

<https://doi.org/10.3176/biol.1984.4.08>

Эви ПЯРСИМ, Ао ПАЭ

УДК 631.46:631.544.4:631.589.2

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБОВ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУЦИРОВАНИЯ CO_2 В НЕКОТОРЫХ ТЕПЛИЧНЫХ СУБСТРАТАХ

Один из существенных показателей биологического состояния почвы — ее микрофлора. При использовании защищенного грунта, где для выращивания овощных культур в качестве почвы применяют различные субстраты и высокие дозы удобрений, создаются специфические условия для функционирования микробных сообществ. Одним из подходов к изучению механизмов функционирования микробных сообществ может быть исследование динамики численности популяции почвенных микроорганизмов. Регулирование факторов, обуславливающих количественные и качественные особенности динамики микрофлоры в тепличных субстратах, занятых разными культурами, имеет большое значение. Создание более благоприятных условий для развития одних и ограничения развития других видов микробов — один из путей улучшения условий питания растений. Например, внесение в почву соломы не только стимулирует размножение самых разных групп микроорганизмов данного биоценоза, но и улучшает структуру и агрофизические свойства субстрата, его водный, тепловой и газовый режимы (Bultz и др., 1975; Карамшук, 1980).

Особый интерес представляет определение продуцирования субстратом углекислого газа — обобщенного показателя деятельности почвенных микроорганизмов, ферментов и корневых систем растений (Dowdell, Crees, 1975; Smith, 1977; Куппа, 1979). Поэтому в тепличном овощеводстве для усиления фотосинтеза весьма важно повысить роль тепличного грунта как источника CO_2 . Установлено, что высокая концентрация CO_2 в воздухе теплиц в 5—10 раз в отличие от наружного воздуха увеличивает урожай огурцов на 15—20% (Паэ, 1980).

С целью выявления закономерностей изменения биологической активности почвенных процессов в различных тепличных субстратах в период возделывания овощных культур учитывали динамику численности некоторых физиологических групп почвенных микроорганизмов и измеряли продуцирование CO_2 с поверхности делянок.

Материал и методика

Динамику численности почвенных микроорганизмов и продуцирование CO_2 различными тепличными грунтами изучали в зимней стеллажной теплице в течение двух лет (1981—1982). Варианты тепличных субстратов были следующими: 1) слаборазложившийся верховой торф первого года использования, 2) слаборазложившийся верховой торф второго года использования (пропаренный), 3) полевая почва с навозом, 4) смесь верхового торфа и соломенной резки (на 25—30 кг сухого торфа 4 кг соломенной резки), 5) соломенные тюки (средним весом 15—20 кг и размерами 90×60×40 см), 6) остатки соломенных тюков предыдущего года

(только в опыте 1982 г.). В 1981 г. на делянках выращивали огурцы (сорт «Зозуля F₁»), а в 1982 г. томаты (сорт «Виса F₁»). Обе культуры высаживали в грунте в первой декаде апреля. Одновременно брали пробы субстратов (с тремя повторностями каждую) как для микробиологических анализов, так и для определения влажности и рН. В то же время измеряли и выделения CO₂ с поверхности делянок.

Субстратные образцы готовили путем 15-минутного взбалтывания субстратной суспензии в колбах на встряхивателе. Определяли численность микроорганизмов следующих шести групп — аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий, азотобактера и актиномицетов. Для выявления микроорганизмов использовали стандартные селективные питательные среды, за исключением аммонифицирующих бактерий, для анализа которых применяли питательную среду X₃ (Рахно, 1964).

Выделение CO₂ с поверхности субстрата на делянках определяли по модифицированному нами методу Б. Н. Макарова (1975), измеряя концентрацию газа инфракрасным газоанализатором Инфралит III. Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием корреляционного и трехфакторного дисперсионного анализа на ЭВМ «СМ-4».

Результаты и обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что внесение соломы в состав тепличного грунта заметно сказывается на изменении количественного состава почвенных микроорганизмов. При этом влияние соломы зависит не только от фона, на котором она используется, но и от способа ее внесения. Как свидетельствуют полученные данные (рис. 1, 2), солома способствует увеличению численности почти всех определяемых нами групп почвенных бактерий: аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих. Исключение составляют актиномицеты. Азотобактер был найден только в субстрате полевой почвы с навозом.

Выяснилось, что в начальной стадии опыта нитрифицирующие, денитрифицирующие и аэробные целлюлозоразлагающие бактерии в различных видах субстрата представлены весьма малочисленно. В теплице при хороших гидротермических условиях и режиме питания количество почвенных бактерий за короткое время увеличивалось в несколько раз и продолжало увеличиваться вплоть до июля. Например, в опыте 1982 г. численность денитрифицирующих бактерий возросла от 5×10^8 до 134×10^8 , нитрифицирующих — от 6×10^5 до 53×10^5 и аэробных целлюлозоразлагающих — от $5,5 \times 10^5$ до 520×10^5 . В сентябре, т. е. в конечный период возделывания овощных культур, наблюдалось снижение численности всех отмеченных выше групп бактерий. Аммонифицирующих бактерий было весьма много уже в начале опыта и их число в разных субстратах увеличивалось весьма плавно, без резких подъемов (рис. 1).

Сравнение структуры микробных сообществ различных тепличных субстратов по численности физиологических групп почвенных бактерий показало, что наименьшая заселенность микроорганизмами характерна для торфа первого года использования. В этом субстрате средняя численность аммонифицирующих бактерий была ниже, чем в торфяных субстратах с соломой в 5, денитрифицирующих и нитрифицирующих — в 3, аэробных целлюлозоразлагающих — в 7 раз. Но в торфе второго года использования эти группы микроорганизмов находили для своего развития более благоприятные условия и здесь их показатели в течение всех месяцев во много раз превышали показатели торфа первого года использования. Таким образом, в торфе второго года использования микробио-

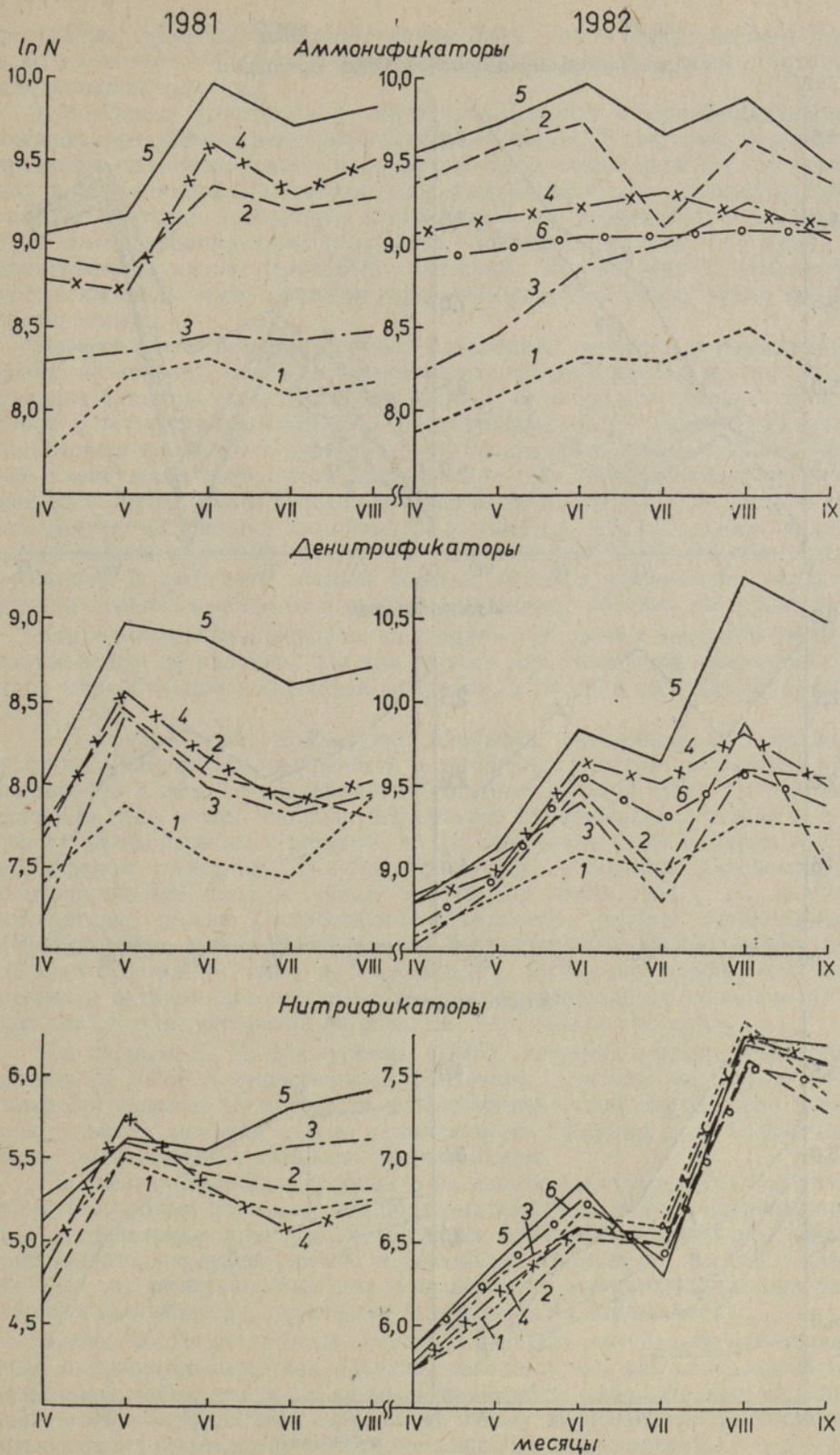


Рис. 1. Динамика численности почвенных бактерий некоторых тепличных субстратов. 1 — верховой торф первого года использования; 2 — верховой торф второго года использования; 3 — полевая почва с навозом; 4 — смесь торфа и соломенной резки; 5 — соломенные тюки; 6 — остатки соломенных тюков первого года использования.

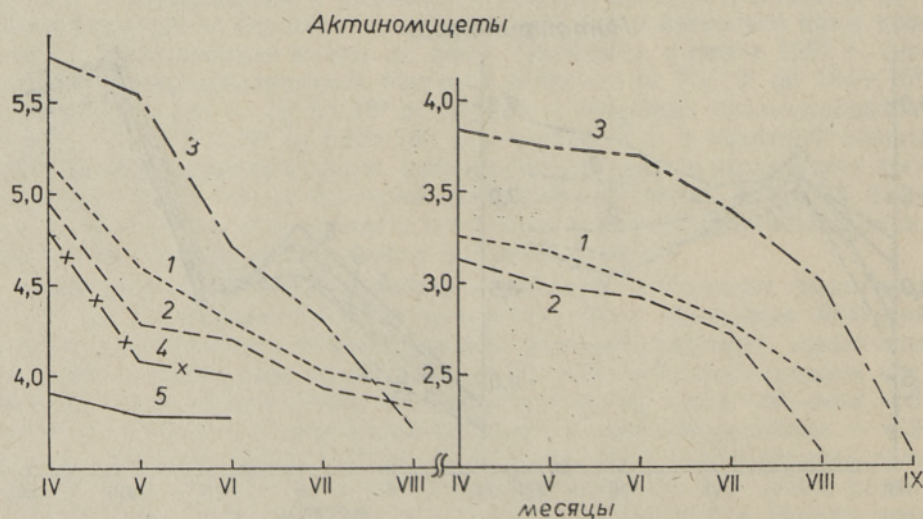
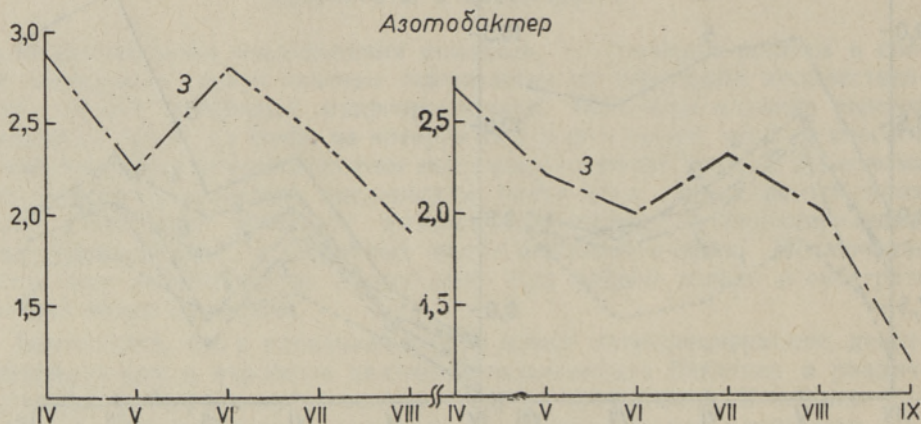
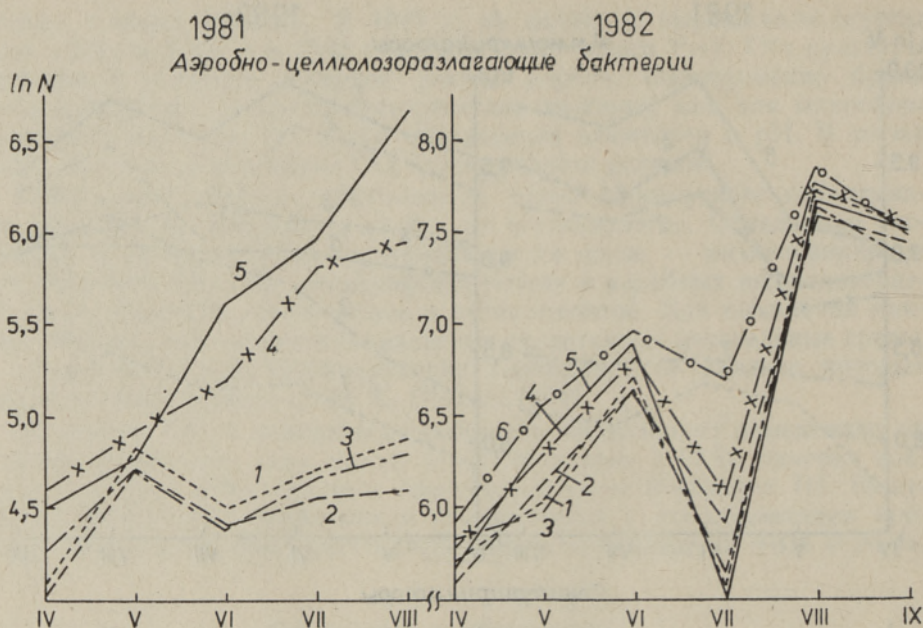


Рис. 2. Динамика численности почвенных бактерий некоторых тепличных субстратов. Обозначения см. на рис. 1.

логические процессы протекают интенсивнее, чем в торфе первого года использования, что обеспечивает более благоприятный режим питания для овощных культур.

В торфяных субстратах с соломой численность аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, которые усваивали продукты разложения клетчатки, всегда была наибольшей. Это подтвердил и корреляционный анализ: численность аэробных целлюлозоразлагающих бактерий находилась в положительной корреляции с численностью аммонифицирующих ($r=0,584$), нитрифицирующих ($r=0,890$) и денитрифицирующих ($r=0,848$) бактерий. Установленная закономерность свидетельствует о наличии трофических связей между этими микроорганизмами.

Известно, что внесение азотных удобрений, особенно в повышенных дозах, активирует жизнедеятельность нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий и препятствует развитию свободноживущих азотфиксаторов, в частности азотобактера. Это подтверждается и нашими данными, по которым в субстрате полевой почвы с навозом наблюдалось постепенное уменьшение численности азотобактера при одновременном увеличении всех других групп почвенных микроорганизмов (рис. 2). Если в начале опыта численность азотобактера составляла 800, то к концу периода возделывания овощных культур она снизилась до 20 на 1 г абс. сухого субстрата. В субстрате полевой почвы с навозом применялась окультуренная дерново-карбонатная суглинистая почва, богатая азотобактером.

Как и можно было ожидать, ни в одном субстрате с верховым торфом азотобактера не нашлось, так как кислые торфяные почвы характеризуются малообильной популяцией микробов, в которой азотобактер совсем отсутствует.

Примерно такая же картина динамики численности наблюдалась у актиномицетов. Их численность в тепличных субстратах уменьшалась постепенно в течение возделывания овощных культур (рис. 2). Разница состояла лишь в том, что если азотобактер обнаруживался только в субстрате полевой почвы с навозом, то актиномицеты были найдены еще и в торфяном субстрате. В субстратах торфа с соломой актиномицеты обнаруживались лишь в первые три месяца опыта 1981 г. По данным литературы, сильно способствуют разложению соломы актиномицеты (Емцев, Нице, 1980). Наши данные, полученные в исследованиях тепличных субстратов, этого не подтвердили. Возможно, уменьшение численности актиномицетов связано также с отрицательным влиянием высоких доз азотных удобрений на развитие этих микроорганизмов.

По данным Е. Н. Мишустина (1975), внесение азотных удобрений влечет за собой и существенные изменения в составе некоторых групп микроорганизмов. Например, в дерново-подзолистой почве после внесения сульфата аммония сильно размножаются бактерии рода *Cellvibrio* и резко уменьшается численность актиномицетов.

Сравнение микробных сообществ на однотипных субстратах под томатами и огурцами показало, что под томатами численность нитрифицирующих, денитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий значительно выше, чем под огурцами. Актиномицетов, наоборот, было больше под огурцами. Разницы в численности аммонифицирующих бактерий и азотобактера под обеими культурами не наблюдалось.

Значение рН субстратной суспензии в регуляции численности почвенных микроорганизмов, как правило, невелико, так как этот показатель довольно стабильный и во времени изменяется незначительно. Вследствие этого коэффициенты корреляции между значением рН и численностью разных физиологических групп микробов недостоверны.

Степень воздействия влажности как экологического фактора на развитие отдельных групп почвенных микроорганизмов в условиях теплицы

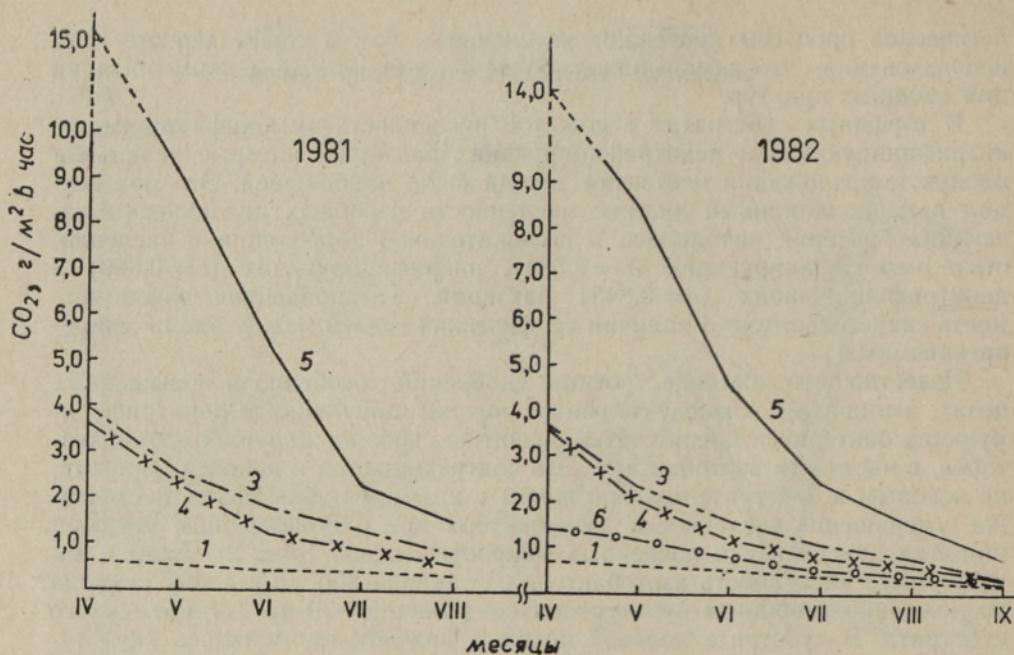


Рис. 3. Динамика выделения CO_2 с поверхности делянок различных субстратов. Обозначения см. на рис. 1. Кривые для торфа второго и первого года использования идентичны.

была неодинаковой. К влажности наиболее чувствительными оказались аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы ($r=0,429$). По данным О. Е. Аврова (1980), целлюлозоразлагающие бактерии очень требовательны к влаге и активны только в достаточно влажной среде. Также известно, что скорость разложения соломы зависит в большей степени от влажности почвы, чем от температуры (имеется в виду температура выше 0°C). Наиболее интенсивно клетчатка разлагается при влажности 70% полной влагоемкости почвы (Тодорова, 1972; Сеги, 1972).

Основная роль в продуцировании углекислого газа почвой принадлежит жизнедеятельности микроорганизмов. Поэтому интенсивность выделения CO_2 из почвы может характеризовать активность биологических процессов. О существовании прямой зависимости между деятельностью микроорганизмов и продуцированием CO_2 почвой говорят исследования ряда авторов (Авров, 1980; Банкин и Банкина, 1979). В некоторых работах установлена достаточно хорошая корреляция между численностью бактерий и скоростью выделения CO_2 (Дульгеров, 1981). Однако корреляция такого рода не всегда сильна, ибо численность бактерий не всегда показатель физиологической активности популяции.

Наши данные по выделению CO_2 с поверхности разных субстратов показали (рис. 3), что в процессе разложения соломы CO_2 образовалось в десять с лишним раз больше, чем в торфяных субстратах. При возделывании овощных культур с поверхности соломенных тюков в начальный период (апрель—май) выделялось по $15,0\text{--}9,0$ г CO_2 на 1 м^2 в час. Дальше продуцирование CO_2 постепенно замедлялось. В конце вегетации растений (август—сентябрь) скорость выделения CO_2 не превышала $1,5\text{--}0,75$ г/ м^2 в час. Минимальные и постоянные концентрации CO_2 приурочены к торфяным субстратам первого и второго года использования. В этих субстратах максимальное ($0,7\text{--}0,6$ г/ м^2 в час) выделение CO_2 совпадало с минимальной концентрацией CO_2 , выделившегося из соломенных тюков.

Если сравнить динамику выделения CO_2 с динамикой численности

Результаты дисперсионного анализа зависимости численности микроорганизмов, типа субстрата, времени года и выращиваемой культуры (значения критерия Фишера)

Факторы	Бактерии				Выделение CO ₂	Влажность
	аммонифицирующие	нитрифицирующие	денитрифицирующие	аэробные целлюлозо-разлагающие		
Тип субстрата В	68,242	58,774	59,294	30,372	55,852	4,159
Время анализа С	14,604	130,114	65,295	137,095	24,346	10,352
Овощная культура Д	27,284	501,441	420,269	494,687	(0,094)	4,086
Взаимодействие факторов:						
В×С	3,264	3,192	12,532	14,048	44,100	3,049
В×Д	29,580	8,587	8,538	37,255	(0,169)	(0,587)
С×Д	(2,506)	143,939	65,807	87,486	(0,064)	7,194
В×С×Д	15,884	16,980	34,006	31,914	(0,356)	8,826

Примечание: В скобках приведены статистически незначительные значения критерия Фишера ($P > 0,5$).

микроорганизмов, то увидим, что в соломенных тюках среднее содержание микробов было наивысшим, а в торфе наименьшим. Значения коэффициентов корреляции между численностью разных групп почвенных микроорганизмов и выделением CO₂ свидетельствуют о недостоверной связи между этими показателями. Отсутствие прямой положительной корреляции между численностью микробов и выделением CO₂ из субстрата может быть связано с тем, что снижение численности бактерий в субстрате, могущее быть следствием экологических взаимоотношений компонентов биоценоза, не всегда влечет за собой потерю их активности. Кроме того, в период падения численности бактерий интенсивность выделения CO₂ из субстратов может остаться достаточно сильной из-за физиологической активности почвенной альгофлоры и фауны.

Таким образом, несмотря на несомненно существующую корреляцию между выделением CO₂ из субстратов и численностью бактерий, интенсивность выделения CO₂ из субстратов может быть лишь относительным критерием динамики развития бактериальной популяции в силу многокомпонентности и сложной взаимосвязи элементов биоценоза.

Сравнение зависимости разных физиологических групп микроорганизмов от типа субстрата, времени анализа и выращиваемой культуры проведено в виде трехфакторного дисперсионного анализа (таблица). Влияние на численность микроорганизмов тепличного субстрата (торф, солома, навоз), времени взятия проб для анализа, а также возделываемой овощной культуры оказались высокозначимыми — на уровне $P < 0,01$. Все взаимодействия этих факторов также были существенными, за исключением совместного воздействия субстрата и овощной культуры на численность аммонифицирующих бактерий. Для выделения CO₂ оказались определяющими тип субстрата и время анализа, и их совместное воздействие. Таким образом, можем констатировать, что влияние субстратов на эффективность микробиологической активности в условиях защищенного грунта весьма значительно.

Рассматриваемые данные позволяют считать обоснованным использование соломы в качестве тепличного субстрата при выращивании овощных культур. Внесение соломы в состав субстрата не только стимулировало размножение самых разнообразных групп почвенных бактерий, но и усиливало выделение CO₂ с поверхности грядок. Поэтому мероприятия, направленные на планомерное повышение плодородия теплич-

ных субстратов, должны способствовать и жизнедеятельности полезной микрофлоры, которая в свою очередь, может положительно влиять на рост и продуктивность овощных культур.

В заключение можно сказать, что микробные сообщества в различных тепличных субстратах имеют определенные отличия от аналогичных сообществ в полевых почвах. Выявленное повышение активности микробиологических процессов в тепличных субстратах служит теоретическим обоснованием продуктивности агрофитоценоза огурцов и томатов при возделывании их в защищенных грунтах. Факторы, обуславливающие стабильность или динамику микробных сообществ в тепличных субстратах, заслуживают тщательного изучения.

ЛИТЕРАТУРА

- Авров О. Е. Влияние температуры и влажности почвы на разложение соломы. — В кн.: Использование соломы как органического удобрения. М., 1980, 103—113.
- Банкин Н. П., Банкина Т. А. К вопросу определения динамики продуцирования почвой углекислого газа и несимбиотической азотфиксации газохроматографическим методом. — В кн.: Биодинамика и плодородие почвы. Таллин, 1979, 140—142.
- Емцев В. Т., Нице Л. К. Влияние соломы на микробиологические процессы в почве при ее использовании в качестве органического удобрения. — В кн.: Использование соломы как органического удобрения. М., 1980, 70—102.
- Дульгеров А. Н. Значение экологических факторов в микробиологических процессах орошаемой темно-каштановой почвы. — В кн.: Микробные сообщества и их функционирование в почве. Киев, 1981, 136—146.
- Карамшиук Э. П. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай в условиях северного Казахстана. — В кн.: Использование соломы как органического удобрения. М., 1980, 236—247.
- Куппа Д. К. Сезонная динамика углекислого газа в почвенном воздухе дерново-луговых супесчаных почв Колхидской низменности. — Сообщения АН Грузинской ССР, 1979, 2.
- Макаров Б. Н. Методы определения состава почвенного воздуха, интенсивность дыхания почвы и газообразных потерь азота почвы и удобрений. М., 1975, 331—344.
- Мишустин Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М., 1975.
- Паз А. А. Регулирование углекислотного режима воздуха теплиц внесением соломенного субстрата. — В кн.: Использование соломы как органического удобрения. М., 1980, 247—252.
- Рахно П. Х. Сезонная количественная динамика почвенных бактерий и факторы, обуславливающие ее. Таллин, 1964.
- Сеги И. Разложение клетчатки и плодородие почвы. — Автореф. канд. дис. М., 1972.
- Тодорова Б. Целлюлозоразлагающая активность на почватах в зависимости от почвенного типа и торента. София, 1972.
- Bultz, E., Lubisch, H., Kloting, H. Zur Durchführung der Strohdüngung, besonders in Betrieben mit hohem Getreidenbau. — Feldwirtschaft, 1975, 16, 77—80.
- Dowdell, R. J., Creeves, R. Cultivation and the oxygen content of the soil atmosphere. — A. R. C. Letcombe Laboratory Ann. Rep. for 1975.
- Smith, K. A. Soil aeration. — Soil Sci., 1977, 123, 5.
- Smith, K. A., Dowdell, R. J. Field studies of the soil atmosphere. I. Relationship between ethylene, oxygen, soil moisture content and temperature. — J. Soil Sci., 1974, 25.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
28/XI 1983

KASVUSUBSTRAATIDE MULLABAKTERITE DÜNAAMIKA JA CO₂ ERALDUMISE INTENSIIVSUS

Et enamlevinud kasvusubstraat Eesti NSV kasvuhooneis on vähelagunenud raba-turvas, mida kasutatakse sageli koos põhuga, on artiklis käsitletud põhu toimet kasvusubstraadide mikrobioloogilisele aktiivsusele. Tulemustest ilmneb, et põhuga kasvusubstraadide ammonifikaatorite, nitrifikaatorite, denitrifikaatorite ja aeroobsete tselluloosilagundajate sisaldus ületab mitmeid kordi põhuta substraadides leiduvate samade gruppide mullabakterite arvu. Asotobakterit esines ainult kombinatsioonis põllumuld koos sõnnikuga, aktinomütseete leiti niihästi nimetatud segus kui ka turbaga segudes. Põhuga kasvusubstraadides oli aktinomütseete ainult kolmel esimesel kuul 1981. aasta katses. Võimalik, et asotobakterite ja aktinomütseetide sisalduse langus on seotud lämmastikväetiste suurte koguste inhibeeriva toimega nende mikroorganismide arengule.

CO₂ eraldumise intensiivsus põhuga kasvusubstraadides oli kümme ja enam korda suurem turbaga variantidest. Nii eraldus põhupallidest aprillis ja mais 15,0–9,0 g CO₂/m²/h.

Rabaturba mikrobioloogiline aktiivsus esimesel kasutusaastal on märgatavalt väiksem võrreldes teise kasutusaastaga.

Saadud tulemused kinnitavad põhu kasutamise efektiivsust turvasubstraadi bioloogiliste protsesside aktiveerimiseks kõõgililja kasvatamisel katmikaladel.

DYNAMICS OF THE SOIL BACTERIA GROWTH SUBSTRATES AND INTENSITY OF THE CO₂ SEPARATION

Since the most widespread growth substrate in the hothouses of the Estonian SSR is poorly disintegrated bog-peat which is often mixed with litter, the authors have studied the effect of litter on the microbiological activity of the growth substrates. The results of investigations have revealed that the content of the ammonifiers, nitrifiers, denitrifiers and aerobic cellulose-decomposers in the growth substrates containing litter surpasses manyfold the number of the soil bacteria of the same groups which are found in the substrates without litter. Azotobacters were found only in combinations of field soil with manure, while actinomycetes occurred both in the above-mentioned mixture as well as in mixtures with peat. In the growth substrates containing litter, actinomycetes occurred only in the test that was carried out during the three first months of 1981. It may be possible that the decrease in the content of azotobacters and actinomycetes is connected with the inhibitory effect of great amounts of nitric fertilizers upon the development of those microorganisms.

The intensity of the separation of CO₂ in growth substrates with litter was ten and more times greater than in the variants with peat. Thus, the litter bales yielded 15.0–9.0 g CO₂/m²/h in April and May.

The microbiological action of bog-peat in the first year of application is considerably slighter in comparison with the second year of use.

The results obtained confirm that the application of litter in the growth substrate in hothouses contributes to an activation of biological processes promoting the growth of vegetables.