

УДК 631.46 : 631 : 544

Эви ПЯРСИМ, Ао ПАЭ

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И АЗОТНЫЙ РЕЖИМ В ТЕПЛИЧНЫХ ГРУНТАХ В ПОСЛЕУБОРОЧНЫЙ ПЕРИОД

Повышению продуктивности сельскохозяйственного фитоценоза способствует расширение тепличного овощеводства в целях обеспечения населения свежими овощами, если не в течение всего года, то, по крайней мере, в ранний весенний период.

При современной технологии возделывания овощей каждый год в производственных теплицах Эстонской ССР в больших количествах используется слаборазложившийся верховой торф (степень разложения — 15%). Торф и торфосмеси используют в теплицах, как правило, один-два года, а затем вывозят для удобрения полей. Запасы торфа, как и другие природные ресурсы, не беспредельны. По суждению эстонских геологов, в современных климатических условиях торф образуется лишь на болотах, не подвергаемых антропогенному воздействию, и составляет только 0,89 мм в год (Raudsepp, 1985). Частая смена торфяного субстрата требует немалых затрат, с чем приходится считаться при переходе хозяйств и предприятий республики на полный хозрасчет. В этой связи следует выяснить условия наиболее эффективного применения торфа в качестве тепличного грунта для получения возрастающих объемов биологической продукции с единицы площади.

Учитывая актуальность настоящей проблемы и недостаточную освещенность вопроса о влиянии высоких доз минеральных удобрений на биологическую активность и баланс азота тепличных субстратов, настоящее сообщение посвящено исследованию структуры и распространения микробиоценозов в тепличных грунтах.

Материал и методика

С целью выявления закономерностей изменения биологической активности различных тепличных субстратов в период после возделывания овощных культур учитывалась динамика численности разных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов и измерялся баланс азота. Варианты тепличных субстратов были следующие: 1) слаборазложившийся верховой торф 1-го года использования; 2) слаборазложившийся верховой торф 2-го года использования; 3) полевая почва с навозом; 4) смесь верхового торфа и соломенной резки (4 кг соломенной резки на 25—30 кг сухого торфа); 5) соломенные тюки (90×60×40 см, средний вес 15—20 кг); 6) остатки соломенных тюков предыдущего года. Томаты сорта 'Виса F' выращивались на делянках. Опыты проводили в зимней стеллажной теплице. Подробная схема опытов описана нами ранее (Пярсим, Паэ, 1984, 1985; Пярсим и др., 1985).

Субстратные образцы для анализов брали с глубины 2—10 см. В свежих образцах определяли численность микроорганизмов, содержание минерального азота, влажность и реакцию почвы (pH_{KCl}). Для выделения микроорганизмов использовали метод разведения аммонифицирующих бактерий на среде x_3 (Рахно, 1964), нитрифицирующих — в жидкой среде Виноградского, денитрифицирующих — в среде Гильтая, аэробных целлюлозоразлагающих — в среде Гетчинсона, азотобактера — на среде Эшби, грибов — на среде Чапека.

Обменный аммоний определяли в вытяжке 1 н. KCl методом дистилляции в 0,01 н. H₂SO₄; фиксированный аммоний — экстракцией из смеси 1 н. HF : 1 н. HCl по Я. Н. Бремнеру (Bremner, 1959); нитратный азот — колориметрически салицилатом натрия.

Результаты

Сравнение данных, полученных в конце вегетации растений (в сентябре) и после перезимовки тепличных субстратов (в марте), показало весьма энергичное протекание микробиологических процессов в условиях защищенного грунта (табл. 1). Выяснилось, что численность нитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий увеличилась во всех вариантах тепличных субстратов в марте. Например, средняя численность нитрифицирующих бактерий возросла в 1,5 раза, а аэробных целлюлозоразлагающих бактерий — в 1,4 раза. Численность аммонифицирующих бактерий существенно не изменилась, только в варианте с торфом и остатками соломенных тюков 1-го года использования их численность увеличилась с $15 \cdot 10^6$ до $60 \cdot 10^6$. Данные, полученные при изучении динамики аммонифицирующих бактерий, показали, что число бактерий в разных субстратах увеличивалось весьма плавно, без резких подъемов (Пярсим, Паэ, 1985). Численность денитрифицирующих бактерий уменьшилась во всех торфяных субстратах с соломой и в субстрате полевой почвы с навозом, но увеличилась в субстратах с верховым торфом 1-го и 2-го года использования.

Известно, что внесение азотных удобрений, особенно в повышенных дозах активизирует жизнедеятельность нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий и препятствует развитию свободноживущих азотфиксаторов, в частности азотобактера. Это подтверждается и нашими

Таблица 1

Численность микроорганизмов в различных тепличных субстратах (клеток на 1 г абс. сухого субстрата)

Вариант субстрата	Время взятия проб	Бактерии					Азотобактер	Актиномицеты (10 ³)	Грибы (10 ³)
		аммонифицирующие (10 ⁶)	денитрифицирующие (10 ⁶)	нитрифицирующие (10 ⁶)	аэробные целлюлозоразлагающие (10 ⁶)	азотобактер			
Верховой торф 1-го года использования	Сентябрь	15	18	29	36	0	2	65	
	Март	15	32	33	48	0	14	460	
Верховой торф 2-го года использования	Сентябрь	26	10	20	23	0	2	300	
	Март	33	45	30	37	0	6	250	
Полевая почва с навозом	Сентябрь	11	40	45	11	20	4	400	
	Март	23	11	48	31	0	13	1 200	
Смесь торфа и соломенной резки	Сентябрь	15	34	13	35	0	0	18 000	
	Март	30	33	47	40	0	16	18 000	
Соломенные тюки	Сентябрь	29	325	53	34	0	0	2 600	
	Март	28	260	59	39	0	9	4 900	
Остатки соломенных тюков предыдущего года	Сентябрь	15	28	27	30	0	0	12 000	
	Март	60	20	33	31	0	3	45 000	

данными, по которым в субстрате полевой почвы с навозом наблюдалось постепенное уменьшение численности азотобактера (Пярсим, Паэ, 1984). Богатый органическими веществами навоз стимулирует размножение ряда микроорганизмов, в том числе азотобактера (Мишустин, 1976). Азотобактер найден при возделывании овощных культур только в субстрате полевой почвы с навозом, актиномицеты — во всех субстратах без соломы. После перезимовки (в марте) азотобактер не был обнаружен ни в одном субстратном варианте, а актиномицеты — во всех. По данным литературы, актиномицеты сильно способствуют разложению соломы (Емцев, Нице, 1980).

Таким образом, распространение некоторых микроорганизмов, например, азотобактера и актиномицетов, не связано с типом субстрата, а определяется конкретными экологическими условиями.

Общей тенденцией для всех исследуемых тепличных субстратов является значительная активизация развития почвенных грибов (табл. 1). Если к концу вегетационного периода средняя численность грибов во всех пробах составляла 33 млн./1 г абс. сухого субстрата, то в марте следующего года — 70,0 млн. Наличие в субстратах торфа с соломой огромного количества почвенных грибов (достигающего десятки миллионов на 1 г абс. сухого субстрата) говорит о ведущей роли на этом этапе разложения соломенных остатков микроскопических грибов по сравнению с другими микроорганизмами. Этот факт подтверждается данными, полученными при определении динамики численности разных физиологических групп микроорганизмов (Пярсим, Паэ, 1984; Пярсим и др., 1985).

Известно, что в среднем грибы расщепляют 40% субстрата, но для этого они нуждаются в достаточной влажности (50—75%) и в наличии усваиваемого азота (1 часть азота на 25—50 частей клетчатки) (Пшон, Баржак, 1960).

Интересно отметить, что количество грибов в соломенных тюках оказалось несколько меньшим (2,6—5 млн./1 г абс. сухого субстрата), чем в субстратах торфа с соломой (12—45 млн./1 г абс. сухого субстрата). По-видимому, состав микробных сообществ и интенсивность микробиологических процессов в чистой соломе и в смеси торфа с соломой в какой-то мере различаются даже при воздействии одинаковыми факторами.

Если по количеству почвенных грибов можно судить об интенсивности биологических процессов, происходящих в тепличных субстратах, то изучение качественного состава грибов дает дополнительные сведения о ведущих факторах, обуславливающих формирование определенных ценозов в грунте. Различия в развитии микроскопических грибов в тепличных субстратах важны также с точки зрения их фитопатогенных свойств.

В тепличных субстратах преобладали грибы родов *Torula*, *Mortierella*, *Saprolegnia*, *Penicillium*, *Trichoderma*. Наибольшее разнообразие почвенных грибов было в субстрате полевой почвы с навозом. Характерными для этого субстрата были представители родов *Fusarium*, *Mortierella*, *Mucor*, *Penicillium*, *Torula* и *Trichodermae*. Род *Verticillium* обнаружен только в субстрате полевой почвы с навозом. В конце вегетации доминантами грибных сообществ являлись роды *Alternaria*, *Aspergillum*, *Fusarium*, *Mucor* и *Trichoderma*.

Заметное увеличение количества грибов и перегруппировка их родового состава происходит в послеуборочный период, т. е. в марте следующего года. В тепличных субстратах в это время доминируют, в основном, представители родов *Chaetomium*, *Cephalosporium*, *Mortierella*, *Penicillium*, *Saprolegnia*. Таким образом подтверждается высказывание, согласно которому видовой состав микромитетов в ризосфере растений

Содержание минерального азота (мг/100 г абс. сухого субстрата) в различных тепличных субстратах

Показатель	Время взятия проб	Вариант субстрата*					
		1	2	3	4	5	6
Ионно-обменный аммоний	Сентябрь	16,8	11,6	10,1	8,3	42,1	5,8
	Март	26,4	11,9	15,4	18,8	46,2	20,9
Фиксированный аммоний	Сентябрь	20,2	12,3	12,4	9,3	48,9	10,4
	Март	23,0	16,9	21,1	15,7	52,1	22,7
Ионно-обменный + фиксированный аммоний	Сентябрь	37,0	23,9	22,5	17,6	91,0	16,9
	Март	49,4	28,8	36,5	34,5	98,3	43,6
Нитраты	Сентябрь	4,0	3,8	4,3	2,2	5,6	2,1
	Март	3,2	2,6	3,5	1,0	2,8	1,4
Отношение аммиачного азота и нитратов	Сентябрь	9,2	7,2	5,2	8,0	16,2	8,0
	Март	12,3	11,1	10,4	34,5	35,0	31,2
рН субстрата	Сентябрь	6,3	7,3	6,4	5,6	5,6	5,7
	Март	6,1	7,0	6,6	6,0	5,7	5,7

* См. методику.

шире, чем в грунтах без растений в послеуборочный период. Это свидетельствует о влиянии корневых выделений и других экзометаболитов овощей на родовое разнообразие и физиолого-биохимические свойства грибов. Так со временем изменяется качественная характеристика грибов, показатели субстрата и взаимосвязь между ними.

Интересно отметить, что в субстратных пробах, взятых из теплиц овощеводческого опорно-показательного совхоза им. В. И. Ленина Харьковского р-на ЭССР, наряду с почвенными грибами встречались в довольно значительных количествах и нематоды. Отмечено, что функциональная активность некоторых грибов (особенно *Fusarium*) в сообществах стимулируется нематодами (Лугаускас, 1981). При возделывании овощных культур существенно увеличивается разнообразие почвенных грибов, однако общая численность их заметно уменьшается.

Изучение минерализации и иммобилизации соединений азота в тепличных субстратах показало, что для закрытого грунта требуется своеобразный азотный режим (Пярсим, Паэ, 1985). В связи с активной микробиологической деятельностью содержание подвижного азота в условиях защищенного грунта во много раз больше, чем в минеральных почвах открытого грунта (табл. 2). Благодаря высокой нитрифицирующей способности тепличных грунтов содержание нитратов составляло 2,0—6,0 мг на 100 г абс. сухого субстрата. Большее содержание (16,0—110,0 мг) аммиачного азота (ионно-обменный и фиксированный аммоний вместе взятые) свидетельствует, что аммонификация протекает в тепличных грунтах интенсивнее, чем нитрификация.

Показано (Садыков и др., 1985), что в почвенных экосистемах, характеризующихся высоким отношением $N-NH_4/N-NO_3$, процесс минерализации органического азота подвергается аммонификации без дальнейшей нитрификации. Это обеспечивает питание растений энергетически более выгодной формой азота и снижение потерь азота из почвы вследствие денитрификации.

Сравнение содержания $N-NH_4/N-NO_3$ в различных тепличных субстратах показывает, что оно значительно выше в грунтах с соломой (табл. 2). Таким образом добавление соломы заметно смещает соотно-

Таблица 3

Численность микроорганизмов (клеток на 1 г абс. сухого субстрата) и содержание минерального азота (мг/100 г абс. сухого субстрата) в тепличных грунтах в овощеводческом опорно-показательном совхозе им. В. И. Ленина

Показатель	Вариант субстрата	
	Соломенные тюки 1-го года использования	Остатки соломенных тюков предыдущего года
Аммонифицирующие бактерии (10^6)	52	68
Денитрифицирующие бактерии (10^8)	310	22
Нитрифицирующие бактерии (10^4)	45	3500
Аэробные целлюлозоразлагающие бактерии (10^6)	31	16
Азотобактер	0	130
Актиномицеты (10^3)	0	6
Грибы (10^6)	30	20
Ионно-обменный аммоний	148,6	21,0
Фиксированный аммоний	144,3	22,8
Ионно-обменный + фиксированный аммоний	292,9	43,8
Нитраты	40,4	27,8
Отношение аммиачного азота и нитратов	60,3	1,6
pH субстрата	5,9	6,1

шение микробиологических процессов минерализации и иммобилизации внесенного азота. Более интенсивному разложению соломы содействует аммиачный азот, обеспечивающий быстрое накопление в субстрате больших количеств органического азота. Так как процессы минерализации и иммобилизации обратимы, то после отмирания микроорганизмов поглощенный ими азот вновь минерализуется и может вновь служить пищей для культивируемых растений.

Мнения о размерах использования растениями биологически закрепленного азота довольно противоречивы. Одни авторы полагают, что закрепившийся азот обычно используется незначительно, т.е. 1—3% от внесенного (Корицкая, 1972; Смирнов и др., 1975), а другие указывают на более высокое его использование — 20% (Сизова, Евдокимова, 1974).

Сравнение содержания нитратов за определенный период времени выявило, что нитратов было больше в конце возделывания растений (в сентябре), чем после перезимовки субстратов (в марте) (табл. 2). Аммиачного азота, наоборот, в сентябре было меньше. Накопление аммиачного азота в послеуборочный период, т.е. осенью-зимой, можно объяснить влиянием низких температур, так как микробиологическое окисление аммиачного азота в нитраты замедлялось.

Содержание аммиачного азота, несколько раз превышающее содержание нитратов, свидетельствует о том, что основная часть минерального азота, вносимого удобрениями, представлена в субстратах в аммиачной форме.

Содержание минерального азота в субстратных образцах из остекленной теплицы овощеводческого опорно-показательного совхоза им. В. И. Ленина было в начале возделывания овощей во много раз больше, чем в образцах из наших опытов (табл. 3). В условиях производственных теплиц использовали два вида тепличных грунтов: 1) торф с соломенными тюками; 2) торф с остатками соломенных тюков предыдущего года. При сравнении этих субстратов выяснилось, что содержание

обменного и фиксированного аммония в 7 раз, а нитратного азота в 1,5 раза превышало содержание соединений азота в субстрате с остатками соломенных тюков предыдущего года. Учет количества микроорганизмов на твердых и жидких средах показал, что их численность в общих чертах не отличается от таковой, полученной в наших опытах (табл. 3). Надо отметить, что в субстрате с соломенными тюками численность нитрифицирующих бактерий на два порядка меньше, чем в субстрате с остатками соломенных тюков. В последнем обнаружены и актиномицеты. Результаты, полученные при исследовании тепличных субстратов в наших опытах, показали, что азотобактер не найден ни в одном субстрате с верховым торфом, за исключением субстрата полевой почвы с навозом, а в условиях производственных теплиц азотобактер был обнаружен в субстрате торфа с остатками соломенных тюков. Возможно, он вносился в небольших количествах в субстрат с почвой посадочного материала.

Таким образом, положительный эффект активации микробиологических процессов при современной технологии возделывания тепличных культур с внесением больших доз минеральных удобрений обусловлен высоким уровнем трансформации химических соединений, ведущих к повышению питательности грунта и снижению ее токсичности, а также антагонизмом почвенной микрофлоры по отношению к микроорганизмам — возбудителям заболеваний растений.

Приведенные нами данные являются убедительным аргументом в пользу использования действия микроорганизмов в тепличных грунтах в качестве эффективного агроприема, способствующего более экономичному и производительному применению торфяных субстратов.

ЛИТЕРАТУРА

- Емцев В. Т., Нице Л. К. Влияние соломы на микробиологические процессы в почве при ее использовании в качестве органического удобрения // Использование соломы как органического удобрения. М., 1980, 70—102.
- Корицкая И. А. Использование зерновыми культурами азотных удобрений и их превращение в дерново-подзолистой почве (опыты с ^{15}N в полевых условиях). Автореф. канд. дис. М., 1972.
- Лугаускас А. Ю. Почвенные грибы в микробных сообществах в разных экологических условиях // Микробные сообщества и их функционирование в почве. Киев, 1981, 187—196.
- Мишустин Е. Н. Микробные ассоциации почвенных типов // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. М., 1976, 19—41.
- Пошон Ж., Де Баржак Г. Почвенная микробиология. М., 1960.
- Пярсим Э., Паз А. Динамика численности почвенных микробов и интенсивность продуцирования CO_2 в некоторых тепличных субстратах // Изв. АН ЭССР. Биол., 1984, 33, № 4, 285—293.
- Пярсим Э., Паз А. Минерализация и иммобилизация соединений минерального азота в тепличных субстратах // Изв. АН ЭССР. Биол., 1985, 34, № 3, 144—149.
- Пярсим Э., Паз А., Аксель М. Численность и состав почвенных грибов в субстратах защищенного грунта // Изв. АН ЭССР. Биол., 1985, 34, № 1, 23—28.
- Рахно П. Х. Сезонная количественная динамика почвенных бактерий и факторы, обуславливающие ее. Таллинн, 1964.
- Садыков Б. Ф., Зуева Л. Д., Шлыков В. И. Круговорот азота в целинных и пахотных почвах // Микробиология, 1985, 54, 656—660.
- Сизова Д. М., Евдокимова Н. В. Трансформация азота удобрений и углерода корневых и пожнивных остатков озимой пшеницы в длительно удобряющейся дерново-подзолистой почве // Биол. ВИУА, 1974, 22, 12—18.
- Смирнов П. И., Шилова Е. И., Косарева Г. П. Баланс азота при трехлетнем внесении меченых ^{15}N азотных удобрений // Изв. ТСХА. 1975. № 2. 84—91.
- Bremner, J. M. Determination of fixed ammonium in soil // J. Agr. Sci., 1959, 52, 18—21.
- Raudsepp, A. Kas meie turbavarud on ikka ammendatud? // Sots. Põllumajandus, 1985, nr. 22, 16—17.

KATMIKALA SUBSTRAATIDE MIKROBIOLOOGILINE ISELOOMUSTUS JA LÄMMASTIKUREŽIIM KORISTUSJÄRGSSEL PERIOODIL

Märtsis, pärast kasvusubstraatide talvitumist nitrifitseerivate ja aeroobsete tselluloosi lagundavate bakterite arvukus tõuseb. Ammonifitseerivate bakterite sisalduses erinevusi ei täheldatud. Kui aktinomütsete leidus kõikides kasvusubstraadivariantides, siis asotobakter puudus täielikult. Mullaseente liigiline koostis vähenes, kuigi nende üldsisaldus märtsis tõusis.

Ammooniumlämmastiku ja nitraatlämmastiku kõrge suhtearv põhuga kasvusubstraadides näitas, et lämmastiku mineraliseerumine piirdub ammonifikatsiooniga ilma edasise nitrifikatsioonita. Kõige rohkem oli nitraatlämmastikku septembris, ammooniumlämmastikku aga märtsis.

Toodud andmed on veenev argument selle kasuks, et mikroorganismide elutegevuse reguleerimine katmikala tingimustes võimaldab turba kui kasvusubstraadi ökonoomsemat kasutamist.

THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY AND NITROGEN REGIME IN GREENHOUSE SUBSTRATES DURING THE POST-HARVESTING PERIOD

The results of investigations revealed that the number of nitrifiers and aerobic cellulose-decomposers increased in March, as compared with the number obtained in September. No differences in the amount of ammonifiers were observed. Actinomycetes were found in all growth substrates, but azotobacters were completely absent. The number of species of soil fungi decreased, although their total number increased.

The high ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen in straw substrates shows that the mineralisation of nitrogen was due to its ammonification only without further nitrification. The content of nitrate nitrogen was the highest in September and that of ammonium nitrogen in March.

The results obtained support the idea that the regulation of microbial activities in greenhouse conditions enables us to use sphagnum peat as a growth substrate more economically.