АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ И КОМПЛЕКСНЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ПАННОНСКОГО

С. А. Кшникаткин, доктор с.-х. наук, профессор; Н. А. Карпов, аспирант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»,
Россия, т. 8(8412)62-83-75, e-mail: kshnikatkin@yandex. ru

Представлены результаты исследований влияния бактериальных препаратов и комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме на формирование параметров фотосинтеза, симбиотической активности и продуктивности клевера паннонского сорта АНИК. Установлено, что инокуляция семян биопрепаратами ассоциативной группы и комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме активизировали ростовые, формообразовательные процессы, симбиотическую и фотосинтетическую деятельность растений клевера паннонского. Количество и масса активных клубеньков по отношению к контролю увеличилась соответственно на 29,2-167,6 млн. шт./га и 77,7-564,1 кг/га. Максимальные параметры симбиоза агроценоза клевера паннонского (активных клубеньков 221,8 млн. шт./га с массой 893,7 кг/га) сформировались при инокуляции семян клевера биопрепаратом Гумариз совместно с кремнийсодержащим препаратом НаноКремний. Площадь листьев агроценозов клевера паннонского первого года использования в среднем за два года по вариантам опыта составила 37,6-53,6 тыс. м²/га в сравнении с контролем увеличилась в 1,3-1,9 раза. Наибольшие показатели листовой поверхности клевера 53,6 тыс. м²/га отмечены при комплексной обработке семян Гумаризом совместно с препаратом НаноКремний, контроль – 28,7 тыс. м²/га. В среднем за два года сбор сухого вещества клевера паннонского первого года пользования по вариантам опыта составил 7,29-12,48 т/га, кормовых единиц – 5,25-9,05 т/га, переваримого протеина – 0,8-1,39 т/га, обменной энергии – 58,69-100,47 ГДж. Наибольшая продуктивность клевера паннонского получена при инокуляции семян биопрепаратом Гумариз совместно с препаратом НаноКремний: сухого вещества – 12,48 т/га, кормовых единиц – 9,05 т/га, переваримого протеина – 1,39 т/га; урожайность семян клевера составила 786,8 кг/га, что в 2,2 раза превышает показатели контроля; рентабельность при возделывании на семена – 187,3 %, на кормовые цели – 149,6 %, коэффициент энергетической эффективности – 2,24 и 1,89 ед.

Ключевые слова: инокуляция, клевер паннонский, биопрепараты, комплексные микроэлементные удобрения, параметры фотосинтеза, симбиотическая деятельность, продуктивность.

Введение

Важнейшая проблема сельского хозяйства – увеличение производства кормов, улучшение их качества и энергонасыщенности. В результате несовершенства структуры посевных площадей кормовых культур, особенно низкого удельного веса бобовых трав, в настоящее время снизились валовые сборы и качество кормов [1, 2].

В связи с этим, важное значение имеет организация адаптивного кормопроизводства за счет высокопродуктивных новых видов бобовых трав, которые обладают экологической пластичностью, высокой азотфиксирующей способностью, высокими кормовыми достоинствами, рационально используют биоклиматические ресурсы региона, с устойчивым семеноводством [3].

Одним из основных факторов экологизации и биологизации земледелия является фиксация азота ризобийным симбиозом бобовых растений. Использование биологического азота в земледелии обеспечивает снижение энергозатрат, экономию материальных ресурсов, уменьшает загрязнение окружающей среды продуктами деградации азотных удобрений [4-6].

При оптимизации условий для функционирования бобово-ризобийного симбиоза можно увеличить эффективность нитрагинизации [5, 7].

Важным элементом адаптивных, ресурсосберегающих технологий кормовых культур является инокуляция семян бактериальными препаратами, применение комплексных удобрений с микроэлементами в

хелатной форме и регуляторов роста, которые обеспечивают растения недостающими микроэлементами, способствуют повышению эффективности бобово-ризобийного симбиоза, урожайности и устойчивости к стрессовым факторам внешней среды и патогенам [3, 8, 9]. Одним из направлений является применение нанотехнологий, активных нанодобавок, в которых в качестве активаторов обменных процессов и стимуляторов роста применяются микроэлементы [10].

В связи с этим, научное и практическое значение имеет изучение повышения азотфиксирующей деятельности агроценозов клевера паннонского.

Цель исследований – изучить влияние инокуляции семян бактериальными препаратами и комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме на формирование параметров симбиотической активности и продуктивности клевера паннонского АНИК.

Методы и материалы

Исследования проводились в ООО Агрофирма «Биокор-С» Мокшанского района Пензенской области на черноземе выщелоченном среднегумусном тяжелосуглинстом, содержание гумуса в пахотном слое 6,5 %, подвижного фосфора – 55 мг/кг почвы, обменного калия – 177 мг/кг почвы, обеспеченность подвижными формами микроудобрений низкая, $pH_{\text{сол}}$ 5,4.

Объект исследований – клевер паннонский сорта АНИК. Предшественник озимая пшеница, площадь делянки – 15 м², повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. Инокуляцию семян бактериальными препаратами и обработку микроудобрениями проводили в день посева. Агротехника в опыте – общепринятая для многолетних бобовых трав в Пен-

зенской области. Концентрация препарата принята согласно установленным рекомендациям: Мегамикс-Семена (2 л/т), Мегамикс-Азот (1 л/т). НаноКремний (1 л/т), Цитовит (1 л/т), Симиплант (1 л/т), Гумат К/Na (0,15 л/т), Агрика + микроэлементы (1 л/т), Ризоторфин 600 г, Гумариз 600 г (гектарная норма).

Закладка опытов и проведение исследований осуществлялись в соответствии с методическими указаниями [11-13].

Результаты

Семена в момент прорастания обладают высокой пластичностью и восприимчивостью к изменениям условий окружающей среды, поэтому инокуляция семян клевера паннонского бактериальными препаратами и обработка микроудобрениями оказала полифункциональное действие. Полевая всхожесть в среднем за два года по отношению к контролю увеличилась на 5,6-12,4 %. Наибольшее стимулирующее действие оказала обработка семян биопрепаратом Гумариз совместно с микроэлементным удобрением НаноКремний, показатели полевой всхожести увеличились на 12,6 %, сохранности растений в конце вегетации – 13,2 %, после перезимовки – 12,6 %, масса сухих корней увеличилась в 2,4 раза.

При анализе формирования симбиотической деятельности агроценозов клевера паннонского первого года пользования установлено, что инокуляция семян биопрепаратами и микроэлементными удобрениями способствовала активизации симбиотической деятельности, количество и масса активных клубеньков по отношению к контролю по вариантам опыта увеличилась на 29,2-167,6 млн. шт. и 77,7-564,2 кг/га. Максимальные параметры симбиоза агроценоза клевера паннонского активных клу-

Таблица 1

Количество и масса активных клубеньков агроценозов клевера паннонского (фаза бутонизации)

Вариант	Первый год пользования (2019-2020 гг.)	Второй год пользования (2020 г.)
Без обработки (к)	54,2/329,6	68,2/411,6
Обработка семян ризоторфином	83,4/407,3	105,3/509,7
Обработка семян Гумаризом	167,6/598,4	210,4/998,6
НаноКремний	184,7/668,»	235,6/832,8
Мегамикс-Семена	179,6/658,3	226,7/82,5
Цитовит	177,2/656,5	220,3/818,9
Ризоторфин + НаноКремний	218,2/883,5	275,4/1105,8
Ризоторфин Мегамикс-Семена	212,8/848,6	264,3/1060,3
Ризоторфин + Цитовит	206,8/813,7	258,9/1018,4
Гумариз + НаноКремний	221,8/893,7	283,4/1119,6
Гумариз + Мегамикс-Семена	217,6/878,9	274,3/1098,7
Гумариз + Цитовит	212,7/844,6	362,7/1059,3

Фотосинтетическая деятельность агроценозов клевера паннонского

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га		ФП, млн. м ² дн./га		ЧПФ, г/м ² в сутки	
	Первый год пользования (2019-2020 гг.)	Второй год пользования (2020 г.)	Первый год пользования (2019-2020 гг.)	Второй год пользования (2020 г.)	Первый год пользования (2019-2020 гг.)	Второй год пользования (2020 г.)
Без обработки семян	28,7	36,2	1,58	1,19	2,91	3,34
Обработка семян ризоторфином	37,6	43,7	1,62	1,86	2,98	3,39
Обработка семян Гумаризом	43,2	48,6	1,79	2,06	3,92	4,58
НаноКремний	44,6	50,8	1,98	2,23	4,28	4,82
Мегамикс-Семена	44,3	49,4	1,91	2,14	4,16	4,65
Цитовит	43,9	48,7	1,89	2,11	4,13	4,58
Ризоторфин + НаноКремний	49,5	55,9	2,18	2,49	4,82	5,35
Ризоторфин + Мегамикс-Семена	48,2	54,8	2,05	2,41	4,73	5,17
Ризоторфин + Цитовит	47,5	53,6	2,01	2,36	4,59	5,08
Гумариз + НаноКремний	53,6	60,5	2,29	2,58	5,06	5,87
Гумариз + Мегамикс-Семена	52,1	58,9	2,13	2,43	4,92	5,68
Гумариз + Цитовит	51,9	57,2	2,08	2,39	4,81	5,78

беньков 221,8 млн. шт./га с массой 893,7 кг/га сформировались при инокуляции семян клевера Гумаризом совместно с препаратом НаноКремний. Аналогичные показатели симбиотической деятельности отличаются и в агроценозах клевера паннонского второго года пользования. Наибольшее количество активных клубеньков 275,4 млн. шт./га с массой 1105,8 кг/га сформировалось при бинарной обработке семян клевера паннонского биопрепаратом Гумариз и препаратом НаноКремний (табл. 1).

А. А. Ничипорович (1970) утверждает, что в процессе фотосинтеза образуется до 90-95 % сухой биомассы растений, поэтому в формировании урожая этому процессу принадлежит ведущая роль [14].

Поиск приемов, обеспечивающих благоприятные условия для поглощения и максимального использования солнечной энергии, является актуальной задачей. Проведенные исследования показали, что бактериальные препараты и микроэлементные удобрения обеспечивают увеличение параметров фотосинтеза агроценозов клевера паннонского. Так, площадь листьев агроценозов клевера паннонского первого года пользования по вариантам опыта, в среднем за два года, составила 37,6-53,6 тыс. м²/га, по отношению к контролю увеличилась на 8,9-24,9 тыс. м²/га или в 1,3-1,9 раза. Наибольшие показатели листовой поверхности клевера паннонского 53,6 тыс. м²/га отличны при инокуляции семян Гумаризом совместно с препаратом НаноКремний, контроль – 28,7 тыс. м²/га (табл. 2).

Оптимизация условий бобово-ризобильного симбиоза, интенсивное формирование параметров фотосинтеза, обусловленный экзогенной обработкой семян биопрепаратами и комплексными микроэлементами, способствовали увеличению продуктивности клевера паннонского. В среднем за два года сбор сухого вещества клевера паннонского первого года пользования по вариантам опыта составил 7,29-12,48 т/га, кормовых единиц – 5,25-9,05 т/га, переваримого протеина – 0,81-1,39 т/га, обменной энергии – 58,69-100,47 ГДж. Наибольшая продуктивность клевера паннонского получена при инокуляции семян биопрепаратом Гумариз совместно с препаратом НаноКремний: сухого вещества – 12,48 т/га, кормовых единиц – 9,05 т/га, переваримого протеина – 1,39 т/га. Контроль соответственно – 5,35, 3,86, 0,60 (табл. 3).

При комплексной экзогенной обработке семян биопрепаратом Гумариз совместно с микроэлементными удобрениями НаноКремний, Мегамикс-Семена и Цитовит складывались более благоприятные условия для формирования элементов структуры и семенной продуктивности клевера паннонского сорта АНИК, чем при монообработке изучаемыми агрохимикатами. При этом количество генеративных побегов составило по вариантам опыта 4,18-4,72 млн. шт./га, семян в головке – 43-49 шт., семян на растении – 179-223 шт., продуктивность индивидуального растения – 0,69-0,98 г, масса 1000 семян – 3,96-4,25 г.

Продуктивность клевера паннонского

Вариант	Первый год пользования				Второй год пользования				Урожайность семян, кг/га
	СВ, т/га	Корм. ед., т/га	ПП, т/га	ОЭ, ГДж	СВ, т/га	Корм. ед., т/га	ПП, т/га	ОЭ, ГДж	
Без обработки семян	5,35	3,86	0,60	42,85	5,84	4,18	0,65	46,6	359,4
Обработка семян ризоторфином	7,29	5,25	0,81	58,69	7,75	5,58	0,87	62,1	528,6
Обработка семян Гумаризом	9,28	6,69	1,03	74,72	10,15	7,27	1,13	81,3	658,9
НаноКремний	9,76	7,05	1,08	78,59	10,68	7,65	1,19	85,5	667,5
Мегамикс-Семена	9,46	6,84	1,05	76,16	10,35	7,42	1,16	82,9	658,3
Цитовит	9,39	6,74	1,04	75,61	10,27	7,36	1,15	82,2	650,2
Ризоторфин + НаноКремний	11,06	7,96	1,23	89,05	12,10	8,67	1,35	96,9	716,8
Ризоторфин + Мегамикс-Семена	10,23	7,35	1,14	82,36	11,19	8,02	1,25	89,6	704,5
Ризоторфин + Цитовит	9,76	7,08	1,09	78,58	10,68	7,65	1,19	85,5	698,7
Гумариз + НаноКремний	12,48	9,05	1,39	100,47	13,65	9,78	1,52	109,3	786,8
Гумариз + Мегамикс-Семена	11,89	8,57	1,32	95,72	13,01	9,32	1,04	104,2	774,6
Гумариз + Цитовит	11,28	8,14	1,26	90,81	12,34	8,84	0,97	98,8	762,8

Интегральным показателям, характеризующим влияние различных факторов на ростовые, формообразовательные и физиолого-биохимические процессы, происходящие в растениях, является урожайность.

Урожайность семян клевера паннонского первого года пользования в среднем за два года варьировала по вариантам опыта от 528,6 до 786,8 кг/га, превышение по отношению к контролю составило 169,2-437,4 кг/га. Наибольшая урожайность семян клевера паннонского 786,8 кг/га получена при комплексной инокуляции семян биопрепаратом Гумариз совместно с НаноКремнием, что в 2,2 раза превышает показатели контрольного варианта (табл. 3).

Наибольший экономический и энергетический эффект получен при бинарной обработке семян клевера паннонского бактериальным препаратом Гумариз совместно с микроэлементным удобрением НаноКремний, при возделывании на семена уровень рентабельности составил 187,3 %, на кормовые цели – 149,6 %, коэффициент энергетической эффективности соответственно – 2,24 и 1,89 ед.

Заключение

Инокуляция семян бактериальными препаратами и комплексными микроэлементными удобрениями способствовала увеличению семенной и кормовой продуктивности клевера паннонского сорта АНИК.

Литература

1. Шпаков А. С. Основные направления развития и научное обеспечение полевого кормопроизводства в современных условиях. Кормопроизводство, 2007, № 5, с. 8-11.
2. Новоселов Ю. К., Альяшев А. И. Состояние и аспекты развития полевого кормопроизводства. Кормопроизводство, 2002, № 7, с. 4.
3. Кшникаткина А. Н. Клевер паннонский: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2015, 315 с.
4. Федоров М. В. Биологическая фиксация азота атмосферы. Москва: Сельхозгиз, 1952, 503 с.
5. Мишустин Е. Н. Биологический азот и его значение в сельском хозяйстве. Вестник АН СССР, 1979, № 3, с. 59-68.
6. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка. Москва, 1993, 272 с.
7. Трепачев Е. П. Биологический и минеральный азот в земледелии: плодородие и проблемы. Сельскохозяйственная биология, 1980, т. 15, № 2, с. 178-189.
8. Кшникаткина А. Н., Семенчев А. В. Урожайность семян клевера паннонского (*Trifolium repens* Jacq.) при различных режимах питания. Вестник Ульяновской ГСХА, 2013, № 2 (22), с. 21-24.
9. Кшникаткина А. Н., Гришин Г. Е., Галиуллин А. А., Еськин В. Н., Кшникаткин С. А. Семеноводство нетрадиционных кормовых культур: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2007, 353 с.
10. Федоренко В. Ф., Ерохин М. Н., Балабанов В. И., Буклагин Д. С., Голубев И. Г., Ищенко С. А. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе. Научное Издание. Москва, ФГБНУ «Росинформагротех», 2011, 312 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1989, 335 с.
12. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва: ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, 1997, 156 с.

13. Богомазов С. В., Ткачук О. А., Павликова Е. В. Основы научных исследований в агрономии. Часть 1. Основы методики исследований. Пенза: РИО ПГСХА, 2014, 170 с.
14. Ничипорович А. А. Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. Москва: Колос, 1970, 320 с.
15. Semina S. A., Kshnikatkin S. A., Zheryakov E. V., Gavryushina I. V., Sharunov O. A. Fertilizers, growth regulator and biochemical composition of plant. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017, v. 8, № 6, p. 775 -777.
16. Kshnikatkina A. N., Alenin P. G., Kshnikatkin S. A. The yield and quality of hulless barley under foliar fertilization with microelement fertilizer in conditions of forest steppe of the middle volga region. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018, v. 9, № 2, p. 90-94.

UDC 633.32+631.847.2

DOI 10.36461/NP.2020.2.55.005

AGROECOLOGICAL EFFICIENCY OF SEED INOCULATION WITH BACTERIAL FERTILIZERS AND COMPLEX MICRO-ELEMENT FERTILIZERS IN RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF GROWING HUNGARIAN CLOVER

*S. A. Kshnikatkin, Doctor of Agricultural Sciences, professor,
N. A. Karpov, a post-graduate student*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State Agrarian University»,
Russia, Phone: 8(8412)62-83-75, e-mail: kshnikatkin@yandex. ru

The results of studies of the effect of bacterial and complex fertilizers with microelements in chelated form on the formation of the parameters of photosynthesis, symbiotic activity, and productivity of Hungarian clover of the ANIK variety are presented. It was found that inoculation of seeds with biologics of the associative group and complex fertilizers with microelements in chelated form activated growth, morphogenesis, the symbiotic and photosynthetic activity of Pannonian clover plants. The number and weight of active nodules in relation to the control increased by 29.2-167.6 million units/ha and 77.7-564.1 kg/ha, respectively. The maximum parameters of the symbiosis of agrocenosis of Hungarian clover (active nodules - 221.8 million pcs/ha with a mass of 893.7 kg/ha) were formed during the inoculation of clover seeds with the biological fertilizer Gumariz together with the silicon-containing preparation NanoKremny. The leaf area of Hungarian clover agrocenoses of the first year of use amounted on average to 37.6-53.6 thousand m²/ha for two years according to the experimental variants. In comparison with the control, it increased by 1.3-1.9 times. The highest indices of the clover leaf surface (53.6 thousand m²/ha) were observed during the integrated treatment of seeds with Gumariz together with NanoKremny, in the control - 28.7 thousand m²/ha. On average, over two years, the collection of dry matter of Hungarian clover of the first year of use according to the experimental variants amounted to 7.29-12.48 t/ha, of feed units - 5.25-9.05 t/ha, of digestible protein - 0.8 -1.39 t/ha, of exchange energy - 58.69-100.47 GJ. The highest productivity of Hungarian clover was obtained by inoculating seeds with the Gumariz biological product together with the NanoKremny preparation: dry matter - 12.48 t/ha, feed units - 9.05 t/ha, digestible protein - 1.39 t/ha; the yield of clover seeds was 786.8 kg/ha, which was 2.2 times higher than the control indicators; profitability when cultivating for seeds - 187.3 %, for fodder purposes - 149.6 %, energy efficiency coefficient - 2.24 and 1.89 units.

Keywords: inoculation, Hungarian clover, biologics, complex microelement fertilizers, photosynthesis parameters, symbiotic activity, productivity.

References:

1. Shpakov A. S. The main directions of development and scientific support of field fodder production in modern conditions. Fodder Production, 2007, № 5, p. 8-11.
2. Novoselov Yu. K., Alyashev A. I. The state and aspects of the development of field fodder production. Fodder Production, 2002, № 7, p. 4.
3. Kshnikatkina A. N. Hungarian clover: a monograph. Penza: RIO PSAA, 2015, 315 p.
4. Fedorov M. V. Biological fixation of atmospheric nitrogen. Moscow: Selkhozgiz, 1952, 503 p.
5. Mishustin E. N. Biological nitrogen and its importance in agriculture. Vestnik AS USSR, 1979, № 3, p. 59-68.
6. Posypanov G. S. Biological nitrogen. Problems of Ecology and Plant Protein. Moscow, 1993, 272 p.
7. Trepachev E. P. Biological and mineral nitrogen in agriculture: fertility and problems. Agricultural Biology, 1980, v. 15, № 2, p. 178-189.
8. Kshnikatkina A. N., Semenchev A. V. Productivity of seeds of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) under various dietary conditions. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2013, № 2 (22), pp. 21-24.

9. Kshnikatkina A. N., Grishin G. E., Galiullin A. A., Eskin V. N., Kshnikatkin S. A. Seed production of non-traditional forage crops: monography. Penza: RIO PSAA, 2007, 353 p.
10. Fedorenko V. F., Erokhin M. N., Balabanov V. I., Buklagin D. S., Golubev I. G., Ishchenko S. A. Nanotechnology and nanomaterials in the agricultural sector. Scientific publication. Moscow, Federal State Budgetary Scientific Institution «Rosinforma-groteh», 2011, 312 p.
11. Dospekhov B. A. Methodology of field experiment. Moscow: Kolos, 1989, 335 p.
12. Guidelines for conducting field experiments with fodder crops. Moscow: Research Institute of fodders n. a. V. R. Williams, 1997, 156 p.
13. Bogomazov S. V., Tkachuk O. A., Pavlikova E. V. Fundamentals of scientific research in agronomy. Part 1. Fundamentals of research methods. Penza: RIO PSAA, 2014, 170 p.
14. Nichiporovich A. A. The most important problems of photosynthesis in crop production. Moscow: Kolos, 1970, 320 p.
15. Semina S. A., Kshnikatkin S. A., Zheryakov E. V., Gavryushina I. V., Sharunov O. A. Fertilizers, growth regulator and biochemical composition of plant. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017, v. 8, № 6, p. 775 -777.
16. Kshnikatkina A. N., Alenin P. G., Kshnikatkin S. A. The yield and quality of hulless barley under foliar fertilization with microelement fertilizer in conditions of forest steppe of the middle volga region. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018, v. 9, № 2, p. 90-94.