

УДК 631.417:631.8

## СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И ДОСТУПНЫХ ФОРМ АЗОТА В ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

Г.Б. КИРИЛЛОВА, Ю.П. ЖУКОВ

(Кафедра агрохимии)

При систематическом применении удобрений в дозах, рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов, на среднесуглинистой хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве при сложившемся уравновешенном балансе по азоту в среднем за 2 ротации продуктивность севооборота составила 5,5 т к.ед./га, что соответствовало 94% планируемого уровня. При этом содержание гумуса и общего азота в пахотном слое почвы снизилось соответственно на 0,12 и 0,009%. При внесении удобрений в других различных дозах в почвах создавался отрицательный баланс по азоту, полученная продуктивность севооборота составила 84—87% от планируемой, и снижение содержания гумуса было в 2,3 раза больше.

В условиях интенсификации земледелия возрастает антропогенная нагрузка на почву, изменяющая ее плодородие. К основным агрохимическим показателям почв, которые при этом могут изменяться, относятся: количество гумуса, кислотность, сумма поглощенных оснований, содержание усвояемых форм азота, фосфора и калия. Причем эти же показатели являются наиболее важными для диагностики питания с.-х. культур. По данным В.Г. Минеева [8], варьирование этих свойств на 55-70% определяет урожайность зерновых культур.

В работах [9, 12] и многих др. показано, что в решении проблем почвенного плодородия первостепенная роль принадлежит удобрениям.

Содержание гумуса и азота относится к важнейшим агрохимическим показателям плодородия дерново-подзолистых почв, роль кото-

рых в условиях интенсивного земледелия значительно возрастает. Содержание гумуса оказывает существенное действие на эффективность средств химизации, что определяет как уровень урожаев, так и стабильность их по годам [5, 7]. Азот, как правило, является лимитирующим элементом питания в дерново-подзолистых почвах, причем дефицит его наблюдается даже в условиях систематического применения повышенных доз азотных удобрений [6, 11].

Для планомерного регулирования обеспеченности почв гумусом и азотом необходимо знать, как меняются эти показатели при внесении различных систем удобрения в конкретной почвенно-климатической зоне.

В связи с этим целью наших исследований явилась оценка изменения содержания гумуса и некоторых форм азота в дерново-подзо-

листных почвах Вологодской обл. при применении удобрений в минимальных и расчетных дозах, а также без них.

### Методика

Исследования проводили в полевом стационарном опыте на опытном поле Вологодской Государственной молочно-хозяйственной академии им. Н.В. Верещагина с 1991 по 1998 гг.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Пахотный слой почвы перед закладкой опыта (1990 г.) характеризовался слабокислой реакцией среды ( $pH_{KCl}$  5,1; гидролитическая кислотность — 2,68), очень высоким содержанием подвижного фосфора и средним — обменного калия (266 и 114 мг/кг почвы соответственно).

Опыт проводили в 4-польном севообороте в 4-кратной повторности со следующим чередованием культур: горохоовсяная смесь (СЗМ-85, Кировский), озимая рожь (Чулпан), картофель (Столовый 19 в 1991 — 1994 гг. и Невский в 1995-1998 гг.), ячмень (Зазерский 85 в 1991-1994 гг. и Отра в 1995-1998 гг.).

Схема опыта в 1-й ротации севооборота (1991-1994 гг.): 1-й вариант — без удобрений, 2-4-й варианты — с применением минеральных удобрений и 5-й вариант — с органоминеральной системой удобрений (эквивалентная по содержанию питательных элементов 2-му варианту (табл. 1)). Дозы минеральных удобрений во 2-5-м вариантах рассчитывали на планируемую урожайность (зерновые — 3,5 т/га, картофель и горохоовсяная смесь на зеленую массу — 25 т/га) с помощью плановых балансовых коэффициентов (БК) использования питательных элементов культурами

из удобрений. Методика расчета доз удобрений описана ранее [2]. При этом по всех удобряемых вариантах опыта запланирован отрицательный баланс по азоту (БК — 110) и слабо положительный баланс по фосфору (БК — 90). По калию во 2-м и 5-м вариантах систем удобрения запланирован нулевой, в 3-м — отрицательный, а в 4 варианте — положительный баланс. При расчете доз удобрений использованы типичные для данной зоны показатели выноса питательных элементов единицей урожая.

Схема опыта во 2-й ротации севооборота (1995-1998 гг.) представляет собой: 1-й вариант — без удобрений, 2-й — с припосевным внесением удобрений, 3-й — с припосевным удобрением на фоне органического удобрения), 4-й — с применением только органического удобрения и 5-й вариант — с внесением расчетных доз минеральных и органических удобрений. Дозы удобрений в 5-м варианте рассчитывали так же, как и в 1-й ротации севооборота. При этом по азоту и калию был запланирован отрицательный баланс, плановые балансовые коэффициенты которых соответственно составляли 110 и 200%, а по фосфору — нулевой.

Фосфорно-калийные и органические удобрения вносили под зяблевую вспашку в виде двойного суперфосфата, калийной соли и торфонавозного компоста. Причем компост вносили под картофель. Азотные удобрения, в основном в виде аммиачной селитры, вносили под предпосевную культивацию и в подкормку.

Во 2-й ротации севооборота минеральные удобрения при посеве вносили под озимую рожь и ячмень в виде двойного суперфосфата, под горохоовсяную смесь и картофель —

в виде нитроаммофоса. Припосевное и припосадочное удобрение вносили сеялкой СЗУ — 3,6 и сажалкой СН-4Б-1.

Технология возделывания культур была общепринятой для Северо-Западной зоны.

Повторность опыта — 4-кратная. Расположение делянок — систематическое. Площадь опытной делянки 140 м<sup>2</sup>, учетной — не менее 48 м<sup>2</sup>. Учет урожайности всех культур осуществляли сплошным методом.

При анализах товарной и нетоварной частей урожая после мокрого озоления по К. Гинзбург определяли содержание питательных элементов общепринятыми методами [10]. В конце ротации севооборота для определения агрохимических показателей почвы с каждого поля, во всех вариантах опыта в 4-кратной повторности отбирали смешанные образцы из горизонтов 0-20, 20-40, 40-60 см. В почвенных образцах определяли: гумус — по Тюрину, общие формы азота — по Кьельдалю и Иодльбауэру, легкогидролизуемый азот — по Тюрину и Кононовой [10].

Математическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1]. Полученные в исследованиях фактические урожайные и аналитические данные были приведены в соответствии с учетом результатов математической обработки (НСР), чтобы избежать ошибок в трактовке результатов и в выводах [3, 4].

### Результаты и их обсуждение

В среднем за 1991-1994 гг. с применением удобрений в расчетных дозах продуктивность культур севооборота повысилась на 1,3-1,4 т к.ед./га, что составило 30-32% от

контроля и практически достигло планируемого уровня (5,8 т/га). При этом в почвах изучаемых вариантов сложился слабо отрицательный баланс по азоту, и рассчитанные балансовые коэффициенты были также практически равны планируемому значению. Следует заметить, что увеличение доз калийных удобрений от 110 до 135 и 190 кг д.в./га, не оказывая существенного влияния на продуктивность севооборота, вызывало некоторый рост балансового коэффициента использования азота удобрений и почвы только при максимальной дозе (табл. 1). Кроме того, практически равноценное влияние оказывали на данные показатели эквивалентные по питательным элементам минеральная (2-й вариант) и органоминеральная системы удобрения (5-й вариант).

Проведенные исследования показали, что при более длительном применении удобрений в расчетных дозах их эффективность значительно повышалась. Так, во 2-й ротации прибавка урожая культур в севообороте была в 1,6 — 1,7 раза больше, чем в первой, и составила 2,2 т к.ед./га, а полученная продуктивность севооборота практически равнялась планируемому уровню (см. табл. 1). При этом в почве сложился уравновешенный баланс по азоту.

Применение во 2-й ротации небольших доз удобрений было также эффективно. При этом в среднем за 4 года получено дополнительно 1,1-1,5 т к.ед./га. Однако продуктивность севооборота в этих вариантах составила только 72—79% от планируемой. На почвах с применением небольших доз удобрений сложился значительный отрицательный баланс по азоту, особенно при внесении только припосевного удобрения. При этом вынос

**Продуктивность севооборота, хозяйственный вынос азота  
и балансовые коэффициенты использования азотных удобрений культурами  
в среднем за 1991-1998 гг.**

Вариант	Продуктивность севооборота, т к.ед./га	Вынос азота, кг/га в год	Балансовый коэффициент, %
<i>1 ротация (1991-1994 гг.)</i>			
1. Контроль	4,3	68	
2. 100N45P135K	5,6	106	107
3. 100N45P110K	5,6	106	107
4. 100N45P190K	5,7	113	114
5. 50N20P110K + компост, 10 т/га	5,7	106	107
<i>2-я ротация (1995-1998 гг.)</i>			
1. Контроль	3,1	45	
2. 10N12P	4,2	71	943
3. 10N12P + компост, 5 т/га	4,6	82	243
4. Компост, 5 т/га	4,5	79	302
5. 75N30P58K + компост, 5 т/га	5,3	96	97
<i>В среднем за 1991—1998 гг.</i>			
	3,7	56	-
	4,9	88	166
	5,1	94	142
	5Д	96	154
	5,5	101	102

азота культурами севооборота был в 2,4~9,4 раза больше, чем его поступало с удобрениями.

В среднем за 8 лет при применении удобрений в расчетных дозах продуктивность севооборота повысилась на 1,8 т/га, что практически позволило достичь планируемый уровень. При этом фактические балансовые коэффициенты как за каждую ротацию, так и в среднем за 8 лет приблизились к планируемому (110%). Это позволяет предположить, что доза азота, вносимого с удобрениями, не была опасна для окружающей среды.

В вариантах с применением различных доз удобрений в среднем за 2 ротации фактическая продуктивность севооборота была близка к планируемой и составила 84-87% от последней. Следует заметить, что в этих вариантах потребность

растений в азоте на 30-39% удовлетворялась за счет почвенных запасов, а это могло повлиять на свойства почв.

Результаты, полученные нами, свидетельствуют об уменьшении содержания гумуса в пахотном слое почвы без внесения удобрений после 1-й ротации на 0,16%, а после 2-й — еще на 0,12% (табл. 2). Аналогично изменению содержания гумуса изменялись и его абсолютные запасы. За первые 4 года в контрольном варианте убыль запаса гумуса из пахотного слоя составила 4,8 т/га, т. е. ежегодно терялось 1,2 т/га, а за последующие 4 года — соответственно 3,6 и 0,9 т/га (табл. 3). Таким образом, при использовании почв без удобрений во 2-й ротации севооборота потери гумуса из пахотного горизонта были на 25% меньше, чем в 1-й.

**Содержание гумуса и некоторых форм азота в почве при внесении различных доз удобрений после двух ротаций севооборота**

Глубина, см	Вариант	Гумус, %		Общий азот, %		Легкогидролизуемый азот, мг/кг	
		1994 г.	1998 г.	1994 г.	1998 г.	1994 г.	1998 г.
0 20	0*	3,28		0,179		86	
	1	3,12	3,00	0,159	0,159	78	68
	2-4	3,26	3,00	0,183	0,170	78	68
	5	3,26	3,16	0,183	0,170	92	98
20-40	0*	2,06		0,131		79	
	1	2,06	2,04	0,132	0,134	78	68
	2-5	2,06	2,04	0,124	0,122	78	68
40-60	0*	1,22		0,061		65	
	1-5	1,25	1,28	0,058	0,066	68	70

Пр и м е ч а н и е . Здесь и далее: \* — показатели перед закладкой опыта.

Т а б л и ц а 3

**Запас гумуса и общего азота в пахотном и в подпахотном горизонтах почвы, т/га**

Глубина, см	Вариант	Гумус		Общий азот	
		1994 г.	1998 г.	1994 г.	1998 г.
0 20	0*	98,4		5,37	
	1	93,6	90,0	4,77	4,77
	2-4	97,8	90,0	5,49	5,10
	5	97,8	94,8	5,49	5,10
20-40	0*	72,1	-	4,58	-
	1	72,1	71,4	4,62	4,69
	2-5	72,1	71,4	4,34	4,27

В 1-й ротации севооборота как по минеральной, так и по органо-минеральной системе удобрения снижение содержания гумуса в пахотном слое почвы не наблюдалось, его запас оставался на исходном уровне.

Во 2-й ротации при внесении только припосевного, припосевного на фоне органического и только органического удобрения содержание гумуса в указанных вариантах значительно снизилось (на 0,26%) (см. табл. 2). При этом в це-

лом за 2-ю ротацию севооборота потери гумуса в пахотном слое составили 7,8 т/га. В 5-м варианте, где удобрения вносили в расчетной дозе, также отмечено некоторое снижение содержания гумуса в слое 0~20 см, однако оно было почти в 2 раза меньше, чем при внесении небольших доз удобрений. После 2 ротаций севооборота (8 лет) снижение содержания гумуса в пахотном слое почвы при внесении удобрений в различных и в расчетных дозах составило 0,28 и 0,12%, а ежегодные его потери — 1,05 и 0,45 т/га соответственно.

Следует отметить, что если во всех изучаемых вариантах как в 1-й, так и во 2-й ротации севооборота насыщенность гумусом подпахотного горизонта практически не изменялась, то в слое 40~60 см наметилась четкая тенденция к ее увеличению (см. табл. 2).

При использовании почвы без удобрений одновременно с уменьшением запаса гумуса в пахотном слое почвы отмечалась и убыль содержания азота, которая составила 0,02% (см. табл. 2). Однако дан-

ный факт отмечен только в 1-й ротации. Во 2-й ротации севооборота в связи с тем, что продуктивность культур была значительно ниже, а, следовательно, меньше и дефицит азота (в 1,5 раза), содержание этого элемента в почве оставалось на том же уровне. При этом содержание легкогидролизуемого азота уменьшалось в 1-ю и во 2-ю ротации соответственно на 8 и 10 мг/кг почвы, или на 9 и 12%. Следует отметить, что в подпахотном горизонте содержание как общего, так и легкогидролизуемого азота в этом варианте не изменялось.

В 1-й ротации севооборота при внесении как минеральных, так и органоминеральных удобрений и при сложившемся слабо отрицательном балансе по азоту содержание общего азота в пахотном слое почвы даже несколько увеличивалось (см. табл. 2). Следует заметить, что в удобряемых вариантах продуктивность возделываемых культур была высокой, а следовательно, достаточно хорошо развита корневая система растений. Корни растений проникают в подпахотные слои и усваивают азот из нижележащих горизонтов. Данное предположение подтверждается тем фактом, что содержание общего азота в слое 20-40 см в удобренных вариантах за 1-ю ротацию снизилось на 0,007%.

Во 2-й ротации севооборота как при внесении только припосевного удобрения, припосевного на фоне органического и только органического удобрения, так и при использовании удобрений в расчетных дозах содержание общего азота уменьшилось на 0,013% (см. табл. 2). При этом потери этого элемента составили 390 кг/га за ротацию и 97,5 кг/га ежегодно.

Одной из причин убыли углерода и азота в пахотном слое почвы

могло быть усиление процессов минерализации гумуса в связи с обработкой почвы, а также отчуждение (вынос) азота с урожаем, не компенсируемое удобрениями. Следует отметить, что за 2-ю ротацию севооборота дефицит азота по 2-4 вариантам составил 193-253 кг/га, что и вызвало уменьшение содержания и легкогидролизуемого азота. Снижение уровня азота в пахотном слое почвы, вероятно происходило и в результате миграции элемента в нижележащие слои, вызванной сквозным промачиванием почвы, происходящим при таянии снега и осенью. Из-за миграции азота по профилю почвы произошло, возможно, снижение содержания легкогидролизуемого азота во всех вариантах во 2-й ротации в горизонте 20-40 см и его увеличение в слое 40—60 см

Снижение содержания общего азота при внесении удобрений в расчетных дозах, возможно, происходило из-за слабо отрицательного или уравновешенного баланса по азоту и он не накапливался в почве, о чем свидетельствует увеличение содержания легкогидролизуемого азота в пахотном слое почвы как в 1-ю, так и во 2-ю ротацию.

Таким образом, на содержание гумуса и азота большое влияние оказывают как применяемые удобрения, так и климатические условия. При этом следует отметить, что применение удобрений в расчетных дозах оказывает на содержание гумуса стабилизирующее действие.

## Выводы

1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой хорошо окультуренной почве применение удобрений в различных и расчетных дозах при сложившемся в среднем за 8 лет дефицитном (балансо-

вый коэффициент 142-166%) и уравновешенном балансе по азоту способствовало повышению продуктивности севооборота на 1,2-1,4 и 1,8 т к.ед./га и получению соответственно 84-87 и 94% планируемого уровня его продуктивности.

2. За 8 лет применения удобрений в расчетных дозах в пахотном слое дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы содержание гумуса и общего азота снизилось на 0,12 и 0,009%, а содержание легкогидролизуемого азота увеличилось на 12 мг/кг. При внесении удобрений в гораздо меньших дозах содержание гумуса в почве снизилось в 2,3 раза.

3. При использовании дерново-подзолистых почв без удобрений в течение 2 ротаций севооборота наблюдалось снижение содержания гумуса, общего и легкогидролизуемого азота на 0,28, 0,02% и 18 мг/кг, а ежегодные их потери составляли соответственно 1,05 т/га, 75 кг/га и 2,2 мг/кг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. — 2. *Жуков Ю.П.* Система удобрения в хозяйствах Нечер-

ноземья. М.: Московский рабочий, 1983. —

3. *Жуков Ю.П. и др.* Сравнительная оценка материалов исследований по фактическим и приведенным (с учетом результатов статистической обработки) значениям // *Агрохимия*, 1996. № 10. С. 125—131. — 4. *Кириллова Г.Б.* Продуктивность культур в севообороте при комплексном применении расчетных систем удобрения в Нечерноземье / Автореф. канд. дисс. М. [Б. и.], 1988. — 5. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 6. *Кореньков Д.А. и др.* Минерализация — иммобилизация азота почвы и удобрения // *Агрохимия*, 1984. № И. С. 130-138. — 7. *Лыко в А.М.* Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1982. — 8. *Минеев В.Г.* Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1988. — 9. *Панников В.Д. и др.* Почва, климат, удобрения, урожай. М.: Колос, 1987. — 10. Практикум по агрохимии / Под ред. Ягодина Б.А. М.: Агропромиздат, 1987. — 11. *Сапожников Н.А.* Азот в земледелии Нечерноземной полосы. — Ленинград.: Колос, 1973. — 12. *Щербаков А.П. и др.* Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ. — М.: Колос, 1983. — 189 с.

*Статья поступила  
13 апреля 2005 г.*

#### SUMMARY

Under systematic application of fertilizers in doses calculated by balance coefficients in medium-loamy well-cultivated sod-podzol soils, crops rotation reached 5.5 t/ha of fodder units which corresponded to 94% of planned level under the obtained equilibrium balance by nitrogen for 2 rotations of crops on average. Humus content and total nitrogen in topsoil therewith decreased to 0.12% and 0.009% accordingly. Fertilizers added to soil in other different doses resulted in negative balance by nitrogen, with the productivity of crops rotation reaching 84-87% of planned one, and decrease of humus contents being 2.3 times higher.