

УДК 631.82:633.1

С. А. КАСЬЯНЧИК, Н. А. МИХАЙЛОВСКАЯ

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И АЗОБАКТЕРИНА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

Институт почвоведения и агрохимии

(Поступила в редакцию 27.04.2011)

Введение. Минеральные удобрения являются значимым фактором повышения урожайности многолетних злаковых трав и обеспечения продуктивного долголетия травостоев [1]. Многолетние травы отличаются интенсивным потреблением элементов питания, что обусловлено их биологическими особенностями, связанными с длительным периодом вегетации и проведением двух или более укосов.

В большинстве районов и хозяйств республики луговое кормопроизводство развивается на мелиорированных землях, где требуется адаптация системы удобрения многолетних трав к конкретным почвенно-климатическим условиям и способам сельскохозяйственного использования [2], при этом возрастает актуальность биологизации возделывания многолетних трав. Наибольший интерес представляют бактериальные удобрения на основе азотфиксирующих бактерий, так как ведущая роль в формировании урожая многолетних злаковых трав принадлежит азоту.

Азоспириллы признаны перспективными инокулянтами для целого ряда злаковых культур, включая разные виды злаковых трав. Агрономическая оценка эффективности 20-летнего применения азоспирилл, проведенная У. Okon et al. [3], свидетельствует об их способности повышать урожайность злаковых культур на почвах разного генезиса и в разных климатических регионах. К настоящему времени накоплен обширный экспериментальный материал по влиянию азоспирилл на урожайность злаковых культур в зонах умеренного и тропического климата [4–6].

В Беларуси также проведены исследования с зональным штаммом *Azospirillum brasilense* ВКПМ В-4485 [7], на основе которого в Институте почвоведения и агрохимии разработано бактериальное удобрение Азобактерин. Испытания на зерновых культурах показали его разностороннее положительное влияние на инокулированные растения. Установлено, что внесение Азобактерина стимулирует развитие корневой системы за счет продукции фитогормонов [8, 9], улучшает минеральное питание и повышает урожайность зерновых культур [9, 10].

Цель исследований – установить влияние минеральных удобрений и Азобактерина на урожайность и качество многолетних злаковых трав.

Материалы и методы исследований. Эффективность минеральных удобрений на злаковой и злаково-бобовой травосмеси изучена на осушенной дерново-глеевой легкой суглинистой почве, развивающейся на легком пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины около 0,3 м моренным средним суглинком (Минская обл., Копыльский р-н). Экспериментальный участок осушен закрытым дренажем, расстояние между дренами 27 м, глубина их закладки 1,5 м. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: pH_{KCl} 6,4, содержание гумуса (по Тюрину) – 7,4%, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 58 и 76 мг/кг почвы соответственно. Состав злаковой травосмеси: тимopheевка луговая (*Phleum pratense*), кострец безостый (*Bromus inermis*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*). В состав бобово-злаковой травосмеси входили те же виды злаковых трав и клевер луговой (*Trifolium pratense*). Фосфорные удобрения вносили один раз за сезон – весной в начале вегетации трав, азотные и калийные – дробно: 45% весной, 30% под вто-

рой укос и 25% под третий. Повторность в опыте четырехкратная. Метеорологические условия в годы исследований различались по сумме осадков и температур, гидротермические коэффициенты (ГТК) составили 1,6, 1,88, 1,74 и 1,42 при средней многолетней величине ГТК 1,56.

Эффективность бактеризации разных видов многолетних злаковых трав Азобактерином изучали в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на супеси рыхлой, подстилаемой с глубины 1,4 м моренным суглинком (Гомельская обл., Мозырский р-н). Агрохимические свойства почвы: гумус 1,2% (по Тюрину); pH_{KCl} 6,0–6,2; P_2O_5 – 160–180 мг/кг, K_2O – 180–190 мг/кг (по Кирсанову). Учетная площадь делянки – 6,4 м². Повторность в опыте четырехкратная. Тимофеевку луговую (*Phleum pratense*), овсяницу луговую (*Festuca pratensis*), кострец безостый (*Bromus inermis*) и ежу сборную (*Dactylis glomerata*) выращивали в одновидовых посевах при равных условиях минерального питания ($N_{30}P_{60}K_{90}$). Для предпосевной бактеризации семян трав использовали торфяной Азобактерин (титр $(3-4) \times 10^9$ КОЕ/г). Период исследований характеризовался засушливыми условиями и повышенной температурой воздуха, наибольший дефицит осадков отмечен в год закладки опыта (ГТК 0,60), последующие годы были относительно более благоприятными, ГТК составили 0,95, 1,12 и 1,05.

Для изучения эффективности Азобактерина в зависимости от уровня азотного питания проведен полевой опыт с ежой сборной (*Dactylis glomerata* L.) сорта Магутная. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на моренном суглинке. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: гумус – 1,0–1,2% (по Тюрину); pH_{KCl} 6,0–6,1; P_2O_5 18–190 мг/кг, K_2O 140–150 мг/кг (по Кирсанову). Схема опыта включала три уровня минерального питания: $P_{60}K_{90}$, $N_{30}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$. Аммофос и хлористый калий вносили весной перед посевом из расчета P_{60} и K_{90} . Учетная площадь делянки – 25 м². Повторность в опыте четырехкратная. Для предпосевной бактеризации семян использовали торфяной Азобактерин (титр $(1,5-1,9) \times 10^{10}$ КОЕ/г). Погодные условия в годы проведения исследований были близки к средним многолетним.

Активность азотфиксации в ризоплане многолетних трав определяли ацетиленовым методом на газовом хроматографе «Хром-4» с пламенно-ионизационным детектором [11] и выражали в мкг N_2 /г сырых корней (фаза колошения). Содержание элементов питания в урожае многолетних трав определяли методом ИК-спектрометрии.

Эффективность минеральных удобрений на злаковой травосмеси на осушенной дерново-глебоватой легкосуглинистой почве. Установлена зависимость урожайности злаковых трав по укосам от уровня минерального питания и погодных условий. На контроле без удобрений основная масса урожая за вегетационный период формировалась до 1-го укоса – 70% и более, на 2-й укос приходилось около 20% и на 3-й – 6–8%. Внесение минеральных удобрений продлевает период вегетации трав, изменяет соотношение урожая трав по укосам и позволяет в течение летнего сезона более равномерно получать массу многолетних трав. В первом укосе – 60–42%, во 2-м укосе – около 33% и в 3-м – 20–24%.

Результаты эксперимента на злаковом травостое показывают, что основным фактором повышения продуктивности злаковых трав являются азотные удобрения, за счет применения которых получено около 60% прибавки, на втором месте по значимости – калийные удобрения. Фосфорные удобрения без дополнительного внесения калия и азота оказались неэффективными. Отмечено, что увеличение ежегодной дозы NPK от 180 до 330 кг/га приводило к повышению продуктивности травосмеси (табл. 1).

При возделывании злаковой травосмеси установлено, что повышение дозы азотных удобрений на неизменном фоне РК увеличивает урожайность злакового травостоя. На каждый дополнительно внесенный килограмм азота получено 25–30 кг сухого вещества. Самая высокая отдача от азотных удобрений получена в вариантах $N_{120}P_{60}K_{90}$ и $N_{180}P_{60}K_{90}$ (см. табл. 1).

Исследования показали, что при увеличении возраста травостоя урожайность злаковых трав изменялась. Так, под влиянием использования одних азотных удобрений она из года в год снижалась из-за недостатка для питания почвенных запасов фосфора и калия. Отмечено значительное изреживание травостоя. Внесение фосфорно-калийного, а также полного минерального удобрения формировало стабильные по продуктивности травостои.

Т а б л и ц а 1. **Продуктивность злаковой травосмеси на осушенной дерново-глеевой легкосуглинистой почве (среднее за 4 года)**

Вариант опыта	Ежегодная доза NPK, кг/га	Урожайность	Прибавка	Окупаемость 1 кг NPK сухим веществом
		ц/га сухого вещества		
Контроль	—	46,4	—	—
N ₈₀ P ₄₀ K ₆₀	180	89,6	43,2	24,0
N ₁₂₀	120	76,9	30,5	25,4
P ₆₀	60	46,5	—	—
K ₉₀	90	58,8	12,4	13,8
N ₁₂₀ P ₆₀	180	86,6	40,1	22,3
N ₁₂₀ K ₉₀	210	79,1	32,7	15,6
P ₆₀ K ₉₀	150	60,1	13,7	9,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	270	111,8	65,4	24,2
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₉₀	330	128,0	81,6	24,7
НСР ₀₅		5,6		

Эффективность минеральных удобрений на бобово-злаковой травосмеси на осушенной дерново-глеевой легкосуглинистой почве. На бобово-злаковом травостое зависимость выхода трав по укосам от уровня минерального питания выражена слабее, чем на злаковом, однако сохраняется аналогичная направленность. Доля 1-го укоса в общем урожае составляет 55–75%, 2-го укоса – 36–25% и 3-го – от 15 до 6,7% в разные годы. Как правило, доля 3-го укоса трав возрастала при благоприятных ГТК вегетационного периода. Следует отметить увеличение доли 2-го укоса в общем урожае при внесении азотных удобрений под бобово-злаковые травосмеси.

Результаты эксперимента на бобово-злаковом травостое показывают, что применение удобрений позволило получить 104–108 ц/га сухого вещества при окупаемости 1 кг NPK 11,6–15,2 кг сухого вещества (табл. 2). Внесение повышенных доз фосфорно-калийных удобрений от P₆₀K₉₀ до P₁₀₀K₁₅₀ практически не увеличило урожайность: если окупаемость 1 кг удобрений при внесении P₆₀K₉₀ составляла 20,3 кг сухого вещества, а при внесении P₈₀K₁₂₀ – 15,2, то при дальнейшем росте доз каждый дополнительно внесенный килограмм удобрений окупался только 8,9 кг сухого вещества. Не отмечено существенных различий по действию доз P₁₂₀K₁₈₀ и P₁₄₀K₂₁₀.

Т а б л и ц а 2. **Продуктивность бобово-злаковой травосмеси на осушенной дерново-глеевой легкосуглинистой почве (среднее за 4 года)**

Вариант опыта	Ежегодная доза NPK, кг/га	Урожайность	Прибавка	Окупаемость 1 кг NPK сухим веществом
		ц/га сухого вещества		
Контроль	—	58,8	—	—
P ₆₀ K ₉₀	150	89,3	30,5	20,3
P ₈₀	80	71,4	12,6	15,8
K ₁₂₀	120	32,4	23,6	19,6
P ₈₀ K ₁₂₀	200	89,3	30,5	15,2
N ₅₀	50	80,4	21,6	43,2
P ₁₀₀ K ₁₅₀	250	90,2	31,4	12,5
P ₁₂₀ K ₁₈₀	300	97,1	38,3	12,8
P ₁₄₀ K ₂₁₀	350	102,7	43,9	12,5
P ₈₀ K ₁₂₀ + N ₅₀	250	100,8	42,0	16,8
P ₁₀₀ K ₁₅₀ + N ₅₀	300	97,5	38,6	12,9
P ₁₂₀ K ₁₈₀ + N ₅₀	350	107,9	49,1	14,0
P ₁₄₀ K ₂₁₀ + N ₅₀	400	105,2	46,4	11,6
P ₁₂₀ K ₁₈₀ + Mo	300	104,6	45,7	15,2
P ₁₂₀ K ₁₈₀ + Mo + N ₅₀	400	94,3	35,5	8,9
НСР ₀₅		4,3		

Отмечена высокая окупаемость азотных удобрений (50 кг/га д. в.) под 2-й укос, однако, при повышении уровня фосфорно-калийных удобрений эффективность азота снижается. Влияние невысоких доз азота на урожайность увеличивалось с возрастом травостоя. Так, наиболее высокая урожайность получена в вариантах $P_{140}K_{210}$, $P_{80}K_{120}$ и $P_{140}K_{210}$ с дополнительным внесением 50 кг/га азота, а также $P_{120}K_{180} + Mo$. Наиболее эффективно удобрения воздействовали на урожайность трав в вариантах $P_{80}K_{120} + N_{50}$ и $P_{120}K_{180} + N_{50}$ (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Эффективность азотных удобрений (N_{50}) на бобово-злаковом травостое (среднее за 4 года)

Вариант опыта	Урожай, ц/га сухого вещества		Прибавка от азота, ц/га	Окупаемость 1 кг азота, кг сухого вещества
	без азота	с азотом		
$P_{80}K_{120}$	80,3	100,8	11,5	23,0
$P_{100}K_{150}$	90,2	97,5	7,3	14,5
$P_{120}K_{180}$	97,1	107,9	10,8	10,8
$P_{140}K_{210}$	102,7	105,2	2,5	5,1

Сравнение продуктивности бобово-злаковой и злаковой травосмесей на дерново-глееватых почвах показало, что включение клевера лугового позволяет дополнительно получить 12,4 ц/га сухого вещества на варианте без удобрений. На фоне фосфорно-калийных удобрений также отмечено преимущество бобово-злаковой травосмеси: в варианте $P_{60}K_{80}$ урожайность злаковой травосмеси составила 60,1 ц/га, бобово-злаковой – 89,3 ц/га сухого вещества. На таком уровне удобрений на получение 1 ц сухого вещества на злаковом травостое затрачивается 11 НРК, на бобово-злаковом – 4,9 кг НРК.

В первый, второй и третий годы жизни травостоя, когда количество бобовых в нем составляло 30–35%, урожайность бобово-злакового варианта $N_{50}P_{80}K_{120}$ превосходила вариант $N_{120}P_{60}K_{90}$ на злаковом травостое. Таким образом, клевер луговой как компонент травосмесей на изучаемых почвах эффективен при внесении РК-удобрений и невысоких доз азота. С течением времени и изменением ботанического состава травосмеси его роль в формировании продуктивности трав снижается.

Эксперименты показали преимущество возделывания на дерново-глееватых осушенных почвах травосмесей злакового состава при получении урожаев выше 100 ц/га сухого вещества, однако, возделывание бобово-злаковых травосмесей дает возможность получать урожаи на уровне 50 ц к. ед. при экономии азотных удобрений.

Таким образом, оптимизация минерального питания и водного режима обеспечивает получение на осушенных дерново-глееватых почвах 86–89 ц/га сухого вещества многолетних злаковых трав и 104–108 ц/га бобово-злаковых трав. Наиболее рационально применение под бобово-злаковый травостой $P_{80}K_{120} - P_{120}K_{180}$ при дополнительном внесении под 2-й укос 50 кг/га азотных удобрений, а также $P_{120}K_{180} + Mo$. Наибольшую урожайность злаковых трав – 128–112 ц/га сухого вещества – обеспечило внесение $N_{120}P_{60}K_{90}$ и $N_{180}P_{60}K_{90}$. Увеличение доз РК-удобрений на неизменном уровне азота несущественно влияет на продуктивность злакового травостоя. При сбалансированном минеральном питании в течение 4 лет снижения продуктивности злакового травостоя не происходит.

Эффективность Азобактерина в зависимости от генотипа многолетних злаковых трав.

Для оценки роли генотипических особенностей возделывали многолетние злаковые травы – тимофеевку луговую, ежу сборную, овсяницу луговую и кострец безостый – в одновидовых посевах на общем фоне минерального питания ($N_{30}P_{60}K_{90}$). Бактеризация семян Азобактерином достоверно повышала урожайность изученных видов трав, однако отмечены существенные различия по их реакции на инокуляцию. В среднем за три года наибольший выход сухого вещества и уровень прибавок получали за счет бактеризации костреца безостого и ежи сборной: урожайность составила 6,14 и 5,59 т/га, прибавки – 0,91 и 0,83 т/га сухого вещества соответственно. Урожайность тимофеевки и овсяницы в среднем составила 4,68 и 3,98 т/га, прибавки от бактеризации также были ниже – 0,50 и 0,41 т/га соответственно (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Влияние Азобактерина на урожайность, содержание протеина в сухой массе и азотфиксацию в ризоплане многолетних злаковых трав (Мозырский р-н, Гомельская обл.)

Показатель	Кострец	Ежа	Тимофеевка	Овсяница
Выход сухого вещества, т/га:				
контроль	5,23	4,76	4,18	3,57
Азобактерин	6,14	5,59	4,68	3,98
Прибавка, т/га	0,91	0,83	0,50	0,41
НСР _{0,05}	0,39	0,43	0,4	0,35
Протеин, %:				
контроль	10,2	10,7	9,5	9,3
Азобактерин	13,6	12,9	11,1	11,0
НСР _{0,05}	1,60	1,45	1,24	1,35
N ₂ -фиксация:				
контроль	38	33	20	21
Азобактерин	133	99	52,5	50
Фактор повышения	3,5	3,0	2,6	2,4

П р и м е ч а н и е. Активность зотфиксации представлена в мкг N₂/г корней. То же для табл. 5.

Вариабельность ассоциативной азотфиксации у различных видов и сортов растений связывают с генотипическими различиями в корневой экссудации [11, 12]. Корневые выделения составляют около 30% всей продукции фотосинтеза и являются основным энергетическим источником для азотфиксаторов [11]. При равных экологических условиях эффект от бактеризации во многом обусловлен характером углеродного метаболизма растений, который определяет химический состав, количество, скорость выделения корневых метаболитов и их поступление в ризосферу [11, 13], что в итоге регулирует активность и длительность функционирования ассоциативной системы. С генотипом растений связана также способность к адгезии диазотрофов, их приживаемость и размножение в корневой зоне, что важно при использовании бактериальных удобрений.

Установлено, что применение Азобактерина сопровождалось значительным повышением азотфиксирующей активности в корневой зоне трав, при этом уровень нитрогеназной активности зависел от вида трав. В ризоплане костреца безостого и ежи сборной отмечена более высокая спонтанная нитрогеназная активность. При внесении бактериального удобрения азотфиксация в ризоплане костреца повышалась в 3,5 раза, ежи – в 3 раза. Более низкий уровень спонтанной азотфиксации отмечен в ризоплане тимфеевки и овсяницы, внесение Азобактерина приводило к повышению нитрогеназной активности в ризоплане трав в 2,5 раза (см. табл. 4). Экспериментальные данные указывают на существенную роль генотипа растений в формировании и активности ассоциаций. Нитрогеназная активность также находится в прямой зависимости от фотосинтетической деятельности макробионта, в связи с этим следует ожидать различий по величине эффекта от бактеризации.

Данные по активности азотфиксации в корневой зоне трав коррелируют с урожайностью и содержанием протеина в продукции (см. табл. 4). Применение Азобактерина приводило к достоверному повышению содержания сырого протеина в урожае многолетних трав на протяжении трех лет пользования. Наиболее значительное повышение содержания белка отмечено в урожае костреца безостого (с 10,2 до 13,6%) и ежи сборной (с 10,7 до 12,9%). Эти данные согласуются с тем, что в ризоплане костреца и ежи отмечен более высокий уровень азотфиксации как спонтанной, так и за счет бактеризации, что указывает на взаимосвязь азотфиксирующего потенциала с процессами синтеза белка у разных представителей многолетних злаковых трав.

Таким образом, исследованиями установлено, что бактериальное удобрение Азобактерин является эффективным инокулянтом для основных видов многолетних злаковых трав, возделываемых в Беларуси, обеспечивает повышение урожайности и улучшение качества травяных кормов. При равных экологических условиях величина эффекта от бактеризации зависит от генотипических особенностей трав, которые определяют функционирование и активность азотфиксирующей ассоциации и соответствующее влияние на урожайность и содержание протеина в продукции. Наибольший выход сухого вещества, уровень прибавок и содержание белка в продукции получены за счет бактеризации костреца безостого и ежи сборной, менее отзывчивы на инокуляцию тимфеевка луговая и овсяница луговая.

Эффективность Азобактерина в зависимости от уровня азотного питания ежи сборной.

Оценка активности азотфиксации в корневой зоне показала ее существенную зависимость от внесения бактериального удобрения и дозы азотного удобрения. За счет внесения Азобактерина активность азотфиксации в ризоплане ежи сборной на фоне РК-удобрений повышалась в 1,7 раза, на фоне N_{30} – в 3,4 раза, на фоне N_{60} – в 3,8 раза (табл. 5). Не отмечено депрессии азотфиксирующей активности при повышении дозы азота до N_{60} . Показано, что на дерново-подзолистой супесчаной почве на моренном суглинке оптимальная доза минерального азота для ежи сборной находится на уровне N_{60} .

Т а б л и ц а 5. Агрономическая и экономическая эффективность Азобактерина при возделывании ежи сборной на дерново-подзолистой супесчаной почве на моренном суглинке (Мозырский р-н, Гомельская обл.)

Показатель	Вариант опыта		
	$P_{60}K_{90}$	$N_{30}P_{60}K_{90}$	$N_{60}P_{60}K_{90}$
Выход сухого вещества, т/га:			
контроль	31,1	51,3	62,5
Азобактерин	36,9	60,5	76,4
Прибавка, т/га	5,8	9,2	13,9
НСР _{0,05}	4,6		
Протеин,%:			
контроль	8,6	10,2	11,6
Азобактерин	13,0	13,4	14,6
НСР _{0,05}	1,8		
N_2 -фиксация:			
контроль	45	76	88
Азобактерин	77	260	334
Фактор повышения	1,7	3,4	3,8
Стоимость дополнительного урожая, долл. США	17,8	42,7	35,0
Затраты на уборку, долл. США	4,1	9,9	8,1
Стоимость Азобактерина, долл. США	3,5		
Затраты на внесение Азобактерина, долл. США	0,5		
Всего затрат, долл. США	8,1	13,9	12,1
Чистый доход, долл. США	9,7	28,8	22,9
Рентабельность, %	119	207	189

В течение трех лет пользования бактериализация семян ежи сборной Азобактерином обеспечивала прибавки урожайности, уровень которых зависел от уровня азотного питания (см. табл. 5).

Наибольший эффект от бактериализации ежи сборной отмечен при внесении N_{60} . Этот уровень азотного питания рассматривается в качестве оптимального по следующим показателям: высокая урожайность сухого вещества – 76,4 ц/га, высокая прибавка от бактериализации – 13,9 ц/га, рентабельность – 189% и чистый доход – 22,9 долл. США (см. табл. 5).

Одним из важных аспектов взаимодействия diazotрофов с высшими растениями является их влияние на качество продукции. Научная информация по этому вопросу очень ограничена, в особенности по многолетним злаковым травам. Азотфиксация представляет собой много-ступенчатый процесс, катализируемый сложным ферментным комплексом нитрогеназой. В клетках микроорганизмов азотфиксация протекает по восстановительному типу и обеспечивает наличие восстановленных форм азота, среди которых преобладает аммонийная. Связывание аммония с кетоксикислотами приводит к образованию аминокислот, которые поступают в корни и надземную часть растений и расходуются на синтез белка и других органических соединений. В связи с этим предполагается, что diazотрофы оказывают влияние на синтез и содержание белка в растениях.

В исследованиях с многолетними травами, проведенных в Российском НИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург), отмечается положительное действие ассоциативных diazотрофов на качество урожая многолетних трав. В исследованиях О. А. Берестецкого, Л. Ф. Васюк с соавт. [14] и Л. Ф. Васюк с соавт. [15] показано повышение содержания протеина

в тимфеевке луговой, овсянице тростниковой, лисохвосте луговом, еже сборной, овсянице луговой и овсянице красной под действием *Arthrobacter*, *Aquaspirillum*, *Erwinia* и *Flavobacterium*.

Способность Азобактерина оказывать влияние на синтез белка установлена в эксперименте с четырьмя видами трав при равных условиях азотного питания (см. табл. 4). Повышение содержания протеина в сухой массе коррелировало с активностью азотфиксирующей ассоциации.

В полевом эксперименте с разными уровнями азотного питания ежи сборной также изучено влияние Азобактерина на содержание протеина в урожае. Лучшие показатели по содержанию протеина в сухом веществе ежи сборной получены на вариантах РК + Азобактерин (13%), $N_{30}PK$ + Азобактерин (13,4%) и $N_{60}P_{60}K$ + Азобактерин (14,6%) (см. табл. 5). Наиболее высокое содержание протеина в продукции отмечено при внесении 60 кг/га азота в сочетании с бактеризацией Азобактерином. Экспериментальные данные показывают, что наиболее значимое влияние диазотрофов на содержание белка регистрируется при оптимизации доз минерального азота с учетом генотипических особенностей трав.

Таким образом, наиболее значимые факторы, определяющие эффект от бактеризации, – генотип растения, уровень азотного питания и свойства почвы.

Заключение. Оптимизация минерального питания и водного режима обеспечивает получение на осушенных дерново-глебоватых почвах 86–89 ц/га сухого вещества многолетних злаковых трав и 104–108 ц/га бобово-злаковых трав. Наиболее рационально применение под бобово-злаковой травостой $P_{80}K_{120} - P_{120}K_{180}$ при дополнительном внесении под 2-й укос N_{50} , а также $P_{120}K_{180} + Mo$. Наибольшую урожайность злаковых трав – 128–112 ц/га сухого вещества – обеспечило внесение $N_{120}P_{60}K_{90}$ и $N_{180}P_{60}K_{90}$. Увеличение доз РК-удобрений на неизменном уровне азота несущественно влияет на продуктивность злакового травостоя. При сбалансированном минеральном питании в течение 4 лет не происходит снижения продуктивности злакового травостоя.

Включение в состав травостоя клевера лугового позволяет дополнительно получить 12,4 ц/га сухого вещества в вариантах без удобрений. На фоне фосфорно-калийных удобрений отмечено преимущество бобово-злаковой травсмеси: в варианте $P_{60}K_{80}$ ее урожайность по отношению к злаковой составила 149%.

Бактериальное удобрение Азобактерин является эффективным инокулянтом для основных видов многолетних злаковых трав, возделываемых в Беларуси. При равных экологических условиях величина эффекта от бактеризации зависит от генотипических особенностей трав, которые определяют функционирование и активность азотфиксирующей ассоциации, и соответствующее влияние на урожайность и содержание протеина в продукции. Значимым фактором повышения эффективности бактеризации многолетних злаковых трав является оптимизация уровня азотного питания с учетом их генотипических особенностей и свойств почвы. На дерново-подзолистой супесчаной почве на моренном суглинке наибольший эффект от бактеризации ежи сборной отмечен на фоне N_{60} , при этом урожайность сухого вещества составила 76,4 ц/га, прибавка от Азобактерина – 13,9 ц/га, рентабельность – 189% и чистый доход – 22,9 долл. США. При оптимизации минерального азотного питания с учетом генотипа трав применение Азобактерина обеспечивает значимое влияние на содержание протеина в сухом веществе злаковых трав.

Литература

1. Роль минеральных удобрений в формировании урожаев многолетних трав на осушенных дерновых почвах / А. С. Мееровский [и др.] // Почвенные исследования и применение удобрений. – 1991. – Вып. 21. – С. 21–27.
2. Л и х а ц е в и ч, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин; Мин. сел. хоз. и прод. Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, БелНИИМиЛ. – Минск, 2001. – 307 с.
3. O k o n, Y. Agronomic application of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation / Y. Okon, C. A. Labandera-Gonzalez // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1591–1601.
4. Recent advances in BNF with non-legume plants / J. I. Baldani [et al.] // Soil. Biol. Biochem. – 1997. – Vol. 29, N 5–6. – P. 911–922.
5. K e n n e d y, I. R. Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: recent advances / I. R. Kennedy, Y. Tchan // Plant Soil. – 1992. – Vol. 141. – P. 93–118.
6. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum* / S. Dobbelaere [et al.] // Australian J. of Plant Physiology. – 2001. – Vol. 28. – P. 871–879.

7. Штамм ассоциативных азотфиксирующих бактерий *Azospirillum brasilense B-4485* для обработки семян зерновых культур и многолетних злаковых трав: пат. 4632 Респ. Беларусь, МПК А 01N 63/00 / В. Н. Нестеренко, Л. А. Карягина, Т. Б. Барашенко, Н. А. Михайловская, Н. А. Курилович, Г. В. Мороз; заявитель Институт почвоведения и агрохимии. – № 970432; заявл. 05.08.1997 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2002. – № 3. – С. 90.
8. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1 (38). – С. 225–231.
9. Эффективность бактериализации ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 2 (35). – С. 146–152.
10. Михайловская, Н. А. Эффективность бактериализации семян ячменя / Н. А. Михайловская, Н. И. Лэхтиков // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 2 (39). – С. 17–19.
11. Умаров, М. М. Ассоциативная азотфиксация / М. М. Умаров. – М.: МГУ, 1986. – 132 с.
12. Биологическая фиксация азота / В. К. Шумный [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1991. – 271 с.
13. Майорова, Т. Н. Подходы к оптимизации интродукции азоспирилл / Т. Н. Майорова, П. А. Кожевин, Д. Г. Звягинцев // Микробиология. – 1996. – Т. 65, № 2. – С. 277–281.
14. Эффект инокуляции тимopheевки луговой и овсяницы тростниковой диазотрофами из природных азотфиксирующих ассоциаций злаков / О. А. Берестецкий [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1985. – № 3. – С. 48–52.
15. Избирательное отношение ассоциативных азотфиксирующих бактерий к различным видам кормовых трав / Л. Ф. Васюк [и др.] // Доклады ВАСХНИЛ. – 1989. – № 4. – С. 19–20.

S. A. KASYANCHYK, N. A. MIKHAILOUSKAYA

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND BIOFERTILIZER AZOBACTERIN ON THE YIELD AND QUALITY OF PERENNIAL GRASSES

Summary

The research shows that optimization of mineral nutrition and water regime is the primary conditions for high productivity of perennial grass and legume-grass mixtures on reclaimed dystric Gleysols. The potential possibilities of cultivating perennial grasses due to the application of biofertilizer Azobacterin on the basis of nitrogen-fixing bacteria are presented. In accordance with the data of the field experiments plant genotype and the level of N-nutrition of grasses are considered to be the most important factors influencing the efficiency of biofertilizer Azobacterin.