

биной. При этом в торфе с у. б. в. 0.7 м и в естественной залежи она снижалась постепенно. В первом случае это объясняется, очевидно, лучшими условиями водно-воздушного режима, созданными при пониженном стоянии болотных вод, во втором случае – ярусным распределением корневой системы лесных растений в торфяной толще. В августе постепенное снижение активности каталазы наблюдалось уже по всем вариантам опыта. Очевидно, к концу лета прогрелись и нижние слои, а верхние охладились, что и привело к выравниванию условий по всей метровой толще торфяника.

При определении пероксидазной и полифенолоксидазной активности в 1992 г. максимальные их значения (соответственно 3.87 и 4.08 мл I₂ на 100 г абсолютно сухого торфа) были зафиксированы в июле на глубине 0–20 см в торфе, содержащем песчаный компонент. Как уже отмечалось, в этом варианте наблюдается и заметное увеличение числа микроорганизмов на КАА. Влияния удобрений на эти энзимы в указанные сроки исследований не наблюдалось.

Выводы

1. Возделывание злаковых трав положительно сказалось на микрофлоре остаточного торфа выработанного участка болотной экосистемы «Таган». Наиболее заметно рост микрофлоры на питательных средах активизировался в первый год рекультивации под воздействием удобрений.

2. Через 7 лет численность микроорганизмов изменилась незначительно в верхнем горизонте (0–20 см) и существенно увеличилась в глубже расположенных. Наиболее заметным был рост численности микроорганизмов, использующих минеральные источники азота. Это свидетельствует о возрастании активности минерализационных процессов по всей толще остаточного торфа.

3. Численность микроорганизмов была наибольшей в торфе с остаточным слоем в 1 м по сравнению с торфом толщиной 0.5 м (перемешанным с песчаным грунтом). В то же время в последнем преобладала микрофлора, трансформирующая минеральные формы азота; это свидетельствует о большей скорости минерализационных процессов в указанном торфе.

4. Влияние у. б. в. на активность микроорганизмов было различным: при у. б. в. в 1 м микроорганизмы лучше развивались в слое 0–20 см, а при у. б. в. в 0.7 м – в глубже расположенных слоях.

5. Оксидоредуктазная активность остаточного торфа также возросла в процессе его окультуривания. Активность каталазы была наибольшей в торфе толщиной в 1 м при у. б. в. в 0.7 м, а активность пероксидазы и полифенолоксидазы – в торфе с остаточным слоем в 0.5 м при у. б. в. в 1 м.

В целом активность оксидоредуктаз, особенно двух последних, характеризуется небольшими показателями, что свидетельствует о невысокой скорости распада и синтеза органических веществ в исследуемом торфе за указанный выше период.

Литература

1. Зименко Т.Г. Микрофлора торфа и ее изменения при окультуривании торфяников // Проблемы использования торфяных ресурсов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1983.
2. Аникиев В.В., Лукомская К.А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М., 1977.
3. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. М., 1976.
4. Федоров А.И. Методы математической статистики в биологии и опытно-деловом деле. Алма-Ата, 1967.
5. Колешко О.И., Иванов Н.П. Влияние оптимизации мелиорированных торфяно-болотных почв на развитие микроорганизмов и урожай растений // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. Вильнюс, 1986.

УДК 574.4

Е.Е. Фомичёв, С.Е. Козлова, Т.Г. Угай

ВЛИЯНИЕ РИЗОТОРФИНА, ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

Томский государственный педагогический университет

Для повышения продуктивности бобовых культур необходимо при их возделывании, наряду с обычными агротехническими приемами, применять также предпосевную обработку семян ризоторфином, представляющим собою бактериальный препарат, насыщенный клубеньковыми бактериями соответствующего вида.

Эффективность симбиотической азотфиксации определяется комплексом факторов и условий, из

которых наибольшее значение имеют биологические особенности культур, генотипы растений и азотфиксирующих микроорганизмов, соответствие экологических условий потребностям конкретных макро- и микросимбионтов. Оптимизация и рациональное сочетание этих факторов дают возможность существенно повысить размеры азотфиксации [1].

Основным практическим приемом повышения продуктивности бобовых культур является иноку-

ляция их высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий. Многолетними опытами показано, что под влиянием ризоторфина урожай бобовых в среднем повышается на 10–25 % и при этом значительно возрастает сбор протеина. Кроме того, бобовые культуры существенно улучшают физико-химические свойства почвы и ее фитосанитарное состояние [2].

Разработка приемов повышения симбиотической азотфиксации основана на подборе оптимальных условий для развития бобовых растений. При этом особая роль отводится сочетаниям минерального и биологического азота в питании растений.

Литературные сведения о значении минерального и симбиотического азота в жизни бобовых растений весьма противоречивы. Одни исследователи считают, что вносить минеральный азот под зернобобовые – «агрономическая нелепость» [3], другие рекомендуют вносить небольшие, так называемые стартовые (до 20–30 кг/га) дозы минерального азота, которые необходимы для первых этапов развития бобового растения и благоприятно влияют на рост корней и формирование на них клубеньков [4, 5]. По мнению третьих авторов, максимальный урожай бобовых можно получить только за счет высоких доз азотных удобрений [6]. Однако, по данным четвертой группы авторов [7; 8, с. 41], инокуляция активными расами клубеньковых бактерий вполне обеспечивает бобовые растения азотом без дополнительного внесения азотных удобрений. Наконец, в литературе существует и такое мнение, что бобовые необходимо обеспечить не только биологическим, но и минеральным азотом [9].

Разноречивость приведенных сведений можно объяснить различиями в условиях проведения опытов, свойствами использованных почв, различными требованиями бобовых культур к условиям произрастания, а также эффективностью клубеньковых бактерий, участвующих в образовании клубеньков и величиной применяемых доз азотных удобрений [9, 10].

В данной работе обобщаются результаты десятилетних исследований (1994–2003 гг.) по программе географической сети опытов России с биопрепаратами по изучению влияния ризоторфина, изготовленного на новых штаммах клубеньковых бактерий, а также возрастающих доз азотных удобрений и их совместного действия с клубеньковыми бактериями на продуктивность гороха, клевера и люцерны.

Объекты и методы. Полевые опыты проводились на типичных для Томской области серых лесных почвах агробиостанции ТГПУ, содержащих спонтанные клубеньковые бактерии гороха и клевера до 700 тыс. клеток в 1 г почвы. Опыты размещались на делянках по 100 м² при 4-кратной повторности на фоне фосфорно-калийных удобрений в дозе по 60 кг действующего вещества на гектар. Азотные удобрения

в виде аммиачной селитры применялись в трех дозах: 30–60–90 кг действующего вещества на гектар. Посев производился узкорядным способом не протравленными семенами в третью декаду мая. Семена обрабатывались ризоторфином непосредственно перед посевом вручную, полувлажным способом (0.5 л воды на 1 ц семян), таким же количеством воды смачивались семена и для контрольных вариантов. Ризоторфин был получен из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург).

По данным агрохимических анализов в пахотном слое опытного участка содержалось: 4.5–5.2 % гумуса, 0.14–0.8 % общего азота, 13.4–16.5 мг на 100 г почвы P₂O₅ и 11.4–15.4 мг на 100 г почвы K₂O.

Об эффективности бобово-ризобияльного симбиоза судили по урожаю зеленой массы бобовых культур и содержанию в ней сырого протеина. Урожайные данные обработаны дисперсионным методом [11].

Результаты и их обсуждение. В полевых опытах по изучению влияния ризоторфина на урожай люцерны, клевера, гороха установлено, что эффективность этого препарата на серых лесных почвах Томской области колеблется в широких пределах.

В опытах с люцерной проверено 15 штаммов, под влиянием которых урожай зеленой массы повышался от 13 до 20 % при среднем урожае по контролю в 290 ц/га. Прирост сырого протеина под влиянием клубеньковых бактерий варьировал от 96 до 320 кг/га. В условиях нечерноземной зоны Западной Сибири наиболее стабильные прибавки зеленой массы люцерны на уровне 15–19 % на протяжении 10 лет были получены от ризоторфина, изготовленного на 425а, 412б, 404б штаммах клубеньковых бактерий.

В посевах клевера за 10 лет (1994–2003 гг.) испытана эффективность ризоторфина, изготовленного на 15 штаммах клубеньковых бактерий. Опытами показано, что эффективность этого бактериального препарата колеблется от 10 до 16 % по отношению к небактеризованным вариантам.

Наиболее эффективными оказались следующие штаммы: 348а, 40, 110, 348б, 340б под влиянием которых урожай сена клевера повышался на 12–16 %, а прирост сырого протеина возрастал от 74 до 125 кг/га. Самые устойчивые прибавки в условиях нашей зоны были получены от ризоторфина, изготовленного на 329б, 348а, 340б штаммах клубеньковых бактерий. Однако 3 штамма (42, 343б, 344б) не обеспечили достоверных прибавок урожая. Всего в посевах клевера за отчетный период проверено 15 штаммов, с которыми проведено 10 полевых опытов, включавших 44 опытных варианта, но достоверные прибавки получены в 30 вариантах, что составляет 68 % положительных случаев.

Однако в опытах с горохом искусственная инокуляция его семян ризоторфином оказалась в абсолютном большинстве случаев неэффективной. Лишь под

Влияние ризоторфина, возрастающих доз азотных удобрений и их совместного действия на продуктивность гороха, клевера и люцерны по опытам за 1994–2003 гг.

Варианты опытов	Горох (зеленая масса) (НСР _{0,95} = 20.95 ц/га, m = 3.5 %)				Клевер (сено) (НСР _{0,95} = 3.05 ц/га, m = 2.36 %)				Люцерна (зеленая масса) (НСР _{0,95} = 30 ц/га m = 3.05 %)			
	Средний урожай		Сырой протеин		Средний урожай		Сырой протеин		Средний урожай		Сырой протеин	
	ц/га	%	%	кг/га	ц/га	%	%	кг/га	ц/га	%	%	кг/га
P ₆₀ K ₆₀ (Фон)	185	100	15.71	406	32.0	100	13.12	302	285	100	14.45	576
Фон + ризоторфин	196	106	15.94	437	36.2	113	13.71	355	331	116	17.22	798
Фон + N ₃₀	200	108	16.04	449	33.7	105	13.90	337	305	107	14.68	627
То же + ризоторфин	202	109	16.06	454	36.6	114	14.11	371	356	125	17.98	876
Фон + N ₆₀	205	111	16.45	472	35.7	112	13.81	354	313	110	15.28	669
То же + ризоторфин	207	112	16.41	475	36.7	115	13.90	367	359	126	17.62	885
Фон + N ₉₀	217	117	17.52	532	36.4	114	14.14	371	322	113	15.01	677
То же + ризоторфин	215	116	17.49	526	36.9	115	13.90	369	328	115	15.49	711

влиянием трех штаммов (2606 в 1994 г., а также 2636 и 245а в 1995 г.) были получены достоверные прибавки урожая зеленой массы гороха.

Результаты опытов с бобовыми культурами по эффективности ризоторфина, возрастающих доз азотных удобрений и их совместного действия представлены в таблице.

Из средних данных десяти полевых опытов с горохом, проведенных как в условиях дефицита влаги (1994, 1997–1999, 2003 гг.), так и при ее достаточном и избыточном содержании (1995, 1996, 2000–2002 гг.), искусственная инокуляция оказалась неэффективной как по фону фосфорно-калийных удобрений, так и по всем трем (30–60–90 кг/га) испытываемым дозам минерального азота. Достоверные прибавки были получены только от азотных удобрений в количестве 60 и 90 кг/га.

В посевах клевера за тот же период под влиянием малой дозы минерального азота не получено достоверного прироста урожая, а средняя и повышенная дозы обеспечили прирост соответственно на 12 и 14 % при урожае по контролю в 32 ц/га сена клевера.

Эффективность искусственной инокуляции по фосфорно-калийному удобрению составила 13 %, содержание протеина при этом повысилось на 0.59 %, а сбор сырого протеина возрос на 53 кг/га. По фону малой дозы минерального азота прибавка сена клевера от ризоторфина была примерно такой же, как и от ризоторфина по фосфорно-калийному удобрению, а по фону азота в 60 и 90 кг/га искусственная инокуляция неэффективна.

В опытах с люцерной под действием испытываемых доз минерального азота (30–60–90 кг/га) урожай зеленой массы соответственно повысился на 7–10–13 % при среднем урожае по контролю в 285 ц/га. Результаты математической обработки показывают, что достоверной оказалась только прибавка, получен-

ная от 90 кг/га аммиачной селитры, которая соответствовала 37 ц/га по отношению к контролю и составила 13 %.

Под влиянием клубеньковых бактерий по фосфорно-калийному фону вес зеленой массы люцерны возрос на 46 ц/га, что соответствует 16 %, содержание сырого протеина при этом увеличилось на 2.77 %, а прирост сырого протеина составил 222 кг/га. Однако более высокие прибавки урожая зеленой массы получены от совместного использования ризоторфина с аммиачной селитрой в дозах 30 и 60 кг/га. По средним данным десяти полевых опытов применение ризоторфина и малой дозы азота повышало урожай зеленой массы люцерны на 71 ц/га (25 %), а при совместном применении бактериального препарата и 60 кг/га аммиачной селитры урожай повышался на 74 ц/га (26 %). Сбор сырого протеина возрос при этом соответственно на 300 и 309 кг/га. Применение ризоторфина с дозой минерального азота в 90 кг/га не способствовало получению более высокого урожая зеленой массы люцерны.

Таким образом, результаты исследований по проверке эффективности ризоторфина, изготовленного на разных штаммах клубеньковых бактерий, показывают, что в опытах с люцерной по всем испытываемым штаммам получены достоверные прибавки урожая зеленой массы. Эффективным оказался ризоторфин и в посевах клевера. Однако в опытах с горохом проверяемые штаммы в большинстве случаев не имели преимущества над спонтанными клубеньковыми бактериями.

При изучении влияния ризоторфина, возрастающих доз минерального азота и их совместного действия на продуктивность бобовых культур выяснилось, что в опытах с горохом, проведенных как в условиях недостаточного, так и избыточного увлажнения, искусственная инокуляция оказалась неэффективной как по

фону фосфорно-калийных удобрений, так и по всем трем испытываемым дозам минерального азота.

В посевах клевера установлено, что на фоне фосфорно-калийных удобрений лишь малая доза азота (30 кг/га) не снижает эффективность искусственной инокуляции.

В опытах с люцерной показано, что наиболее высокие урожаи зеленой массы были получены при совместном использовании ризоторфина и минерального азота в количестве 30 и 60 кг/га. Повышение дозы минерального азота до 90 кг/га снижает эффективность бобово-ризобиального симбиоза.

Литература

1. Кожемяков А.П. Продуктивность азотфиксации в агроценозах // Микробиологический журнал. 1977. Т. 59. № 4.
2. Патыка В.Ф., Калининченко А.В., Колмаз Ю.Т., Кислухина М.В. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений // Там же.
3. Гнетиева Л.Н., Барышникова Л.М. Влияние нитрагина и минерального азота на уровень симбиотической азотфиксации, урожай белой кормовой люпина и кормовых бобов и его качество // Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та с.-х. микробиологии. Т. 57. Л., 1987.
4. Доросинский Л.М. Клубеньковые бактерии и нитрагин. Л., 1970.
5. Мильто Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. Минск, 1982.
6. Гукова М.М. Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1974.
7. Алисова С.М. и др. Влияние минерального азота на ацетилен восстанавливающую активность клубеньков гороха // Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та с.-х. микробиологии. Т. 47. Л., 1987.
8. Лупашку З.А. Усвоение минерального и биологического азота соей при инокуляции // Микроорганизмы и продуктивность сельского хозяйства. Рига, 1980.
9. Посыпанов Г.С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М., 1985.
10. Трепачёв Е.П. Значение биологического и минерального азота в проблеме белка // Там же.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985.

УДК 581.19

С.А. Войцеконская, Т.П. Астафурова**, Б.Г. Агеев***, В.А. Сапожникова*****

ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ К ГИПОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ РАСТЕНИЙ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ

*Томский государственный педагогический университет

**Научно-исследовательский институт биологии и биофизики Томского государственного университета

***Институт оптики атмосферы СО РАН

Адаптация растений к условиям гипоксии осуществляется на морфологическом, клеточном, биохимическом, генетическом уровнях. У одних растений, постоянно находящихся в условиях дефицита кислорода, в процессе эволюции выработались разнообразные приспособления (устойчивые объекты), у других они возникают во время воздействия неблагоприятного фактора или не появляются совсем (неустойчивые объекты). Исследование механизмов адаптации растений к условиям анаэробноза представляет интерес в связи с изучением основ устойчивости. Это имеет большое практическое значение для разработки способов выращивания растений на затопляемых территориях, создания тестовых систем для селекционного отбора устойчивых к дефициту кислорода сельскохозяйственных культур. Актуальность исследований в этой области возрастает в связи с освоением высокогорных районов, Космоса, морских глубин и решением различных экологических задач. Экспериментально гипоксические условия создают затоплением, вы-

теснением воздуха инертными газами, разряжением атмосферы (гипобарическая гипоксия), причем последний способ менее изучен.

Целью настоящей работы являлось изучение биохимических механизмов адаптации к гипобарической гипоксии растений, контрастных по устойчивости к этому фактору. В задачи работы входило: 1) определение активности ключевого фермента анаэробного обмена – алкогольдегидрогеназы (АДГ) в различных условиях азрации; 2) исследование влияния гипобарической гипоксии на активность малатдегидрогеназ: НАД-зависимой малатдегидрогеназы (НАД-МДГ) и НАДН-зависимой малатдегидрогеназы (НАДН-МДГ).

Объектами служили 7-суточные проростки пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Тулунская и 10-суточные проростки риса (*Oryza sativa* L.) сорта ВНИИР-17, различающиеся по устойчивости к дефициту кислорода. Растения выращивали на специальных подставках на дистиллированной воде при температуре воз-