УДК 631.461:52(470.333) DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-001

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА В СМЕШАННЫХ БОБОВО-МЯТЛИКОВЫХ АГРОЦЕНОЗАХ

А.С. Кононов, *д.с.-х.н.*, **Н.М. Белоус**, *д.с.-х.н.*, **В.Е. Ториков**, *д.с.-х.н.*, **В.Ф. Шаповалов**, *д.с.-х.н.*, **О.Н. Шкотова**, *к.с.-х.н.*
Брянский государственный аграрный университет, e-mail: as-kon@yandex.ru

Изучена технология применения аммиачной и калийной селитры с азотфиксирующими штаммами клубеньковых и ассоциативных ризобактерий в смешанных бобово-мятликовых посевах люпина узколистного, гороха, сои с пшеницей яровой и ячменем. При предпосевной обработке семян люпина узколистного использовали наиболее комплементарные бактерии Rhizobium lupini штамм № 363а, для гороха Rhizobium leguminosarum штамм № 261б, для сои Bradyrhizobium japonicum штамм № 634б, а для мятликовых культур ассоциативные ризобактерии штаммов № 30 и № 7 относящиеся к роду Flavobacterium sp. и Arthrobacter mysorens. Внесение небольших доз минеральных азотных удобрений N_{60} на 1 га бобово-мятликового посева и инокуляция семян биопрепаратами: Ризоторфин в дозе 300 г/га, а также Флавобактерин в дозе 400 г/га позволяет вовлечь в биологический круговорот в почве от 24,9 до 31,6 т/га микробной биомассы. Установлено, что взаимодействие в почве микробной биомассы и растений у смешанных бобово-мятликовых агроценозов повышает урожайность зерна на 22,9-44,3%. Урожайность зерносмеси в смешанных горохо-ячменных агроценозах при внесении калийной селитры N_{60} на фоне инокуляции семян Rhizobium leguminosarum штамм № 2616 и Flavobacterium штамм 30 выше по сравнению с внесением аммиачной селитры в той же дозе.

Ключевые слова: *смешанные бобово-мятликовые агроценозы, минеральные азотные удобрения, биопрепараты, азотфиксаторы.*

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZERS AND BIOPREPARATIONS ON GRAIN YIELD IN MIXED LEGUME-BLUEGRASS AGROCOENOSIS

Dr.Sci. **A.S. Kononov**, *Dr.Sci.* **N.M. Belous**, *Dr.Sci.* **V.E. Torikov**, *Dr.Sci.* **V.F. Shapovalov**, *Ph.D.* **O.N. Shkotova**
Bryansk State Agrarian University, e-mail: as-kon@yandex.ru

Research of the technology of using ammonium and potassium nitrate with nitrogen-fixing strains of nodule and associative rhizobacteria in mixed legume-bluegrass crops of narrow-leaved lupine, pea, soy with spring wheat and barley was studied. It is shown that the most complementary bacteria Rhizobium lupini strain № 363a, for pea Rhizobium leguminosarum strain № 261b, for soybean Bradyrhizobium japonicum strain № 634b, and for bluegrass crops associated rhizobacteria strains № 30 and № 7 belonging to the genus Flavobacterium sp. and Arthrobacter mysorens were used for pre-sowing treatment of lupine seeds. It is shown that the introduction of small doses of mineral nitrogen fertilizers N60 per 1 ha of legume-bluegrass sowing and inoculation of seeds with biological preparations: Rhizotorphin at a dose of 300 g/ha, as well as Flavobacterin at a dose of 400 g/ha, allows to involve in the biological cycle in the soil from 24,9 to 31,6 t/ha of microbial biomass. Studies have shown that the interaction in the soil of microbial biomass and plants, mixed legume-bluegrass agrocoenosis increases by 22,9-44,3% grain yield. It was found that the yield of grain mixture in mixed pea-barley agrocoenosis is higher from the introduction of potassium nitrate N60 against the background of inoculation of seeds of Rhizobium leguminosarum strain № 2616 and Flavobacterium strain 30 compared with the introduction of ammonium nitrate at the same dose.

Keywords: *mixed legumes-grasses in the agrocoenosis, mineral nitrogen fertilizers, biopreparations, nitrogen-fixing bacteria.*

На сегодняшний день признана необходимость всемерной биологизации сельскохозяйственного производства и восстановления плодородия почвы с помощью возобновляемых ресурсов. Стабилизирующее звено в биологизации земледелия – бобовые культуры, в том числе люпин, горох и соя [1-4]. Экологизацию агроценозов с помощью бобовых культур можно объяснить тем, что они не значительно исполь-

зуют почвенный азот, при этом формируется большая надземная масса, в том числе за счет фиксации молекулярного азота воздуха. Корни бобовых растений способны растворять фосфорнокислые и другие труднодоступные соединения, что благоприятно влияет на химические и физические свойства почвы [5-10].

При совместном выращивании зерновых и зернобобовых культур также решается проблема снабжения растений азотом. Так, каждые 100 га гетерогенного бобово-мятликового посева экономят хозяйству 30-40 т аммиачной селитры, при этом мятликовая культура-компонент на 25% удовлетворяет свои потребности в азоте за счет бобового растения. В составе смеси бобовые существенно повышают содержание белка у злакового компонента, не ухудшая при этом собственные показатели качества [7, 11]. Важным направлением воспроизводства почвенного плодородия в земледелии является возделывание культур в смешанных агрофитоценозах, включающих мятликовые и бобовые культуры. Такие посевы позволяют увеличить выход продукции с единицы пашни, обеспечить устойчивый урожай зерна и зеленой массы в различные по погодным условиям годы и сохранить почвенное плодородие [8-15].

В последнее время широко распространяется переход на биопрепараты или комплексное использование минеральных удобрений с биопрепаратами в бобово-мятликовых агроценозах [16, 17]. Как считают А.А. Завалин и Н.С. Алметов [18], коэффициент использования азота из минеральных удобрений (по отношению к фону) при инокуляции семян биопрепаратами в севообороте с бобовыми возрастает 1,5-2,0 раза, в бобово-мятликовых – в 1,1-1,5 раза и в севообороте с полным насыщением злаковыми культурами – в 1,3-1,8 раза.

Эффективным приемом является сочетание инокуляции семян с внесением малых доз азотных удобрений. Биопрепараты способствуют существенному повышению продуктивности практически всех сельскохозяйственных культур – зерновых, технических и бобовых. При этом прибавка урожая зерновых составляет в среднем 15-20% и у бобовых – 20-50% [15]. Механизмы положительного влияния биопрепаратов на растения разнообразны и достаточно мобильны в зависимости от конкретной агроэкологической обстановки. Наиболее важное значение из них имеют: фиксация атмосферного азота, стимуляция роста и развития растений, подавление развития фитопатогенов, улучшение питания растений, повышение устойчивости их к стрессовым условиям [19, 20]. Активность симбиотической азотфиксации люпина в смешанных посевах ниже, чем в одновидовых [21]. Это объясняется тем, что асинхронность роста отдаленных по своей биологии культур, прежде всего на ранних фазах развития, приводит к затенению бобовых и снижению активности процессов фотосинтеза и азотфиксации. Активизировать азотфиксацию бобовых можно, применив эффективные штаммы клубеньковых и диазотрофных бактерий. Интенсификация продуктивности бобово-ризобиального симбиоза возможна также за счет совместного использования смесей ассоциативных азотфиксирующих бактерий с клубеньковыми бактериями.

Цель исследования – выявить влияние биопрепаратов и минеральных азотных удобрений в смешанных посевах пшеницы яровой, ячменя, люпина, гороха и сои на почвенные микроорганизмы и урожайность зерна в условиях серых лесных почв юго-запада России.

Методика. Полевые исследования проводили на опытном участке Брянского ГАУ. Почвы серые лесные легкосуглинистые. Климатические условия района исследований благоприятны для ведения сельского хозяйства. Годовая сумма осадков составляет 550-600 мм, за вегетационный период (апрель-сентябрь) – 320-350 мм, сумма активных температур от 1970 до 2340°С.

Объектами исследований были наиболее распространенные в юго-западной части Нечерноземной зоны сорта: пшеница яровая Ленинградка, ячмень Зазерский 85, люпин узколистный Белозерный 110, горох Малиновка и соя Магева. Для определения эффективности инокуляции семян использовали биопрепараты на основе ризосферных микроорганизмов, полученные из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии:

1. Флавобактерин (*Flavobacteria sp.*) и Мизарин (*Arthrobacter mysorens*) ассоциативные азотфиксирующие препараты – штаммы № 30 и № 7, которые использовали для инокуляции семян ячменя и яровой пшеницы. Флавобактерин и Мизарин представляют собой порошковидный торфяной субстрат, обогащенный питательными веществами, с влажностью 45-50%, в 1 г которого содержится 5-10 млрд. клеток бактерий данного штамма. Препараты Флавобактерин и Мизарин обладают сильным защитным действием против болезней растений. Отмечено также существенное повышение содержания витаминов, каротина и других полезных веществ [16].

2. Ризоторфин – инокулянт для предпосевной обработки семян бобовых. Основу составляют клубеньковые бактерии рода *Rhizobium*, которые способны вступать в симбиоз с бобовым растением. Бактерии рода *Rhizobium* подразделяются на виды, каждый из которых специфичен для изучаемой культуры. Для предпосевной обработки семян люпина узколистного использовали бактерии *Rhizobium lupini* штамм № 363а, для гороха *Rhizobium leguminosarum* штамм № 2616, для сои *Bradyrhizobium japonicum* штамм № 634б. В результате на корнях образуются клубеньки, обладающие способностью к фиксации молекулярного азота из воздуха и перевод его в доступную для растений форму. Данный

процесс позволяет уменьшить количество вносимого в почву минерального азота без снижения урожайности, т.к. растение становиться «самодостаточным» по данному элементу питания.

Минеральные азотные удобрения вносили в форме аммиачной селитры N_{60} и калийной селитры N_{60}.

Экспериментальную работу выполняли путем постановки мелко деляночного полевого опыта, заложенного на делянках опытного участка. Размер делянок: общая площадь 11,2 м^2, учетная 10,0 м^2, повторность вариантов опыта пятикратная, расположение делянок по методу систематических повторений. Способ посева рядовой с междурядьями 15 см. В день посева семена обрабатывали штаммами клубеньковых и ассоциативных бактерий.

Подсчет общей численности бактерий для верхней части почвенного горизонта (до глубины 10 см) проводили на фиксированных окрашенных мазках (метод Виноградского – Брида). Хорошо обезжиренное предметное стекло помещали на миллиметровую бумагу, на которой отмечен прямоугольник площадью 1 см^2. Затем на стекло наносили точно измеренный объем исследуемой суспензии (в нашем случае – почвенная суспензия разведенная 10^{-3}). Нанесенную суспензию равномерно распределяли петлей по площади, отмеченной на миллиметровой бумаге. Препарат подсушивали на воздухе, фиксировали 10-20 мин. в пламени горелки и окрашивали 1-2 мин. фуксином Циля. Количество клеток, содержащихся в 1 мл исследуемого субстрата, подсчитывали в квадратах окулярной сетки микроскопа с иммерсионным объективом и вычисляли по формуле:

$$M = (a \times S/s \times V) \times n,$$

где: M – количество клеток в 1 мл исследуемого субстрата, a – среднее число клеток в квадрате окулярной сетки, s – площадь квадрата окулярной сетки (мкм^2), V – объем нанесенной на стекло суспензии в мл, S – площадь приготовленного мазка (мкм^2), n – разведение исследуемого субстрата.

Для подсчета численности бактерий азотфиксаторов использовали безазотную среду Эшби. Культивирование осуществляли в термостате при температуре +28°С в течение 10 суток – 4 раза в сутки по 2 часа.

Количество общей микробной биомассы (M) определяли по формуле Я.П. Худякова:

$$M = m \times k \times (l - a) \times n \times p/100,$$

где: m – масса бактериальной клетки, k – максимальное число микроорганизмов в данный период, l – длительность периода, a – длительность неактивной части периода, n – число отмерших клеток в период, %, p – число периодов.

В расчетной формуле среднюю массу бактериальной клетки (m) принимали равной $2{,}92 \times 10^{-12}$ г. Условно допускали, что в каждый период отмирает 75% клеток [19].

Учет урожайности проводили со всей учетной площади делянки и приводили к стандартной влажности (14%), пользуясь формулой:

$$X = A \times (100 - B)/(100 - 14),$$

где: X – урожай зерна при 14%-ной влажности, A – урожай зерна без поправки на влажность, B – влажность зерна при взвешивании (Б.А. Доспехов, 1985).

Результаты. Установлено, что обработка семян перед посевом препаратом Мизарин штамм № 7 в смеси с клубеньковыми бактериями штамм 363а обеспечила прибавку урожайности зерносмеси в смешанном посеве узколистного люпина с яровой пшеницей 4,2 ц/га, а в смешанном посеве узколистного люпина с ячменем 4,6 ц/га по сравнению с контролем без обработки семян (табл. 1).

Для производства зеленой массы следует использовать Мизарин, который обеспечил в среднем за три года урожайность 630,1 ц/га, что на 116 ц/га больше, чем в контроле. При этом выход белка в урожае зеленой массы составил 17 ц/га, что на 3,6 ц/га, или 27% больше, чем без обработки (табл.1).

В последние 40 лет важнейшим направлением было изучение азотфиксации – как процесса, лимитирующего у бобовых растений все остальные звенья цикла азота, а также по установлению взаимосвязи этого процесса с фотосинтезом. Ряд исследователей [23-27] считают, что поступление фотоассимилянтов из листьев в клубеньки служит главным фактором, лимитирующим восстановление молекулярного азота и его ассимиляцию. Другие авторы [29, 30] утверждают, что существует высокочувствительный

1. Влияние клубеньковых и ассоциативных бактерий на урожайность зерносмеси и выход белка люпина узколистного сорт Брянский 123, яровой пшеницы сорт Ленинградка и ячменя сорт Зазерский 85 в гетерогенных бобово-мятликовых посевах (среднее за 1996-1998 гг.), ц/га

Вариант	Люпин + яровая пшеница		Люпин + ячмень	
	урожайность зерносмеси	выход белка	урожайность зерносмеси	выход белка
Контроль – без инокуляции семян	30,0	6,9	30,5	6,3
Клубеньковые бактерии штамм 363а	30,5	7,2	31,4	6,9
Клубеньковые бактерии штамм 363а + Флавобактерин штамм № 30	32,9	8,0	33,4	7,8
Флавобактерин штамм № 30	33,4	8,0	33,5	7,9
Клубеньковые бактерии штамм 363а + Мизарин штамм № 7	34,2	8,2	35,1	8,1
Мизарин штамм № 7	32,4	7,9	33,9	8,4
$НСР_{05}$	3,4	-	3,1	-

механизм регуляции активности нитрогеназы, непосредственно связанный как с фотосинтетическими возможностями бобового растения, так и с его потребностями в азоте. Новейшие исследования позволяют признать за растением-хозяином ведущую роль в повышении продуктивности симбиотической фиксации азота. От растения-хозяина бактерии получают все необходимые элементы питания и в первую очередь – углеводы, которые необходимы не только для роста и размножения бактерий, но и для фиксации ими азота атмосферы как источник энергии.

По мнению П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова [28], при активной азотфиксации около 30% углеводов, синтезированных растениями в процессе фотосинтеза, затрачивается клубеньками на связывание азота воздуха, следовательно процессы азотфиксации и фотосинтеза у азотфиксирующего бобового растения находятся в тесной взаимосвязи. Поэтому все приемы, улучшающие рост и развитие бобовых растений, повышающие фотосинтетическую деятельность посевов, будут способствовать увеличению количества азота, усвоенного ими из воздуха и накоплению его в биомассе растения и в почве [26, 27].

Микроорганизмы играют ведущую роль в преобразовании органического вещества почвы, их основная масса сосредоточена в верхней части почвы. В связи с этим почвенные микробиологические исследования проводили в верхней части почвенного горизонта (до глубины 10 см). Было установлено, что в смешанных люпина-ячменных, гороха-ячменных и соя-ячменных посевах на вариантах с применением смеси биопрепаратов (Ризоторфин + Флавобактерин) общая численность бактерий в почве была выше по сравнению с одновидовыми посевами культур компонентов смешанных посевов (табл. 2).

В смешанных люпина-ячменных, гороха-ячменных и соя-ячменных посевах на вариантах с применением смеси биопрепаратов (Ризоторфин + Флавобактерин) общая численность бактерий в почве составляла 3,6 x 10^8, 3,5 x 10^8 и 3,3 x 10^8 клеток на 1 г почвы, что выше по сравнению с контролем на 16,1%, на 16,6 и на 10% соответственно. Количество азотфиксирующих бактерий повысилось на изучаемых вариантах и составило 20%, 16 и 11,5% от общего числа бактерий.

При внесении аммиачной селитры и калийной селитры в дозе N_{60} общая численность почвенных бактерий в почве, в том азотфиксаторов под смешанными люпина-ячменными, горохо-ячменными и соя-ячменными посевами была на уровне контроля (табл. 2).

Наибольшая общая численность почвенных бактерий в смешанных люпина-ячменных и соя-ячменных посевах формировалась на вариантах с внесением аммиачной селитры в дозе N_{60} при предпосев-

2. Численность бактерий в почвенных образцах под гетерогенными бобово-мятликовыми посевами (среднее за 2013-2015 гг.), кл/г сухой почвы

Вариант	Без удобрений		Аммиачная селитра		Калийная селитра	
	N общ. число бактерий	В т.ч. азотфиксаторы (аэробы)	N общ. число бактерий	В т.ч. азотфиксаторы (аэробы)	N общ. число бактерий	В т.ч. азотфиксаторы (аэробы)
Ячмень + люпин – контроль	3,1 x 10^8	0,40 x 10^3	3,2 x 10^8	0,42 x 10^3	3,1 x 10^8	0,39 x 10^3
Ячмень + люпин + штамм № 30 + штамм 363а	3,6 x 10^8	0,72 x 10^8	3,8 x 10^8	0,77 x 10^8	3,7 x 10^8	0,74 x 10^8
Ячмень + горох – контроль	3,0 x 10^8	0,39 x 10^3	3,1 x 10^8	0,40 x 10^3	3,1 x 10^8	0,40 x 10^3
Ячмень + горох + штамм № 30 + штамм 261б	3,5 x 10^8	0,56 x 10^8	3,6 x 10^8	0,59 x 10^8	3,7 x 10^8	0,61 x 10^8
Ячмень + соя – контроль	3,0 x 10^8	0,33 x 10^3	3,1 x 10^8	0,40 x 10^3	3,0 x 10^8	0,39 x 10^3
Ячмень + соя + штамм № 30 + штамм 634б	3,3 x 10^8	0,38 x 10^8	3,5 x 10^8	0,42 x 10^8	3,4 x 10^8	0,40 x 10^8

3. Влияние биопрепаратов и минеральных азотных удобрений на биомассу бактерий в почвенных образцах под гетерогенными посевами бобово-мятликовых культур (среднее за 2013-2015 гг.), т/га

Варианты	Без удобрений		Аммиачная селитра		Калийная селитра	
	биомасса	+/- к контролю	биомасса	+/- к контролю	биомасса	+/- к контролю
Ячмень + люпин – контроль	25,7	-	26,6	0,9	25,8	0,1
Ячмень + люпин + штамм № 30 + штамм 363а	29,9	4,2	31,6	5,9	30,8	5,1
Ячмень + горох – контроль	24,9	-	25,7	0,8	25,8	0,9
Ячмень + горох + штамм № 30 + штамм 261б	29,1	4,2	30,0	5,1	30,7	5,8
Ячмень + соя – контроль	24,9	-	25,8	0,9	25,0	0,1
Ячмень + соя + штамм № 30 + штамм 634б	27,4	2,5	29,2	4,3	28,3	3,4

ной обработке семян ассоциативными и клубеньковыми ризобактериями. Общая численность почвенных бактерий под люпина-ячменном посевом и соя-ячменном посевом составляла $3,8x10^8$ и $3,5x10^8$ клеток на 1 г почвы и была на 22,5% и на 16,6% выше по сравнению с контролем. Количество азотфиксирующих бактерий повысилось на изучаемых вариантах, и составляло 0,77 x 10^8 и 0,42 x 10^8 клеток на 1 г почвы, что было 20,2% и 12% от общего числа бактерий под этими посевами (табл. 2).

В горохо-ячменных посевах наибольшая общая численность бактерий, в том числе и азотфиксирующих, в почве была установлена на вариантах с внесением азота в виде калийной селитры в дозе N_{60} при предпосевной обработке семян смесью ризобактерий (Ризоторфин + Флавобактерин) по сравнению с аммиачной селитрой в той же дозе. Общая численность бактерий составила 3,7 x 10^8 клеток на грамм почвы, в том числе азотфиксирующих – 0,61 x 10^8 клеток на 1 г почвы, что соответственно на 2,7 и 3,4% выше (табл. 2).

В смешанных посевах при использовании смеси симбиотических и ассоциативных ризобактерий Ризоторфин с Флавобактерин масса бактерий в почве под люпина-ячменной смесью увеличилась на 4,2 т/га, или на 16,3%, под гороха-ячменной смесью на 4,2 т/га, или на 16,8%, соя-ячменной смесью на 2,5 т/га, или на 10% по сравнению с контролем, что благоприятно влияло на формирование урожайности зерна (табл. 3). Урожайность зерна повысилась в люпина-ячменной смеси на 0,47 т/га, или на 18,9%, в гороха-ячменной смеси на 0,42 т/га, или на 15,4%, соя-ячменной смеси на 0,24 т/га, или на 9,7% по сравнению с контролем.

Изучение влияния различных видов минеральных азотных удобрений: аммиачной и калийной селитры показало, что наиболее благоприятное влияние на формирование массы бактерий в почве под люпино-ячменными и соя-ячменными посевами оказывала аммиачная селитра. В гороха-ячменном посеве калийная селитра способствовала более высокому накоплению массы бактерий по сравнению с внесением аммиачной селитры, что коррелировала с уровнем урожайности биомассы ризобактерий (табл. 3 и 4).

Максимальная масса бактерий в почве формировалась под люпина-ячменным посевом – 31,6 т/га и соя-ячменном посевом – 29,2 т/га при совместном внесении биопрепарата, включающего Ризоторфин штамм 363а в дозе 300 г/га и Флавобактерин штамм 30 в дозе 400 г/га, внесенных в предпосевную обработку семян, а также внесении в почву аммиачной селитры в дозе N_{60}. На этом варианте получена наиболее высокая урожайность зерносмеси (табл. 3 и 5). В горохо-ячменном посеве наиболее высокая биомасса бактерий – 30,7 т/га формировалась при совместном внесении биопрепарата, включающего Ризоторфин штамм 261б в дозе 300 г/га и Флавобактерин штамм 30 в дозе 400 г/га, а также калийной селитры в дозе N_{60} (табл. 3 и 5).

Изучение корреляций между массой почвенных бактерий и урожайностью зерна в одновидовых посевах показало, что существует прямая средней тесноты корреляция (r = +0,41-0,52) между указанными показателями (табл. 4).

Наиболее тесная прямая корреляция (r = +0,67-0,73) установлена в смешанных посевах между общей массой бактерий в слое почвы 0-10 см и урожайностью зерна на вариантах с внесением смеси штаммов клубеньковых и ассоциативных биопрепаратов и внесением в почву различных видов минеральных азотных удобрений (табл. 4).

Расчет коэффициента детерминации показал, что доля изменений изучаемого фактора урожайности зерна прямо зависит от биомассы почвенных бактерий под смешанными посевами. Установлено, что при внесении биопрепаратов без внесения минерального азота коэффициент детерминации (d_{yx}) составил 53%. При внесении смеси биопрепаратов и различных видов минеральных азотных удобрений в дозе N_{60} доля влияния биомассы бактерий на урожайность зерна (коэффициент детерминации) составила d_{yx} = 45% (табл. 4).

Установлено, что от общей массы почвенных бактерий, а также от массы бактерий азотфиксаторов, накопленных под посевами агроценозов, прямо зависит зерновая продуктивность посевов. Высокая степень сопряженности общей массы бактерий в почве с урожайностью зерносмеси показывает ее прямое

4. Коэффициенты корреляции, для (r) и детерминации, для (d_{yx}) между массой почвенных бактерий и урожайностью зерна в одновидовых и гетерогенных бобово-мятликовых посевах (среднее за 2013-2015 гг.)

Показатель	Без удобрений		Аммиачная селитра		Калийная селитра	
	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}
Масса почвенных бактерий в одновидовых посевах – без внесения биопрепаратов, т/га	0,52	27,04	0,41	16,81	0,48	23,04
Масса почвенных бактерий в одновидовых посевах – с внесением биопрепаратов, т/га	0,30	9,0	0,02	0,04	0,06	0,36
Масса почвенных бактерий, в смешанных посевах – без внесения биопрепаратов, т/га	-0,43	18,49	0,09	0,81	0,07	0,49
Масса почвенных бактерий, в смешанных посевах – с внесением биопрепаратов, т/га	0,73	53,29	0,67	44,89	0,67	44,89

5. Влияние биопрепаратов и минеральных азотных удобрений на урожайность зерносмеси и выход сырого протеина в гетерогенных посевах ячменя сорт Зазерский 85, люпина узколистного сорт Белозерный 110, гороха сорт Малиновка и сои сорт Магева (среднее за 2013-2015 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га					
	без удобрений		аммиачная селитра		калийная селитра	
	зерносмеси	сырого протеина	зерносмеси	сырого протеина	зерносмеси	сырого протеина
Ячмень + люпин – контроль	2,48	0,82	3,03	1,12	2,96	1,02
Ячмень + люпин + штамм № 30 + штамм 363а	2,95	1,00	3,58	1,38	3,27	1,17
Ячмень + горох –контроль	2,71	0,79	3,09	0,94	3,23	0,97
Ячмень + горох + штамм № 30 + штамм 2616	3,13	0,89	3,63	1,12	3,78	1,16
Ячмень + соя – контроль	2,46	0,78	2,91	0,98	2,81	0,90
Ячмень + соя + штамм № 30 + штамм 6346	2,70	0,86	3,22	1,12	3,09	1,01
$НСР_{05}$	0,05	-	0,11	-	0,07	-

тесное влияние на формирование уровня урожайности зерна в смешанных посевах. Этот факт подтверждает увеличение урожайности зерна зерносмеси в люпина-ячменном посеве на 18,6%, в гороха-ячменном посеве на 26,6% и соя-ячменном посеве на 23% по сравнению со средней суммой урожайности культур компонентов на контрольном варианте одновидовых посевов (табл. 5).

Большая численность почвенных микроорганизмов при внесении смеси биопрепаратов и небольших доз азота, высокая скорость их генерации и короткая продолжительность жизни вовлекает в биологический круговорот большое количество микробной биомассы от 24,9 до 31,6 т/га, что характерно для смешанных посевов люпина, гороха, сои, и обусловливает почвенное плодородие за счет лучшего снабжения растений необходимыми элементами и другими жизненно важными веществами по сравнению с одновидовыми посевами. Таким образом, в исследованиях установлена высокая степень зависимости урожайности зерна в смешанных посевах с применением биопрепаратов от общей биомассы бактерий под посевами в фазе цветения бобовых культур.

При выращивании смешанных люпина-ячменных и соя-ячменных посевов необходимым приемом для повышения массы бактерий в почве должно быть внесение биопрепарата, включающего наиболее комплементарные штаммы клубеньковых бактерий: для люпина штамм 363а, для сои штамм 634б в условиях серых лесных почв и минеральных азотных удобрений в дозе N_{60} в виде аммиачной селитры под люпино-ячменным посевом. Наблюдалось увеличение массы бактерий в почве на 5,9 т/га или на 22,9% под люпина-ячменным посевом, под соя-ячменном посевом на 4,3 т/га, или на 17,2% по сравнению с контролем без биопрепарата. Это обеспечило увеличение урожайности зерна в люпина-ячменном посеве на 1,10 т/га, или на 44,3%, в соя-ячменном посеве на 0,76 т/га, или на 30,8% по сравнению с контролем без биопрепаратов (табл. 3 и 5).

В горохо-ячменном посеве необходимым приемом должно быть внесение смесевого биопрепарата, включающего наиболее комплементарные штаммы клубеньковых бактерий: для гороха штамм 261б в условиях серых лесных почв и минеральных азотных удобрений в дозе N_{60} в виде калийной селитры, обеспечивших увеличение массы бактерий в почве на 5,8 т/га, или на 23,2% по сравнению с контролем без биопрепаратов. Это обеспечило увеличение урожайности зерна в горохо-ячменном посеве на 1,07 т/га, или на 39,4% по сравнению с контролем без биопрепаратов (табл. 3 и 5).

Активность состояния растений во многом определяется в специфике формирования корневых выделений, которые служат питательным и энергетическим материалом для населяющих почву микроорганизмов.

Наиболее высокая урожайность зерна зерносмеси и выход сырого протеина в люпино-ячменном посеве составила соответственно 3,58 и 1,38 т/га, в соя-ячменном – 3,22 и 1,12 т/га смешанных посевах получены при совместном внесении Ризоторфин 300 г/га + Флавобактерин 400 г/га и минеральных азотных удобрений в дозе N_{60} в виде аммиачной селитры, что на 44,3 и 67,8%, на 30,8 и 44,6% соответственно больше, чем в контроле. Урожайность зерна зерносмеси в горохо-ячменном посеве – 3,78 т/га и выход сырого протеина –1,16 т/га получены при совместном внесении биопрепаратов (Ризоторфин 300 г/га + Флавобактерин 400 г/га) и минерального азотного удобрения в дозе N_{60} в виде калийной селитры, что на 39,4 и 47,4% соответственно больше, чем в контроле (табл. 5).

Внесение биопрепаратов и минеральных азотных удобрений стимулировало микробно-растительное взаимодействие, повысило численность и биомассу почвенных микроорганизмов. Общее количество микробной биомассы изменялось от 24,9 до 31,6 т/га, что характерно для смешанных посевов люпина, гороха, сои. Это обусловило повышение уровня почвенного плодородия за счет увеличения общей биомассы почвенных бактерий и лучшего снабжения растений необходимыми элементами питания по сравнению с одновидовыми посевами.

Таким образом, в исследованиях установлена высокая степень зависимости урожайности зерна в смешанных посевах от общей биомассы бактерий в почве, применения минеральных азотных удобрений и биопрепаратов.

Литература

1. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2006. – 432 с.

2. Ефимов В.Н., Иванов А.И. Скрытая деградация хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв России // Агрохимия, 2001, № 6. – С. 5-10.

3. Лыков А.М., Еськов А.И, Новиков М.Н. Концептуальные основы плодородия агробиоценозов и его воспроизводства в ландшафтных (адаптивно-ландшафтных системах земледелия) // Агро-XXI, 2001, № 7. – С. 22-23.

4. Макашева Р.Х. Горох / Культурная флора СССР. – Л.: Колос, 1979. – 321 с.

5. Лыков А.М. Основные итоги исследований по проблеме органического вещества дерново-подзолистой почвы в интенсивном земледелии // Известия ТСХА, 1976, Вып. 2. – С. 8-20.

6. Рыбакова Н.Д., Усова М.П. Изменение агрохимических показателей плодородия песчаной почвы в сидеральном севообороте / Севообороты и обработка почвы в интенсивном земледелии, 1986. – С. 25-27.

6. Кононов А.С. Люпин: технология возделывания в России. – Брянск: ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2003. – 212 с.

7. Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л., Исаева Е.И. Эффективность смешанных посевов ячменя с люпином // Кормопроизводство, 2005, № 4. – С. 21-22.

8. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (экологогенетические основы). – Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.

9. Образцов А.С. Потенциальная продуктивность культурных растений. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001, – С. 225-234.

10. Пилипчак В.А., Мустафин А.М. Приемы возделывания вики яровой в Западной Сибири // Кормопроизводство, 2004, № 5. – С. 21-22.

11. Кононов А.С., Ториков В.Е., Шкотова О.Н. Гетерогенные посевы (экологическое учение о гетерогенных агроценозах как о факторе биологизации земледелия). – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 295 с.

12. Гнетеева Г.С., Барышникова Л.М. Продуктивность зернобобовых культур, поступление и вынос азота, фосфора и калия в зависимости от источника азотного питания // Агрохимия, 1981, № 7. – С. 74-79.

13. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.В. Растениеводство. – М.: Колос, 1997. – 448 с.

14. Царева М.В., Цыганова А.А. Динамика развития яровой пшеницы и люпина и их урожайность в чистых и смешанных посевах в зависимости от уровня азотного питания и биопрепаратов / Материалы Международной научной экологической конференции «Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта» (Краснодар, 29-30 марта 2016 г.). / под. ред. И.С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2016. – С. 322-329.

15. Царева М.В. Влияние условий питания на азотфиксирующую способность люпина в чистых и смешанных посевах // Агрохимический вестник, 2008, № 1. – С. 27-29.

16. Кожемяков А.П., Проворов Н.А., Завалин А.А., Шотт П.Р. Оценка взаимодействия сортов ячменя и пшеницы с ризосферными бактериями на различном азотном фоне // Агрохимия, 2004, № 3. – С. 1-8.

17. Кожемяков А.П., Кокорина А.Л. Влияние биопрепаратов на симбиотический аппарат и урожайность различных сортов козлятника восточного / Этапы большого пути: сб. тр. СПбГАУ, 2005. – С. 61-66.

18. Завалин А.А., Алметов Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. – М.: ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. – 151 с.

19. Воробейков Г.А. Повышение продуктивности и рациональное использование минерального азота в люпинозлаковых смесях / Гумус и азот в земледелии Нечерноземной зоны РСФСР: науч. тр. ЛСХИ. – Л., 1987. – С. 38.

20. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. Агроэкология. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

21. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. – М.: Наука, 1968. – 531 с.

22. Федулова Н.Г. Связь обмена поли-в-оксибутирата *у Rhizobium* с азотфиксацией и фотосинтезом: автореф. дисс. к.б.н. – М.,1980. –25 с.

23. Романов В.И. Энергетика симбиотической азотфиксации у бобовых и ее связь с фотосинтезом / Молекулярные механизмы усвоения азота растениями. – М.: Наука, 1983. – С. 81-88.

24. Ching T.M., Hedtke S., Russell S.A., Evans H.J. Energy state and dinitrogen fixation in soybean nodules of dark growth plant // Plant Physiology, 1975, v. 260, № 5548. – p. 268-271.

25. Hardy R.W. Rate-limiting steps in biological photoproductivity // Genetic engineering for nitrogen fixation, 1977, V. 36. – P. 401-408.

26. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология, 2011, т. 46, № 3. – С. 3-9.

27. Minchin F.R. The regulation of nitrogen fixation in legumes / New approaches and techniques in breeding sustainable fodder crops and amenity grasses. – Vienna, 1999. – P. 3-16.

28. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 255 с.

29. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.

30. Гродзинский А.М. Фитоценотическая роль физиологически активных выделений растений // Украинский ботанический журнал, 1962, Т. 19, № 5. – С. 3-20.