

УДК 631.811.1:633.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЧМЕНОМ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СЛОЕВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

В. В. КИДИН, А. Г. ЗАМАРАЕВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В мелкоделяночных опытах с ячменем изучались коэффициенты использования растениями минерального азота почвы, содержавшегося перед посевом в слоях 0—20, 20—40, 40—60 и 60—80 см. Применение меченного ^{15}N азота кальциевой селитры в дозе 10 % к содержанию минерального азота в каждом слое почвы позволило установить размер и динамику его потребления ячменем из отдельных слоев почвы. Результаты исследований могут быть использованы при разработке системы удобрения яровых зерновых культур в Нечерноземной зоне.

Эффективность применения азотных удобрений под зерновые культуры зависит от ряда факторов, среди которых наиболее важным в зоне недостаточного увлажнения является уровень содержания минерального азота в корнеобитаемом слое почвы.

Многочисленными исследованиями, проведенными в различных регионах страны [1—4] и за рубежом [5—7], установлено, что количественная оценка содержания минерального азота в почве и использования его сельскохозяйственными растениями дает возможность более

точно определить экологически безопасные дозы азотных удобрений и скорректировать сроки их внесения с учетом погодных условий, плодородия почвы и планируемой урожайности.

Известно, что почвенная диагностика является достаточно надежным методом определения потребности сельскохозяйственных культур в азотном питании и удобрении, однако большая трудоемкость процесса отбора почвенных образцов для анализа, особенно в подпахотных горизонтах, а также слабая изученность вопроса о размерах использования растениями минерального азота из разных слоев почвы существенно ограничивают широкое применение этого метода.

В настоящее время остаются дискуссионными сроки и глубина отбора почвенных образцов при осуществлении почвенной диагностики содержания минерального азота под посевами озимой пшеницы. Например, имеются данные [1, 5], что наиболее тесная корреляционная зависимость между содержанием минерального азота в почве и урожайностью достигается при взятии образцов на глубину до 1 м. В то же время другими исследованиями [4, 6] показана возможность ограничиваться взятием проб почвы на глубину 40—60 см. Не менее противоречивые результаты получены при определении сроков почвенной диагностики азотного питания и размеров использования сельскохозяйственными культурами азота почвы [1, 5].

В этой связи в нашу задачу входили изучение с помощью стабильного изотопа ^{15}N динамики потребления почвенного минерального азота ячменем и определение коэффициента его использования из различных слоев почвы.

Методика

Исследования проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой среднеокультуренной почве учхоза Тимирязевской академии «Михайловское» Московской области в 1984 и 1985 гг. Содержание гумуса в почве — 2,2 %, подвижных форм фосфора и обменного калия по Кирсанову — соответственно 130—150 и 160—170 мг/кг, $\text{pH}_{\text{сол}} = 6,3$. Содержание минерального азота в почве (аммонийного и нитратного) определяли перед закладкой опытов послойно через каждые 20 см до глубины 80 см. Для изучения размера использования растениями минерального азота, содержащегося перед посевом в различных почвенных горизонтах, его метили небольшим количеством стабильного изотопа ^{15}N путем внесения на глубину 10, 30, 50 и 70 см (в середину каждого из 4 слоев почвы) раствора $\text{Ca} (^{15}\text{MO}_3)_2$ с обогащением ^{15}N 60,6 ат. % из расчета 10 % $^{15}\text{N}—\text{NO}_3$ к содержанию минерального азота в каждом слое почвы. Меченый азот вносили следующим образом: на каждой опытной деланке площадью $1 \text{ м}^2 (1 \times 1 \text{ м})$ с помощью металлического стержня делали 49 отверстий, расположенных в шахматном порядке на расстоянии 16 см, и на дно каждого отверстия с помощью шприца-дозатора и пластиковой

удлинительной трубки вносили по 5 мл раствора $\text{Ca} (^{15}\text{NO}_3)_2$ необходимой концентрации, после чего отверстия засыпали почвой соответствующего слоя и уплотняли.

Для изучения влияния азотных и фосфорно-калийных удобрений на использование ячменем минерального азота почвы в опыте предусматривались варианты с внесением под культивацию 60P60K и 60N60P60K (в дальнейшем РК и NPK). Ячмень сорта Надя высевали из расчета 5 млн семян на 1 га. Повторность опыта 3-кратная. Вынос азота ячменем определяли в фазы кушения, трубкования, колошения и полной спелости. Уборку проводили с учетной деланки площадью $0,5 \text{ м}^2$.

Содержание аммонийного азота в почве и общего азота в растениях определяли по Кьельдалю, содержание нитратного азота — по Кьельдалю со сплавом Деварда. Анализ изотопного состава азота проводили на масс-спектрометре МИ-1305.

Вегетационный период в 1984 г. характеризовался средним количеством осадков в мае и чрезмерно высоким — в летний период (в июне—151, в июле.— 103 мм), в 1985 г. — температурный и водный режимы были близкими к средним многолетним.

Результаты

Как и следовало ожидать, внесение в разные слои почвенного профиля небольшого количества азота (10% к содержанию минерального азота в соответствующем слое почвы) не оказывало достоверного влияния на урожайность ячменя и структуру урожая. Средняя из 4 вариантов (различающихся по глубине заделки $^{15}\text{N}—\text{NO}_3$) урожайность зерна на фоне РК составила в 1984 г. 26,3, 1985 г. — 31,0 ц/га, а в вариантах NPK — соответственно на 8,2 и 9,8 ц/га больше.

Таблица 1

Вынос ячменем азота (в кг/га) из разных слоев почвы в 1984 г. (в числителе) и 1985 г. (в знаменателе)

Слой почвы, см	Содержание ^{15}N мин в почве перед посевом, кг/га	Кущение	Трубкавание	Колошение	Уборка
РК					
0—20	54	17,5	24,3	25,3	26,1
	38	13,3	20,2	21,4	22,6
20—40	32	6,7	11,3	12,3	13,1
	45	5,9	13,3	14,7	15,8
40—60	22	1,2	3,0	3,8	4,0
	37	1,5	4,8	6,7	7,7
60—80	15	сл.	1,0	1,2	1,5
	20	сл.	1,0	1,8	2,5
0—60	108	24,3	38,6	41,4	43,2
	120	20,7	38,4	42,7	46,1
0—80	123	24,3	39,6	42,6	44,7
	140	20,7	39,4	44,5	48,6
Общий вынос азота		28,4	49,0	64,5	68,4
		25,2	52,5	70,0	77,2
НРК					
0—20	114	23,5	40,4	44,7	43,7
	98	18,4	38,2	45,4	47,0
20—40	32	4,6	10,2	11,0	11,2
	45		11,9	13,5	14,5
40—60	22	сл.	2,6	3,5	3,7
	37	сл.	5,1	6,5	8,0
60—80	15	сл.	1,0	1,4	1,9
	20	сл.	1,3	2,0	3,0
0—60	168	28,1	53,2	59,2	58,6
	180	23,8	55,2	65,2	69,5
0—80	183	28,1	54,2	60,5	60,5
	200	23,8	56,5	67,4	72,5
Общий вынос азота		34,4	62,2	86,3	93,5
		29,8	67,0	98,2	110,0

его из подпахотных слоев оставалось на уровне варианта РК или несколько снижалось в начальный период роста ячменя.

Следует отметить, что применение ^{15}N позволило не только определить динамику потребления ячменем минерального азота почвы, содержащегося в ней перед посевом, но и проследить за динамикой минерализации и использования азота органического вещества почвы. Сопоставляя общий вынос азота ячменем и вынос минерального азота из слоя почвы 0—80 см, можно видеть, что доля вновь минерализованного азота почвы в общем выносе его растениями возрастала в течение вегетации.

В целом в годы проведения опытов доля содержащегося в почве перед посевом минерального азота в общем выносе его ячменем во время уборки составила 63—66 % и примерно треть выноса урожаем составлял азот почвы, минерализовавшийся после посева.

Несмотря на существенное различие погодных условий в годы проведения опытов, в первые периоды роста ячменя растения использовали в основном минеральный азот пахотного слоя почвы (0—20 см) и в значительно меньшей мере — подпахотного (20—40 см). Из более глубоких почвенных слоев (40—80 см) минеральный азот практически не использовался до фазы кущения (табл. 1).

В 1984 г. из 54 кг минерального азота, содержащегося перед посевом в слое почвы 0—20 см в расчете на 1 га, растения в фазу кущения использовали 17,5 кг/га, а из слоев почвы 20—40 и 40—60 см, где перед посевом содержалось минерального азота 32 и 22 кг/га, использовалось лишь 5,6 и 1,2 кг/га. По мере роста надземной массы и корневой системы ячменя общий вынос азота и доля минерального азота подпахотных горизонтов в общем выносе его растениями увеличивались, а доля азота пахотного слоя заметно снижалась. Из табл. 1 следует, что содержащийся перед посевом в пахотном слое минеральный азот потребляется в основном до середины трубкавания, а затем слабо использовался ими; минеральный азот нижних горизонтов потреблялся растениями до конца вегетации. Аналогичная закономерность использования ячменем минерального азота почвы отмечена и в 1985 г.

В варианте НРК значительно увеличивался общий вынос азота ячменем во все фазы развития и в основном из пахотного слоя почвы. Потребление

Таблица 2

Коэффициенты использования ячменем минерального азота (%) из различных слоев почвы в 1984 г. (в числителе) и в 1985 г. (в знаменателе)

Слой почвы, см	Содержание ^{15}N мин в почве перед посевом, кг/га	Кущение	Трубкавание	Колошение	Уборка
PK					
0—20	54	32,4	45,0	46,8	48,4
	38	35,0	53,2	56,0	59,5
20—40	32	17,5	35,4	38,5	41,0
	45	13,0	29,5	32,7	35,2
40—60	22	6,0	15,0	17,5	18,1
	37	4,0	13,0	18,0	20,8
60—80	15	—	6,0	8,0	10,0
	20	—	4,5	9,1	12,4
0—60	108	22,5	36,4	38,4	40,0
	120	17,6	32,0	35,6	36,8
0—80	123	19,8	32,7	34,6	36,3
	140	14,8	28,1	31,8	35,4
NPK					
0—20	114	20,6	35,5	39,2	38,4
	98	18,8	39,0	46,3	48,0
20—40	32	14,5	32,0	34,4	35,0
	45	12,0	26,4	30,0	32,8
40—60	22	—	12,0	16,0	16,7
	37	—	13,9	17,5	21,5
60—80	15	—	5,0	8,5	12,7
	20	—	6,5	10,3	15,0
0—60	168	16,7	31,7	35,2	34,9
	180	13,2	30,7	36,3	38,6
0—80	183	15,4	29,6	33,1	33,0
	200	11,9	27,2	33,7	36,3

Исследованиями установлено, что коэффициенты использования минерального азота зависят от глубины расположения слоя почвы и фазы развития растений. Наиболее высокими они были для пахотного слоя почвы, а в более глубоких горизонтах — резко снижались (табл. 2).

В среднем за 2 года в фазе трубкавания коэффициенты использования ячменем минерального азота из пахотного слоя были выше в 2,5 раза, чем из слоя 20—40 см, и примерно в 7 раз выше, чем из слоя 40—60 см. В сумме из почвенного слоя 0—80 см в фазе кущения использовалось менее 20 % минерального азота, содержавшегося в нем перед посевом. В фазе трубкавания наблюдалось дальнейшее увеличение коэффициентов использования азота из пахотного и подпахотного слоев, в то время как в более поздние фазы развития ячмень использовал преимущественно минеральный азот подпахотных слоев почвы. Коэффициенты использования азота из пахотного слоя и слоя 20—50 см в большей мере зависели от погодных условий вегетационного периода и содержания минерального азота в почве перед посевом, чем коэффициенты его использования из подпахотных слоев. К концу вегетации растения по фону PK потребляли из пахотного слоя в среднем за 2 года 64 % минерального

азота, содержавшегося перед посевом, из слоя 20—40 см — 38, из слоя 40—60 см — 20, из слоя 60—80 см — 11 %. Внесение аммиачной селитры заметно снижало коэффициенты использования азота пахотного слоя и практически не оказывало влияния на динамику потребления и коэффициенты использования минерального азота подпахотных горизонтов почвы.

Из табл. 2 следует, что, несмотря на значительные колебания по годам содержания минерального азота в почве перед посевом, коэффициенты его использования ячменем из слоев почвы 0—60 и 0—80 см были близкими и составляли соответственно 35—40 и 33—36 %. В связи с этим при проведении почвенной диагностики на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах вполне можно ограничиваться взятием проб почвы на глубину 0—60 см, что позволит существенно снизить затраты, связанные с почвенной диагностикой.

Заключение

Внесение на различную глубину меченной ^{15}N кальциевой селитры в качестве метки содержащегося в почве перед посевом минерального

азота позволяет определить динамику его использования ячменем из различных слоев почвы.

В опытах, проведенных на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, коэффициент использования ячменем минерального азота пахотного слоя в среднем за 2 года по фону РК составил 54 %, а по фону НРК — 48%. Коэффициенты использования минерального азота почвы из слоя 20—40 см колебались от 32 до 41 %, из слоя 40—60 см — от 17 до 21 % и из слоя 60—80 см — от 10 до 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамзиков Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири. — М.: Наука, 1984.
2. Кидин В. В., Смирнов П. М. Урожайность сельскохозяйственных культур и баланс азота в зависимости от норм и срока применения азотных удобрений. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 3, с. 79—86.
3. Кореньков Д. А., Руделев Е. В., Кузнецов А. В. Использование растениями минерального азота удобрений, внесенных на различную глубину. — Почвоведение, 1986, № 2, с. 63—68.
4. Корчагина Ю. И., Хавкин Э. Е., Шафран С. А. Определение оптимальных параметров минерального азота в почвах Нечерноземной зоны. — Докл. ВАСХНИЛ, 1984 № 9, с. 23—25.
5. Henkens C. H. — Fertiliser recommendation systems in some continental European countries /Chemistry and Industry, 1980, September, p. 694—697.
6. M i e r S., G o r l i z H. — Fertschrittsbar Landwirt.- und Nahrungsgutewirt, 1984, N 7, Bd 22, S. 36—40.
7. M i e r S., Moritz D., A n s o r g e H. — Archiv fflr Acker.- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 1982, N 5, Bd 26, S. 315—322.

Статья поступила 8 февраля 1989 г

SUMMARY

In small plot experiments with barley, coefficients of utilizing soil mineral nitrogen by plants (it was contained before planting in layers of 0-20, 20-40, 40-60, and 60-80 cm) were studied. Application of barley ¹⁵N of calcium nitrate at the dose of 10 % to mineral nitrogen content in each soil layer allowed to determine the range and dynamics of its consumption by barley from certain soil layers. The results of the investigations may be used in developing the fertilization system for spring grain crops in Non-chernozem zone.