

УДК 631.4: 631.584.5

МИКРОФЛОРА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СМЕШАННЫХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ

¹Гордеева Т.Х., ²Новоселов С.И.

¹ФБГОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,
Йошкар-Ола, e-mail: tatiana.k.gordeeva@gmail.com;

²ФБГОУ ВПО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, e-mail: prk@marsu.ru

Изучена микробиологическая активность почвы одновидовых и совместных с бобовыми растениями посевов зерновых культур на дерново-подзолистой почве Востока Нечерноземья. Выявлено усиление активности микробиологических процессов и повышение микробной биомассы при возделывании яровой пшеницы в смешанных посевах с однолетними (вика, горох) бобовыми травами. Наиболее благоприятный режим складывается в совместных посевах пшеницы с горохом. Установлена сопряженность величины микробной биомассы и урожайности яровой пшеницы в смешанных посевах, отражающая в совокупности благоприятный питательный режим и улучшение условий произрастания растений. Эффективным приемом, обеспечивающим повышение продуктивности агроценозов и улучшение качества зерна яровой пшеницы, является совместное ее возделывание с бобовыми культурами. Наибольшая продуктивность агроценоза с лучшими показателями качества зерна яровой пшеницы формируется при ее совместном возделывании с горохом.

Ключевые слова: одновидовые и смешанные посевы, микрофлора, микробиологическая активность, продуктивность агроценоза, качество зерна

SOIL MICROFLORA AND PRODUCTIVITY OF MIXED LEGUME-CEREAL AGROCENOSIS

¹Gordeeva T.K., ²Novoselov S.I.

¹FBGOU VPO «Volga State University of Technology»,
Yoshkar-Ola, e-mail: tatiana.k.gordeeva@gmail.com;

²FBGOU VPO «Mari State University», Yoshkar-Ola, e-mail: prk@marsu.ru

Studied the microbiological activity of soil-species and compatible with leguminous plants of grain crops on sod-podzolic soil East Black Earth. Revealed upregulation of microbiological processes and increasing of the microbial biomass in the cultivation of spring wheat in mixed plantings with annuals (vetch, peas), leguminous herbs. The most favorable treatment consists in joint wheat fields with peas. Established set of microbial biomass and yield of spring wheat in joint crops, reflects the combined favorable nutrient status and working conditions of plant growth. Effective method to increase productivity and improve the quality of agroecocenos spring wheat, is a joint venture with its cultivation of legumes. Most agroecocenos productivity with better quality of grain of spring wheat is formed at its joint cultivation of peas.

Keywords: single-species and mixed crops, microflora, microbial activity, productivity agroecocenos, grain quality

Одним из путей повышения продуктивности агроценозов является использование смешанных посевов бобовых и злаковых культур. По данным ряда авторов [1, 2], межвидовые и интравидовые смеси сельскохозяйственных культур обеспечивают более высокую урожайность по сравнению с урожайностью каждого из компонентов; характеризуются большей устойчивостью урожая в условиях варьирующих факторов внешней среды; позволяют активно включать в агроценоз биологический азот; повышают устойчивость к полеганию. Кроме того, введение бинарных посевов дает возможность более выгодно использовать посевные площади, улучшить баланс питательных веществ без отрицательного воздействия на все компоненты агроландшафтов [3]. Совместное возделывание злаковых и бобовых культур приводит к изменению микробиоценозов почвы. При этом изменения в составе почвенной микрофлоры и ее

активность в значительной степени зависят от биологических особенностей возделываемых культур, формирования микроклимата, распределения и доступности элементов питания, экологических условий среды. Повышенное содержание азота в корневых выделениях растущих растений и растительных остатков бобовых способствует сохранению почвенного плодородия и обогащению почв доступными для растений формами азота.

Целью исследования является изучение влияния одновидовых и совместных с бобовыми растениями посевов яровой пшеницы на микробиологическую активность почвы и продуктивность агроценозов.

Материал и методы исследования

Эффективность смешанных посевов изучали в вегетационном двухфакторном опыте на агробиостанции Марийского государственного университета. Фактор А – удобрения: А₁ – без удобрений; А₂ – N₃₀P₃₀K₃₀. Фактор В – вид посева: В₁ – пшеница;

B_2 – пшеница + вика; B_3 – пшеница + горох. Использовали вегетационные сосуды Митчерлиха диаметром 19 см, массой почвы в сосуде 4,5 кг. Количество растений яровой пшеницы в одновидовом посеве составляло 10 растений на сосуд. В смешанных посевах высевали по 5 растений пшеницы и 5 растений бобового компонента на сосуд. Возделывали яровую пшеницу сорта Приокская, горох Труженик, вику Льговская. Повторность опыта 4-кратная. Почва опыта дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрхимические показатели почвы при закладке опыта: $pH_{\text{сол}}$ – 6,6–6,8; содержание гумуса 1,97–2,0%; гидролизующий азот – 68–77 мг/кг; подвижный фосфор – 300–351 мг/кг; подвижный калий – 206–220 мг/кг; Hg – 3,0 мг-экв/100 г почвы.

Учет численности микроорганизмов проводили путем посева на агаризованные питательные среды. Аммонифицирующие бактерии учитывали на мясопептонном агаре; микроорганизмы, использующие минеральный азот, – на крахмалоаммиачном агаре; грибы – на подкисленном сусло-агаре; олигонитрофилы – на среде Эшби; олиготрофы – на почвенном агаре; целлюлозоразрушающие микроорганизмы – на среде Гетчинсона с целлюлозным порошком; частоту встречаемости азотобактера – на среде Эшби методом обрастания комочков почвы [4]. Микробную биомас-

су определяли методом регидратации [5]. Для характеристики направленности микробиологических процессов в почве одновидовых и смешанных посевов бобовых и зерновых культур и ее экологического состояния определяли содержание общей биомассы микроорганизмов, коэффициенты минерализации, олиготрофности, олигонитрофильности, биогенности почвы и микробной трансформации растительных остатков в органическое вещество почвы [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ численности почвенной микрофлоры показал, что в почве совместных с бобовыми травами посевов яровой пшеницы активно метаболизирует микрофлора, трансформирующая азотсодержащие органические соединения. При этом численность аммонифицирующей микрофлоры в почве смешанных посевов пшеницы с викой увеличивается в 1,7 раза; с горохом в 2,1 раза по сравнению с чистыми посевами. Такая же закономерность сохраняется по фону минеральных удобрений (табл. 1).

Таблица 1

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в почве одновидового и смешанного посевов яровой пшеницы с бобовыми культурами

Вариант (В)	Бактерии, млн кл/г абс. сухой почвы				Актиномицеты, млн. кл/г абс. сух. почвы	Микромицеты, тыс. КОЕ/г абс. сух. почвы
	Аммонифицирующие	Аминоавтотрофные	Олиготрофные	Олигонитрофильные		
Без удобрений (А)						
Пшеница	1,5	1,3	2,8	1,7	0,85	56,2
Пшеница + горох	3,1	4,9	1,4	4,2	1,18	24,2
Пшеница + вика	2,6	3,9	1,8	4,7	0,89	27,7
$N_{30} P_{30} K_{30}$						
Пшеница	1,9	2,7	2,8	2,8	0,91	35,2
Пшеница + горох	4,2	5,6	2,1	9,5	1,24	22,4
Пшеница + вика	3,8	5,5	2,5	5,3	1,16	29,8
НСР ₀₅						
Частных различий	0,18	0,32	0,22	0,30	0,08	2,22
Фактора А	0,11	0,19	0,13	0,17	0,04	1,28
Фактора В	0,13	0,23	0,15	0,21	0,05	1,57

Стимуляция микрофлоры смешанных посевов обусловлена, вероятно, большим количеством легкогидролизующихся микроорганизмами соединений корневых выделений и корневого опада. Среди микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, доминирует бактериальная микрофлора. Численность микроорганизмов, выделяемых на средах с минеральными источниками азота, показывает потенциальную способность микробного сообщества почвы иммобилизовать азот в микроб-

ной биомассе, что повышает содержание биологически связанного азота и снижает непроизводительные потери. Количество аминоавтотрофных бактерий выше в почве смешанных посевов зернобобовых. Внесение небольших доз минеральных удобрений активизирует микробиологические процессы, стимулируя рост численности аминоавтотрофных микроорганизмов.

Значение коэффициента минерализации в почве совместных посевов пшеницы с бобовыми культурами больше единицы,

что свидетельствует об интенсивности процессов мобилизации азота в почве (табл. 2). Это подтверждает и высокий коэффициент микробной трансформации растительных остатков в смешанных посевах. Наибольшие значения данного показателя отмечаются в смешанных посевах яровой пшеницы и гороха.

Существенную роль в мобилизации азота в почве играют олигонитрофильные микроорганизмы. Активное развитие олигонитрофилов в почве совместных посе-

вов зернобобовых можно объяснить малой требовательностью к присутствию питательных веществ и в первую очередь азота. При потреблении азота растениями в процессе роста и развития олигонитрофилы получают преимущественное развитие. Достаточно высокие коэффициенты олигонитрофильности в почве смешанных посевов пшеницы с бобовыми растениями свидетельствуют как об усилении иммобилизации азота в почве, так и усилении потребления его растениями.

Таблица 2

Интенсивность микробиологических процессов в почве одновидового и смешанного посевов яровой пшеницы с бобовыми культурами

Вариант опыта	Коэффициент				Относительная оценка плотности микрофлоры, %	
	минерализации	олиготрофности	олигонитрофильности	микробной трансформации растительных остатков	азотфиксирующая	целлюлозоразрушающая
Без удобрений						
Пшеница	0,9	1,87	1,13	3,23	54,8	22,6
Пшеница + горох	1,6	0,45	1,36	5,06	78,4	31,0
Пшеница + вика	1,5	0,69	1,86	4,33	57,6	36,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀						
Пшеница	1,05	1,47	1,47	3,71	53,2	27,8
Пшеница + горох	1,3	0,5	2,26	7,35	66,0	38,5
Пшеница + вика	1,5	0,66	1,4	6,43	64,1	43,3

Изменение питательного режима в почве повлияло на численность олиготрофной микрофлоры. Представители олиготрофной группы прокариот в почве совместных посевов были не многочисленными, что обусловлено, вероятно, достаточным количеством питательных веществ. Минимальные значения коэффициента олиготрофности отмечаются в почве совместных посевов пшеницы с горохом без удобрений и по фону NPK.

В процессах трансформации различных веществ, в образовании и разложении гумуса в почве важную роль играют актиномицеты. Их присутствие в исследуемой почве может являться показателем усиления минерализации труднодоступных веществ в почве. Изменение численности актиномицетов совпадает с динамикой азотомобилизирующих бактерий. В почве смешанных посевов зернобобовых количество микроорганизмов данной группы увеличивается. Следует отметить, что в почве смешанных посевов происходит некоторая перегруппировка этих микроорганизмов в сторону увеличения

доли бактерий при снижении относительного содержания актиномицетов. Наибольшая численность актиномицетов отмечается в почве посевов пшеницы с горохом.

Изменение структуры посевов способствует снижению численности микроскопических грибов. В почве смешанных посевов пшеницы с викой количество микромицетов уменьшается в 2 раза, по фону минеральных удобрений – в 1,2 раза, в посевах с горохом – в 2,3 и 1,6 раза соответственно, по сравнению с теми же показателями в чистых посевах. Относительный показатель биогенности почвы изменяется с достаточно широкой амплитудой: в почве чистых посевов пшеницы его значение составляет 2,7–5,4; в совместных посевах с викой 9,4–12,8, с горохом – 12,9–18,8 соответственно.

Корневые выделения смешанных посевов пшеницы с бобовыми растениями благоприятно повлияли на частоту встречаемости азотобактера. При этом наилучшие условия для его развития складываются при совместном возделывании пшеницы с горохом, что обусловлено, вероятно, тем, что

горох может ассимилировать малоподвижные формы фосфорных удобрений, благоприятно влияя на встречаемость азотобактера в почве.

В смешанных посевах бобовых и злаковых культур отмечается активное разложение целлюлозы. Распространение и активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов связаны с наличием минерального азота и характеризуют обеспеченность почвы азотным питанием для высших растений. Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве совместных посевов яровой пшеницы с викой увеличивается в 1,4 раза, с горохом в 1,6 раза по сравнению с чистыми посевами; по фону минеральных удобрений эта закономерность сохраняется.

В смешанных посевах яровой пшеницы с бобовыми культурами увеличивается общая биомасса почвенных микроорганизмов. Наименьшая величина микробной биомассы отмечается в одновидовых посевах яровой пшеницы: без удобрений она составляет 382 мкг С/100 г, по фону минеральных удобрений – 628 мкг С/100 г абсолютно су-

хой почвы. Совместное выращивание яровой пшеницы с однолетними бобовыми травами оказывает существенное воздействие на биологическую активность почвы и формирование в ней микробной биомассы. Наиболее благоприятный режим складывается в совместных посевах с горохом – 1037 мкг С/100 г абсолютно сухой почвы. Увеличение общей микробиомассы в смешанных посевах яровой пшеницы свидетельствует о достаточно высокой активности микробиологических процессов. Проведение корреляционного анализа выявило существенную положительную связь величины микробной биомассы с урожаем возделываемой зерновой культуры ($r = 0,88$). Сопряженность величины микробной биомассы и урожайности яровой пшеницы отражает в совокупности благоприятный питательный режим и улучшение условий произрастания растений.

Изучение продуктивности яровой пшеницы в одновидовых и смешанных посевах с бобовыми культурами выявило преимущество последних во все годы исследований (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений на урожайность зерна одновидового и смешанного посевов яровой пшеницы с бобовыми культурами

Вариант (В)	2000 г.		2001 г.		2002 г.		В среднем за три года	
	г./сосуд	г. к. ед./сосуд	г./сосуд	г. к. ед./сосуд	г. к. ед./сосуд	г./сосуд	г. к. ед./сосуд	
Без удобрений (А)								
Пшеница	6,12	7,22	6,54	7,72	6,68	7,89	6,45	7,60
Пшеница + вика	3,46	11,52	3,71	10,28	3,71	11,53	3,63	11,11
	6,3		5,00		6,07		5,79	
Пшеница + горох	3,86	14,05	3,83	12,29	3,9	12,86	3,86	13,07
	8,06		6,59		7,0		7,21	
$N_{30}P_{30}K_{30}$								
Пшеница	7,39	8,72	6,96	8,21	7,35	8,68	7,23	8,54
Пшеница + вика	3,97	13,53	3,91	12,18	4,05	13,11	3,98	12,94
	7,50		6,41		7,07		6,99	
Пшеница + горох	4,12	15,40	4,09	13,25	4,10	14,03	4,1	14,22
	8,94		7,14		7,79		7,95	
НСР ₀₅								
Част. разл. Фактора А		0,6		0,6		0,7		0,5
Фактора В		0,4		0,3		0,4		0,3
		0,5		0,4		0,5		0,4

Пр и м е ч а н и е . Над чертой – урожайность пшеницы, под чертой – урожайность бобового компонента.

В 2000 г. выход кормовых единиц в совместном посеве пшеницы с викой без удобрений возрастает на 4,3 г. к. ед./сосуд,

с горохом – на 6,83 г. к. ед./сосуд. На фоне удобрений эти прибавки соответственно составляют 4,81 и 6,68 г. к. ед./сосуд. При-

менение минеральных удобрений в этом году увеличивает урожайность яровой пшеницы и бобовых компонентов. Выход кормовых единиц при их применении под пшеницу возрастает на 1,50 г. к. ед./сосуд, в смешанных посевах пшеницы с викией и горохом – соответственно на 2,01 и 1,35 г. к. ед./сосуд. В 2001 г. выход кормовых единиц по пшенице без удобрений составляет 7,72 г. к. ед./сосуд, а при их применении – 8,2 г. к. ед./сосуд. В смешанных посевах пшеницы с викией и горохом без удобрений он возрастает на 2,56 и 4,57 г. к. ед./сосуд, а при их применении – на 3,97 и 5,04 г. к. ед./сосуд соответственно. В 2002 г. увеличение выхода

кормовых единиц в смешанном посевах пшеницы с викией на фоне без удобрений составляет 3,64 г. к. ед./сосуд, а на удобреном – 4,43 г. к. ед./сосуд. В смешанном посевах пшеницы с горохом эти прибавки были еще выше и составили соответственно 4,37 и 5,35 г. к. ед./сосуд. В среднем за три года минимальный выход кормовых единиц получен при возделывании яровой пшеницы в чистом виде. Максимальный выход кормовых единиц был в смешанных посевах яровой пшеницы с горохом.

Используемые в опыте минеральные удобрения и бобовые компоненты оказали влияние на качество зерна яровой пшеницы (табл. 4).

Таблица 4

Качество зерна яровой пшеницы в одновидовом и смешанных посевах (среднее за три года)

Вариант (В)	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	ИДК, у.е.	Масса 1000 семян, г	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
Без удобрений (А)						
Пшеница	14,10	34,03	80,0	25,37	0,73	0,45
Пшеница + вика	14,36	35,57	70,0	26,13	0,87	0,45
Пшеница + горох	15,27	36,40	65,0	26,20	0,83	0,50
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀						
Пшеница	14,69	37,97	65,0	25,40	0,74	0,46
Пшеница + вика	15,33	38,40	70,0	26,23	0,79	0,48
Пшеница + горох	15,71	39,47	75,0	26,87	0,77	0,48
НСР ₀₅						
Част. различий	0,55	0,96	7,9	0,72	F _{факт} < F _{табл}	F _{факт} < F _{табл}
Фактора А	0,32	0,56	4,6	0,42		
Фактора В	0,39	0,68	5,6	0,51		

Применение минеральных удобрений увеличивает содержание сырого белка и клейковины, улучшает показатель ИДК, не изменяет массу 1000 семян, содержание фосфора и калия. Лучшие показатели качества зерна были получены в смешанных посевах яровой пшеницы с горохом. В данном варианте по сравнению с контролем в зерне содержание сырого белка увеличивается на 1,2%, а в варианте с N₃₀ P₃₀ K₃₀ – на 1%, сырой клейковины соответственно 2,4 и 1,6%. Полученное зерно соответствует первому классу качества. Существенное увеличение содержания белка в зерне яровой пшеницы, высеваемой в смеси с горохом, по сравнению с одновидовым посевом обусловлено, по-видимому, улучшением условий азотно-питания.

Выводы

Таким образом, использование бобовых культур в смешанных посевах яровой пшеницы повышает биологическую активность почвы, интенсифицирует микробиологические процессы и способствует накоплению почвенного органического вещества. Наибольшая микробная биомасса отмечается в посевах с горохом по фону минеральных удобрений. Эффективным приемом, обеспечивающим повышение продуктивности агроценозов и улучшение качества зерна яровой пшеницы, является совместное ее возделывание с бобовыми культурами. Наибольшая продуктивность агроценоза с лучшими показателями качества яровой пшеницы формируется при ее совместном возделывании с горохом.

Список литературы

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. – М.: Агрорус, 2004. – 1110 с.
2. Пасынков А.В., Лекомцев П.В. Влияние инокуляции семян биопрепаратами на урожайность и белковость зерна при возделывании пшеницы и гороха в чистых и смешанных посевах // Здоровье – питание – биологические ресурсы: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Киров: НИИСХ. С.-В., 2002. – Т. 1. – С. 488–496.
3. Зеленский Н.А., Савинов А.С. Влияние бинарных посевов на продуктивность агроценоза озимой пшеницы // Вестник Алтайского ГАУ, 2008. – no. 11(49). – С. 5–6.
4. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. – М.: Колос, 1983. – 296 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. Муха В.Л. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Труды ХарСХИ. – Харьков, 1980. – Т. 273. – С. 13–16.

References

1. Zhuchenko A.A. Resursnyy potencial proizvodstva zerna v Rossii. M.: Agrorus, 2004. 1110 p.

2. Pasyнков A.V., Lekomcev P.V. Vliyanie inokuljatsii semjan biopreparatami na urozhajnost' i belkovost' zerna pri vozdelevanii pshenicy i goroha v chistyh i smeshannyh posevah // Zdorov'e pitanie biologicheskie resursy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kirov: NIISH. S.-V., 2002. T. 1. pp. 488–496.

3. Zelenskij N.A., Savinov A.S. Vliyanie binarnykh posevov na produktivnost' agrocenoza ozimoy pshenicy // Vestnik Altajskogo GAU, 2008. no. 11(49). pp. 5–6.

4. Sjegi J. Metody pochvennoj mikrobiologii. M.: Kolos, 1983. 296 p.

5. Metody pochvennoj mikrobiologii i biokhimii / pod red. D.G. Zvjaginceva M.: Izd-vo MGU, 1991. 304 p.

6. Muha V.L. O pokazateljah, otrazhajushhih intensivnost' i napravlennost' pochvennykh processov // Trudy HarSHI. Har'kov, 1980. T. 273. pp. 13–16.

Рецензенты:

Демаков Ю.П., д.б.н., профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования, ПГТУ, г. Йошкар-Ола.

Карасев В.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры СПС, ботаники и дендрологии, ПГТУ, г. Йошкар-Ола.

Работа поступила в редакцию 01.10.2014.