов структуры и семенной продуктивности клевера паннонского. Так, число генеративных побегов варьировало от 4,14 до 4,68 млн.шт./га, количество семян в головке – от 41 до 46 шт., количество семян на растении от 170 до 215 шт., продуктивность индивидуального растения – от 0,67 до 0,90 г, масса 1000 семян – от 3,94 до 4,18 г.

Урожайность семян клевера паннонского 1-го года пользования в среднем за два года составила по вариантам опыта 0,53-0,78 кг/га, в контроле – 0,36 т/га. Наиболее продуктивными были агроценозы клевера паннонского при комплексной обработке семян в год посева биопрепаратом Гумариз совместно с микроэlementными удобрениями, урожай се-

Таблица 2. Продуктивность клевера паннонского, 2015-2017 гг.

Вариант	1-й год пользования				2-й год пользования			
	Сбор сухого вещества, т/га	Выход с 1 га		Урожайность семян, т/га	Сбор сухого вещества, т/га	Выход с 1 га		Урожайность семян, т/га
		Переваримого протеина, т	Обменной энергии, ГДж			Переваримого протеина, т	Обменной энергии, ГДж	
Без обработки (к)	5,82	0,65	45,35	0,36	6,32	0,71	49,12	0,43
Обработка семян ризоторфином	7,69	0,86	60,24	0,53	8,24	0,92	64,44	0,64
Обработка семян Гумаризом	9,73	1,33	76,71	0,66	10,95	1,22	86,11	0,79
НаноКремний	9,17	1,02	72,01	0,62	10,16	1,13	79,71	0,74
Мегамикс-Семена	9,96	1,58	78,48	0,66	11,17	1,25	88,4	0,79
Ризоторфин + НаноКремний	9,81	1,1	77,29	0,69	10,56	1,19	83,41	0,82
Ризоторфин + Мегамикс-Семена	10,67	1,19	84,16	0,71	11,64	1,29	91,64	0,90
Гумариз + НаноКремний	11,19	1,25	88,36	0,72	11,97	1,34	94,83	0,87
Гумариз + Мегамикс-Семена	12,39	1,38	98,03	0,78	13,47	1,51	106,75	0,93
НСР ₀₅	2015 г.	3,3		0,025	-			-
	2016 г.	3,2		0,022	2,7			0,032
	2017 г.	3,0		0,021	2,5			0,030

мян составил 0,72-0,78 т/га, по отношению к контролю увеличился в 2,0-2,2 раза, при инокуляции семян ризоторфином совместно с изучаемыми микроэлементными удобрениями – на 5,3-10,3 %, при монообработке микроэлементными удобрениями – на 15,8-18,1 %. Максимальный урожай семян 0,78 т/га получен в варианте Гумариз + Мегамикс-Семена, что превышает контрольные показатели в 2,2 раза. Во второй год пользования семенная продуктивность клевера паннонского в сравнении с показателями первого года пользования увеличилась и составила по вариантам опыта 0,63-0,93 т/га. Наибольшая урожайность семян клевера паннонского получена на варианте Гумариз + Мегамикс-Семена – 0,93 т/га/га, в контроле – 0,43 т/га (табл. 2).

Масса семян с растения имеет тесную связь ($r_{1 \text{ г.п.}} = 0,79$; $r_{2 \text{ г.п.}} = 0,86$) с урожайностью семян клевера паннонского. Эта зависимость выражается уравнениями регрессии следующего вида $Y = -3,99 + 1,25x$ (1-й год пользования), $Y = 20,90 + 5,372x$ (2-й год пользования), где Y – урожайность семян (т/га), x – масса семян с растения (г/растение.)

Наибольший экономический эффект получен при комплексной обработке семян клевера паннонского бактериальным препаратом Гумариз совместно с жидким минеральным удобрением Мегамикс-Семена, при возделывании на семена уровень рентабельности составил 185,0 %, на кормовые цели – 147,9 %. Применение микроэлементного удобрения Мегамикс-Семена совместно с бактериальным препаратом Гумариз для обработки семян обеспечивает наибольший энергетический доход, при возделывании на семена – 90,99 ГДж/га, КЭЭ – 2,19 ед., на кормовые цели – 22,32 ГДж/га, КЭЭ – 1,85 ед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для повышения продуктивности клевера паннонского сорта Аник рекомендуется обработку семян проводить био-препаратом Гумариз 600 г (на гектарную норму семян) совместно с микроэлементным удобрением Мегамикс-Семена 2 л/т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трепачев Е.П.* Биологический и минеральный азот в земледелии: пропорции и проблемы // Сельскохозяйственная биология. 1980. Т. 15. № 2. С. 178-189.
2. *Умаров М.М.* Роль микроорганизмов почв в балансе азота в биосфере // Почвы - национальное достояние России // Материалы IV съезда Доку-

- чаевского общества почвоведов. Новосибирск: «Наука-центр», 2004. Кн.1. С. 373-375.
3. *Жученко А.А.* Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. 780 с.
4. *Базилинская М.В.* Использование биологического азота в земледелии. Москва: ВНИИТЭИСХ, 1985. 56 с.
5. *Прянишников Д.Н.* Об увеличении прихода биологического азота. Перспективный азотный баланс в земледелии // Избранные сочинения. М, 1963. Т. 3.
6. *Мишустин Е.Н., Шильникова В.К.* Биологическая фиксация атмосферного азота. М: Наука, 1968. – 532 с.
7. *Вавилов П.П., Посыпанов Г.С.* Бобовые культуры и проблема растительного белка. М: Россельхозиздат, 1983. С. 92-111.
8. *Федоров М.В.* Биологическая фиксация азота атмосферы. М.: Сельхозгиз, 1952. 503 с.
9. *Кожемяков А.П., Тихонович И.А.* Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве // Доклады Россельхозакадемии. 1998. № 6. С. 7-10.
10. Биологическая фиксация азота / *В.К. Шумный, К.К. Сидорова, И.Л. Кливенская и др.* Новосибирск: Наука, 1991. 268 с.
11. *Кшикаткина А.Н.* Козлятник восточный: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2001. 287 с.
12. *Кшикаткина А.Н.* Клевер паннонский: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. 318 с.
13. *Пейве Я.В.* Биохимическая роль молибдена и применение его в сельском хозяйстве // Микроэлементы и урожай. Рига: Изд. АН ЛатвССР, 1961. С. 7-27.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1989. 335 с.
15. Методическое указание по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / *Ю. К. Новоселов и др.* М.: ВИК, 1997. 156 с.
16. *Мильто Н.М.* Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. Минск: Наука и техника, 1982. 296 с.
17. *Гукова М.М.* Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Москва. 1974. 36 с.
18. *Доросинский Л.М.* Бактериальные удобрения дополнительное средство повышения урожая. М: Россельхозиздат, 1965. 97 с.
19. *Посыпанов Г.С.* Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка. М, 1993. 272 с.
20. *Жизневская Г.Я.* Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений. М: Наука, 1972. 345 с.

**BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION PANNONIAN CLOVER (TRIFOLIUM PANNONICUM JACQ.)
IN CONDITIONS MIDDLE VOLGA REGION**

© 2018 A.N. Kshnikatkina, P.G. Alenin, A.A. Galiullin, S.A. Kshnikatkin

Penza State Agricultural University

Application in the technology of cultivation of clover pannonian micro-element fertilizer NanoSilicon, Megamix-Seeds and biological products risotorphine, Gomariz enhanced symbiotic activity of the agrocenoses of the pannonian clover first year of use, the number and weight of nodules in the active phase of budding relative to the control increased by 28.8-154.9 mln/ha and of 77.2-240.8 kg/ha. Maximum rate of ASP clover pannonian 219.3 mln. units/ha with a mass 876,9 kg/ha was in the processing humanism with the drug Megamix-Seeds. Bacterial preparations and micronutrient fertilizers had a significant impact on the formation of photosynthetic activity of agrocenoses of clover pannonsky. The best performance of the photosynthetic apparatus obtained from the processing of seeds together with humanism Megamix-Seeds, assimilation surface area of clover pannonian 1st G. p. in the phase of Bud formation amounted to 51.5 thousand m²/ha, OP is 2.14 м²дн./ ha, NPF-4.98 g / m² * day. Integrated application of micronutrient fertilizers in conjunction with the biopesticide of Gomariz increases the collection of dry matter clover pannonian first year of use in relation to control at 4.88-6.55 t/ha, feed units – 3.51-4.71 t/ha, digestible protein – 0.55-0.73 t/ha, exchange energy – 39.18-52.65 GJ/ha, seed yield – 355.5-417.2 kg/ha.

Keywords: clover pannonian, bacterial preparations, integrated fertilizer with trace elements in chelate form, the parameters of the symbiotic activities, photosynthesis, forage and seed production.

*Anna Kshnikatkina, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the «Processing of Agricultural Products»
Department. E-mail: pererabotka_tehfak@mail.ru*

*Pavel Alenin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
of «Management, Economy and Law» Department.
E-mail: alenin.p.g@pgau.ru*

*Albert Galiullin, Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the «Processing of agricultural
products» Department. E-mail: galiullin.a.a@pgau.ru*

*Sergey Kshnikatkin, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor of «Fundamentals of Design of Mechanisms and
Machines» Department. E-mail: kshnikatkin.s.a@pgau.ru*