

Эви ПЯРСИМ, Ао ПАЭ

УДК 631.46:631.544

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ИММОБИЛИЗАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ТЕПЛИЧНЫХ СУБСТРАТАХ

В условиях защищенного грунта большинство факторов среды обитания растений полностью или частично оптимизировано и ведущее место приобретают условия минерального питания. Питание растений определяется соотношением процессов минерализации и иммобилизации азотистых соединений. В культивационных сооружениях, где применяются высокие дозы минеральных удобрений, характер этих процессов зависит не только от форм и доз удобрений, но и от вида тепличного субстрата, а также от протекающих в них микробиологических процессов (Смирнов, Вуйцик-Войтковая, 1965; Илялетдинов, 1976). Известно, что в ходе минерализации и иммобилизации азота удобрений участвует не только ризосферная микрофлора, но и плесневые грибы, а также целлюлозо-разлагающие бактерии, в частности разлагающие солому (Верниченко, Мишустин, 1980). В результате аммонификации, нитрификации и денитрификации содержание отдельных форм азота в тепличном субстрате сильно меняется. Поэтому и во время вегетации следует систематически проводить анализ тепличного субстрата. Это помогает установить количество питательных элементов, доступных растениям в определенном отрезке времени.

Задачей наших исследований было выяснить превращения вносимого в грунт минерального азота в различных тепличных субстратах. Для этого мы изучали изменения подвижных форм минерального азота в нескольких субстратах, применяемых в практическом овощеводстве в наших хозяйствах.

Материал и методика

В течение двух последующих вегетационных периодов (1981 и 1982) изучали количественную динамику обменного и фиксированного аммония и нитратов в различных тепличных грунтах: 1) в слаборазложившемся верховом торфе первого года использования; 2) в слаборазложившемся верховом торфе второго года использования; 3) в полевой почве с навозом; 4) в смеси торфа и соломенной резки; 5) в соломенных тюках; 6) в остатках соломенных тюков предыдущего года. На этих субстратах выращивали огурцы и томаты. Опыты проводились в зимней стеллажной теплице. Подробнее схема опытов описана нами ранее (Пярсим, Паэ, 1984).

Основная заправка азотом была произведена перед посадкой (средняя норма 120 г удобрений на 1 м² для всех видов субстратов). Через месяц после посадки начинали подкормку растворами разных азотных удобрений — аммиачной селитрой, калийной селитрой и кристаллином — один раз в неделю (норма 20—40 г/м²). Уровень общего азота был не ниже 40 мг в литре субстрата. На один соломенный тюк (средним весом 15 кг воздушно-сухого материала) вносили сначала 300 г аммиачной

селитры, а в период подкормок добавляли еще 200—250 г. Уход и нормы удобрений не отличались от общепринятых для возделывания культур на верховом торфе. Влажность поддерживали на уровне 80% от полной влагоемкости.

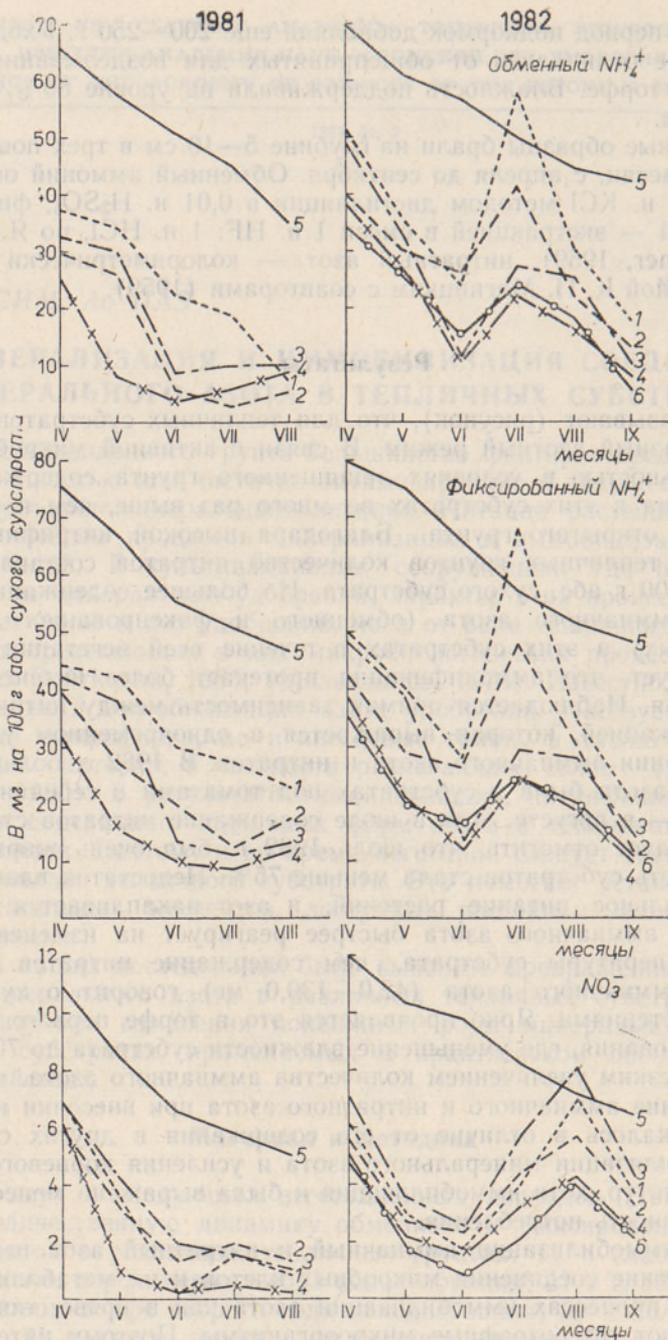
Субстратные образцы брали на глубине 5—10 см в трех повторностях один раз в месяц, с апреля до сентября. Обменный аммоний определяли в вытяжке 1 н. KCl методом дистилляции в 0,01 н. H₂SO₄, фиксированный аммоний — экстракцией в смеси 1 н. HF: 1 н. HCl, по Я. Н. Бремнеру (Bremner, 1959), нитратный азот — колориметрически по методике, описанной К. П. Магницким с соавторами (1959).

Результаты

Данные показывают (рисунок), что для тепличных субстратов характерен своеобразный азотный режим. В связи с активной микробиологической деятельностью в условиях защищенного грунта содержание подвижного азота в этих субстратах во много раз выше, чем в минеральных почвах открытого грунта. Благодаря высокой нитрификационной способности тепличных грунтов количество нитратов составляло 0,5—12,0 мг на 100 г абс. сухого субстрата. Но большее содержание (15,0—150,0 мг) аммиачного азота (обменного и фиксированного аммония вместе взятых) в этих субстратах в течение всей вегетации растений свидетельствует, что аммонификация протекает более интенсивно, чем нитрификация. Наблюдается прямая зависимость между нитрификацией и аммонификацией, которая выражается в одновременном увеличении или уменьшении аммиачного азота и нитратов. В 1982 г. большая часть аммиачного азота была в субстратах под томатами в середине июля, а в нитратах — в августе, хотя в июле содержание нитратов стало повышаться. Следует отметить, что июль 1982 г. был очень жарким, из-за чего влажность субстратов стала меньше 75%. Недостаток влаги затрудняет минеральное питание растений, и азот накапливается в грунте. Содержание аммиачного азота быстрее реагирует на изменения влажности и температуры субстрата, чем содержание нитратов. Большое скопление аммиачного азота (42,0—130,0 мг) говорит о худшем его усвоении растениями. Ярко проявляется это в торфе первого и второго года использования, где уменьшение влажности субстрата до 70% сопровождается резким увеличением количества аммиачного азота.

Содержание аммиачного и нитратного азота при внесении в субстрат соломы снижалось в отличие от его содержания в других субстратах из-за иммобилизации минерального азота и усиления корневого питания овощных культур, хотя иммобилизация и была выражена менее заметно, чем интенсивность потребления.

В ходе иммобилизации аммиачный и нитратный азот переходят в азоторганические соединения микробных клеток и их метаболиты. Ведущую роль в процессах иммобилизации азота как в почве, так и в субстратах играют гетеротрофные микроорганизмы. Поэтому интенсивность закрепления минерального азота в почве в первую очередь определяется источниками энергетического материала. Особенно важную роль при этом играет отношение C:N в органическом материале. В случае C:N < 20 преобладают процессы минерализации, например при разложении богатых азотом растительных остатков бобовых (Суков, 1977; 1978). Внесение более бедных азотом углеродсодержащих веществ (C:N > 30), например соломы, резко увеличивает скорость иммобилизации азота в почве (Смирнов и др., 1974; Хон, 1974). Таким образом, внесение соломы заметно смещает соотношение микробиологических процессов минерализации и иммобилизации в сторону преобладания последней, в результате чего часть внесенного азота закрепляется в



Динамика содержания соединений азота в различных тепличных субстратах: 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 предыдущего года.

органической форме. Однако это довольно существенное количество азота не может быть потеряно для растений, так как процессы минерализации и иммобилизации обратимы.

Мнения о размерах использования растениями биологически закрепленного азота довольно противоречивы. Одни авторы считают, что

закрепившийся азот обычно используется незначительно, т. е. 1—3% внесенного (Корицкая, 1972; Смирнов и др., 1975), а другие указывают на более высокое использование, т. е. на последствие (20%) иммобилизованного азота (Сизова, Евдокимова, 1974).

Для наиболее полной оценки направленности процессов превращения азотистых соединений почвы (минерализации или иммобилизации) необходимо учесть содержание фиксированного аммония, поскольку эта форма азота представлена наиболее существенной величиной и значительно изменяется под влиянием биологических и физико-химических факторов. Анализ средних данных (рисунок) о содержании фиксированного аммония в различных тепличных субстратах за два последующих вегетационных периода показал, что количество фиксированного аммония уменьшалось от 50,0 до 9,0 мг на 100 г абс. сухого субстрата. Максимальное содержание фиксированного аммония в субстратах отмечалось в начале вегетационного периода (в апреле), а минимальное — в конце вегетации растений (в сентябре). При этом следует отметить, что изменение количества фиксированного аммония было аналогично изменению содержания обменного аммония. Изменение количества фиксированного аммония при возделывании растений отмечали и другие исследователи (Могилевкина, 1974; Кудеяров и др., 1975; Гамзиков, Хамова, 1983).

Следовательно, фиксированный аммоний — хороший источник азотного питания растений и практически ничем не отличается от поступающего в растения обменного аммония. Это позволяет считать фиксацию аммония положительным явлением, предохраняющим от вымывания и частично от нитрификации.

Определение в субстратах суммарного количества азота нитратов, обменного и фиксированного аммония в течение вегетации овощных культур может более объективно характеризовать уровень азотного питания растений. В таблице приведено общее количество минерального азота в субстратах. В соломенных тюках, где почти исключено потребление азота растениями (корневая система растений не проникает в глубь тюка) и происходит лишь превращение его из одной формы в другую, содержание минерального азота в течение вегетации почти не изменяется. В других субстратах под огурцами и томатами содержание азота по мере его потребления растениями заметно падает, уменьшаясь к концу вегетации по сравнению с первыми сроками определений примерно в 3—4 раза.

При сравнении различных тепличных субстратов между собой можно наблюдать, что наилучшими, с точки зрения минерального питания растений, оказались смесь торфа и соломенной резки (таблица) и остатки соломенных тюков предыдущего года. В этих субстратах количество нитратов, обменного и фиксированного аммония было наименьшим.

Обстоятельство, что количество аммиачного азота в несколько раз превышает содержание нитратов, свидетельствует о том, что в защищенных грунтах при выращивании овощных культур основная часть минерального азота, вносимого удобрениями, представлена в субстратах в аммиачной форме.

Таким образом, интенсивность процессов минерализации и иммобилизации не может быть охарактеризована лишь на основе определения нитрификационной способности или накопления нитратов и обменного аммония, поскольку наиболее существенные изменения происходят в содержании фиксированного аммония. Обеспеченность растений азотом, по-видимому, в большей степени зависит не от наличия в грунте усвояемого в определенный срок азота, а от способности субстратов мобилизовать подвижные формы азота из естественных запасов на протяжении всего периода вегетации. Следовательно, наиболее полное представле-

**Динамика минерального азота в различных тепличных субстратах,
мг/100 г абс. сухой почвы (1981—1982)**

Субстрат	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Торф первого года использования	89,1 108,6	80,3 78,2	51,7 54,2	47,5 129,3	33,5 71,7	41,0
Торф второго года использования	76,1 88,6	56,4 61,6	26,9 54,6	19,8 93,5	25,0 56,7	27,7
Полевая почва с навозом	84,5 103,8	72,5 75,6	24,8 27,3	22,7 62,3	24,4 61,2	26,8
Смесь торфа и соломенной резки	66,3 81,4	26,0 46,5	14,5 23,3	16,0 48,1	20,0 39,1	19,8
Соломенные тюки	153,9 161,8	132,7 146,2	112,5 132,6	101,8 114,7	90,0 103,1	96,6
Остатки соломенных тюков предыдущего года	75,4	47,7	29,9	78,4	42,5	18,3

Примечание: В верхней строке приведены данные 1981, в нижней — 1982 г.

ние о направленности процессов превращения азотистых соединений в субстрате можно составить лишь при определении всех форм минерального азота (нитратов, обменного и фиксированного аммония).

ЛИТЕРАТУРА

- Верниченко Л. Ю., Мишустин Е. Н.* Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур. — В кн.: Использование соломы как органического удобрения. М., 1980, 3—33.
- Гамзиков Г. П., Хамова О. Ф.* Фиксированный аммоний в почвах Западной Сибири и его роль в круговороте азота. — Сельскохозяйств. биол., 1983, 9, 70—73.
- Илъялетдинов А. Н.* Микробиологические превращения азотсодержащих соединений в почве. Алма-Ата, 1976, 283.
- Корицкая И. А.* Использование зерновыми культурами азотных удобрений и их превращение в дерново-подзолистой почве (опыты с ¹⁵N в полевых условиях). Автореф. канд. дис. М., 1972.
- Кудеяров В. Н., Прохоренко В. С., Стрекозова В. И., Соколов О. А.* О необходимости учета фиксированного аммония почв для диагностики их азотного режима. Сообщение I. Дерново-подзолистые и серые лесные почвы. — Агрехимия, 1975, 6, 9—17.
- Магницкий К. П., Шугаров Ю. А., Малков В. К.* Новые методы анализа растений и почв. М., 1959.
- Могилевкина И. А.* Роль фиксированного аммония в азотном балансе почвы. — В кн.: Роль азота в земледелии дерново-подзолистых почв. М., 1974, 232—270.
- Прясим Э., Паз А.* Динамика численности почвенных микробов и интенсивность продуцирования CO₂ в некоторых тепличных субстратах. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1984, 33, 285—293.
- Сизова Д. М., Евдокимова Н. В.* Трансформация азота удобрений и углерода корневых и пожнивных остатков озимой пшеницы в длительно удобрявшейся дерново-подзолистой почве. — Бюл. ВИУА, 1974, 22, 12—18.
- Смирнов П. М., Вуйцик-Войтковская Д.* Превращение соединений азота и углерода в почвах при внесении в нее соломы совместно с азотными удобрениями. — Докл. ТСХА, 1965, 109, 25—32.
- Смирнов П. М., Шилова Е. И., Хон Н. И.* О биологическом закреплении азота удобрений в почве. — Почвоведение, 1974, 5, 69—81.
- Смирнов П. М., Шилова Е. И., Косарева Г. П.* Баланс азота при трехлетнем внесении меченных ¹⁵N азотных удобрений. — Изв. ТСХА, 1975, 2, 84—91.
- Суков А. А.* Минерализация азота растительных остатков некоторых культур в дерново-подзолистой почве. — Агрехимия, 1977, 2, 14—17.
- Суков А. А.* Использование растениями азота почвы и удобрений. — Агрехимия, 1978, 2, 15—19.

Хон Н. И. Биологическая иммобилизация азота удобрений в почве и состав иммобилизованного азота. Автореф. канд. дис. М., 1974.

Bremner, J. M. Determination of fixed ammonium in soil. — J. Agr. Sci., 1959, 52, 18—21.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
18/VI 1984

Evi Pärsim, Ao PAE

MINERAALSETE LÄMMASTIKUÜHENDITE TRANSFORMATSIOONIST KATMIKALA SUBSTRAATIDES

Katsetulemused näitavad, et seoses aktiivse mikrobioloogilise tegevusega on katmikala kasvustraatides liikuvate lämmastikuvormide sisaldus mitu korda suurem kui mineraalsetes muldades. Nii oli nitraatlämmastikku 0,5—12 mg ja ammooniumlämmastikku 15—150 mg 100 g absoluutselt kuiva substraadi kohta. Kõige vähem oli nitraate ja ammooniumlämmastikku kasvustraatides, millele oli lisatud põhku. Fikseeritud ammooniumi sisalduse muutused kinnitavad seisukohta, et taimed on võimelised omastama ka seda lämmastikuvormi.

Evi PÄRSIM, Ao PAE

ON THE TRANSFORMATION OF NITROGEN COMPOUNDS IN SUBSTRATES OF THE GREENHOUSE

Due to microbiological activity, the content of the mobile nitrogen compounds in the growth substrates of greenhouses surpasses manyfold their content in field soils. The former may reach 0.5—12.0 mg of nitrate nitrogen and 15.0—150.0 mg of ammonium nitrogen per 100 g of absolutely dry substrate. The content in both was lowest in the growth substrates containing straw. Changes in the content of fixed ammonium support the opinion that plants can also assimilate that form of nitrogen.