

Б. Н. АСТВАЦАТРЯН, С. А. АШХАБЯН

## ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ БУРОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДОЛГОЛЕТНЕМ УДОБРЕНИИ

Изучение закономерностей взаимодействия и преобразования внесенных удобрений с запасами питательных элементов почвы имеет важное значение в направленном изменении питательного режима и улучшении плодородия. Большую информацию в этом отношении можно извлечь из многолетних опытов с удобрениями.

Нами проводились специальные исследования на пятнадцатилетнем опыте по удобрению озимой пшеницы. Почва бурая карбонатная, тяжелосуглинистая.

Применялись удобрения, используемые в производстве. Под осеннюю вспашку ежегодно вносилось по 90 кг азота, фосфора, калия и 20 тонн навоза. Величина каждой делянки—210 кв. м. Возделывается в свое время широко распространенный сорт озимой пшеницы Арташати 42. Образцы почв брались с помощью бура с глубины 0—30 см. Анализы выполнялись следующими методами: общий азот—по Кьельдалю, общий гумус—по Тюрину, групповой и фракционный состав гумуса—по Тюрину—Пономаревой, нитраты—по Грандвал-Ляжу, групповой состав фосфатов—по Давтяну, поглощенные основания—по Шмуку, ферменты—пероксидаза и полифенолоксидаза,—активность которых выражалась в мг пурпургалина на 100 г почвы—по Галстяну.

Почва опытного участка до постановки длительного опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: гумус—1,77%, а общий азот—0,10%, фосфор—0,13%, легкогидролизуемый азот—6,5, доступный фосфор по Мачигину—3,5,  $K_2O$ , по Масловой—65 мг/100 г почвы, рН водной суспензии—8,0—8,2. Ежегодно изучалась динамика питательных элементов и каждые 5 лет проводился детальный химический анализ почвы с целью установления изменений режима питательных элементов.

Подытоживание результатов исследований выявило накопление питательных элементов и гумуса за 15 лет эксперимента. Из приведенных в табл. 1 данных видно, что многолетнее удобрение бурой почвы увеличило содержание общего азота и гумуса, причем отдельно внесенные азот, навоз и сочетание навоз + NPK оказали весьма благоприятное действие на накопление общего азота, увеличив его содержание на 0,04—0,05%. Наиболее высокое содержание гумуса отмечалось в вариантах с отдельным внесением навоза, NPK и сочетания NPK + навоз. По сравнению с неудобренным вариантом эта разница составила 0,3—0,6%. На накопление гумуса существенное влияние оказали как внесенный в почву навоз, так и корневые и пожнивные остатки, которые сразу же запахивались после уборки урожая. Аналогичные результаты получены Колтаковой и Шевченко [4] на выщелоченных черноземах Орловской области.

Таблица 1

Влияние длительного внесения удобрений на накопление общего азота и гумуса в бурой почве, %

Варианты	1969 г.			1970 г.		
	Общий		C:N	Общий		C:N
	азот	гумус		азот	гумус	
Без удобрения	0,13	2,08	9,3	0,14	2,12	8,8
N <sub>90</sub>	0,17	2,21	7,5	0,18	2,25	7,6
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0,16	2,31	8,4	0,16	2,28	8,3
Навоз 20 т	0,18	2,41	7,8	0,18	2,42	7,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> +навоз 20 т	0,16	2,47	9,0	0,21	2,30	6,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,15	2,47	9,6	0,16	2,41	6,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +навоз 20 т	0,18	2,69	8,1	0,18	2,50	8,1

Из приведенных данных видно также, что под влиянием удобрений изменилось соотношение C:N, которое сузилось в вариантах с отдельно внесенным азотом и навозом.

Исследованиями ряда авторов [1, 3, 5—10] установлено, что длительное применение органических и минеральных удобрений не только увеличивает общее содержание азота и гумуса, но и заметно меняет их качественный состав. Выяснилось, что совместное внесение органических и минеральных удобрений заметно увеличило содержание гуминовых кислот по сравнению с фульвокислотами. Об этом свидетельствует сравнительно широкое соотношение Ст.к.:Сф.к., которое в варианте без удобрения составляет 0,84, а в варианте навоз+НРК—1,13. Аналогичные данные получены по варианту с отдельно внесенным навозом. В вариантах без навоза содержание фульвокислот увеличилось по сравнению с гуминовыми кислотами. В группе гуминовых кислот преобладает вторая фракция, т. е. гуматы кальция, роль которой весьма существенна в структурообразовании почвы. Ее содержание сравнительно высокое в вариантах с совместно внесенными минеральными и органическими удобрениями.

Увеличение гуматов кальция происходит в основном за счет первой и третьей фракций и частично за счет фульвокислот. Первая фракция, т. е. гуминовые кислоты, связанные с полуторными окислами, полностью отсутствует как в неудобренном, так и в вариантах с минеральными удобрениями; ее образование отмечается в вариантах с наличием органического удобрения. В группе фульвокислот, с точки зрения почвообразовательного процесса, активную роль играет первая фракция, т. е. подвижные фульвокислоты, связанные с подвижными полуторными окислами. Совместное внесение органических и минеральных удобрений увеличивает содержание этой фракции. Нерастворимый остаток «гумин» играет менее важную роль, чем другие фракции, но под влиянием кислот и щелочей он может преобразоваться в более активные группы гумуса.

Таблица 2

Влияние длительного удобрения на групповой и фракционный состав гумуса в бурой почве, %  
 (в числителе — % от навески почвы; в знаменателе — % от органического „С“)

Варианты	Содержание общего		Воскосмолы	„С“ гуминовых кислот				„С“ фульвокислот				Сумма всех фракций	Нерастворимый остаток „гумин“	С г.к. С ф.к.
	гумуса	органиче-ского „С“		фракции				фракции						
				1	2	3	сумма	1	2	3	сумма			
Без удобрения	2,08	1,21	0,10 8,2	0,00	0,223 18,5	0,055 4,5	0,278 22,9	0,132 10,9	0,146 12,1	0,052 4,3	0,330 27,3	0,608 50,2	0,463 38,2	0,84
N <sub>90</sub>	2,21	1,28	0,12 9,3	0,00	0,239 18,7	0,062 4,8	0,301 23,5	0,143 11,2	0,155 12,1	0,054 4,2	0,352 27,5	0,653 51,0	0,492 38,4	0,86
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	2,31	1,34	0,13 9,7	0,00	0,247 18,4	0,067 5,0	0,314 23,4	0,148 11,1	0,158 11,8	0,059 4,3	0,365 27,2	0,789 50,7	0,546 40,8	0,86
Навоз 20 г	2,41	1,40	0,12 9,3	0,075 5,8	0,262 20,4	0,068 5,3	0,405 31,5	0,152 11,9	0,165 12,1	0,063 4,9	0,380 28,5	0,785 60,4	0,525 37,5	1,06
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> +навоз 20 г	2,47	1,41	0,15 10,4	0,092 6,3	0,278 19,3	0,078 5,4	0,448 31,0	0,164 11,4	0,178 12,4	0,067 4,7	0,409 28,5	0,857 59,5	0,468 32,5	1,10
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,47	1,44	0,15 10,4	0,00	0,256 17,7	0,065 4,5	0,321 22,2	0,145 10,1	0,158 10,9	0,056 3,9	0,359 24,9	0,680 47,1	0,653 45,4	0,89
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +навоз 20 г	2,69	1,56	0,17 10,9	0,125 8,0	0,285 18,2	0,081 5,2	0,491 31,4	0,175 11,2	0,186 11,9	0,072 4,6	0,433 27,7	0,924 59,1	0,584 37,4	1,13

Накопление общего гумуса и азота в бурой почве содействует улучшению режима доступных питательных элементов, в том числе и нитратов. Исследования (табл. 3) показали, что в начальные фазы роста растений во всех удобренных вариантах содержание нитратов в почве низкое, в последующих фазах, параллельно созреванию, оно увеличивается и приостанавливается в период восковой спелости—в конце июня наблюдается тенденция к понижению. Это проявление общей закономерности динамики нитратов в почве. Весной их содержание уменьшается в связи с активизацией деятельности микроорганизмов, а летом возрастает вследствие минерализации последних.

Таблица 3

Динамика нитратов в бурой почве, мг/100 г почвы

Варианты	Ф а з ы					
	кущение	трубкованье	колошение	молочно-восковая спелость	восковая спелость	полное созревание
Без удобрения	0,16	0,36	0,52	1,21	1,34	1,15
$N_{90}$	0,17	0,72	0,75	2,01	1,91	1,50
$N_{90}P_{90}$	0,21	0,72	0,79	1,91	1,86	1,55
Навоз 20 т	0,17	0,66	0,86	1,68	1,30	1,18
$N_{90}P_{90}$ +навоз 20 т	0,31	0,68	0,86	2,15	1,53	1,35
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,48	0,54	0,86	2,29	1,43	1,26
$N_{90}P_{90}K_{90}$ +навоз 20 т	0,53	0,85	0,87	2,74	1,68	1,47

Накопление нитратов в почве происходит в результате нитрификационных процессов, носящих окислительный характер, которые в июне усиливаются—поэтому в почве накапливается заметное количество нитратов. В этот период отмечается также резкое увеличение активности оксидаз (пероксидазы и полифенолоксидазы, рис. 1). Последующий ход

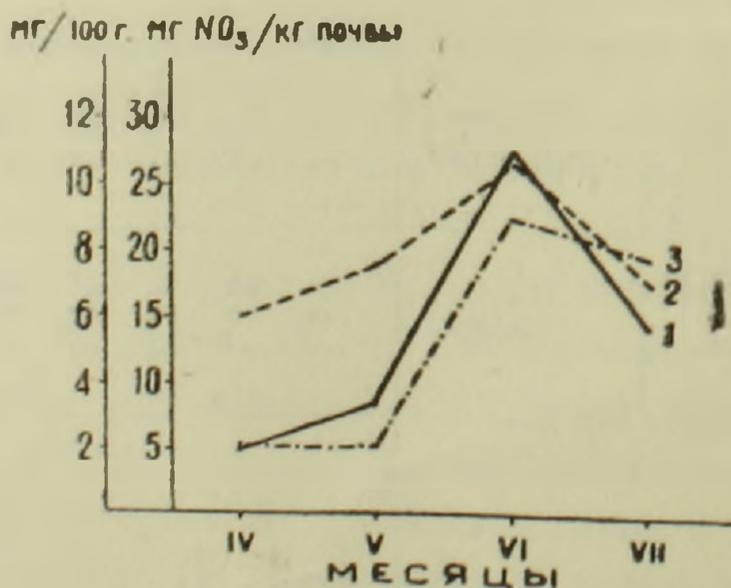


Рис. 1. Содержание нитратов и активность оксидаз в бурой почве при длительном удобрении. 1 — нитраты; 2 — пероксидаза; 3 — полифенолоксидаза.

изменения активности оксидаз и нитратов в почве находится в прямой коррелятивной связи. Увеличение содержания нитратов и активности

ферментов хорошо прослеживается в вариантах с полным минеральным удобрением и NPK + навоз.

В исследуемых почвах определялась также нитрификационная способность (НСП), которая является наиболее объективным показателем оценки обеспеченности почв доступным азотом; она определялась как в исходной, так и в почве с добавлением сернокислого аммония и гороховой муки.

Таблица 4

Влияние долголетнего внесения удобрений на нитрификационную способность бурой почвы, мг/100 г почвы

Варианты	Количество нитратного азота				Средняя прибавка урожая зерна за 1969—1970, ц/га
	в исходных образцах	после компостирования			
		в естественных условиях	с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	с гороховой мукой	
Без удобрения	0,35	6,2	125,0	33,9	—
$\text{N}_{90}$	0,93	7,9	160,0	63,6	5,7
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}$	0,84	9,5	158,8	62,6	5,2
Навоз 20 т	0,71	15,8	189,0	85,9	2,7
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}$ + навоз 20 т	0,97	15,2	190,5	71,4	6,6
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	0,91	13,5	170,5	72,6	7,2
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + навоз 20 т	0,90	15,0	190,5	71,4	9,4

Из приведенных данных (табл. 4) видно, что удобрения увеличили содержание нитратного азота, причем после 12-дневного компостирования заметно повысилось содержание нитратов. Высокая НСП наблюдалась в основном в вариантах с участием органического удобрения. Эта закономерность отмечалась как в компостированных, так и в некомпостированных образцах.

Установлена также взаимосвязь между количественными показателями НСП и урожайными данными, наблюдаемая также в опытах Бугакова и Лубите, Шевцовой [2, 11].

Для изучения условий фосфорного питания растений необходимо знать не только содержание наиболее подвижных соединений фосфора в почве, но и формы соединений, представляющих их основной резерв. Поэтому особого внимания заслуживает изучение фракционного состава почвенного фосфора с подразделением его форм на группы.

Исследования проводились по методике, предложенной Г. С. Давтяном. Из приведенных данных (табл. 5) видно, что групповой состав фосфатов заметно меняется в зависимости от соотношений и видов вносимых удобрений. За 15 лет заметным изменениям подверглось как общее содержание фосфора, так и отдельных фракций. В варианте с отдельным азотом вынос фосфора в основном происходил за счет фосфатов Са и Mg и значительно меньше за счет фосфатов полуторных окислов. Это явление говорит о том, что карбонат и гидроксил апатиты являются бли-

Таблица 5

Влияние многолетнего удобрения бурой почвы на изменение группового состава фосфатов

Варианты	мг $P_2O_5$ в 100 г почвы						Органический фосфор в % от валовой $P_2O_5$
	фосфаты					сумма	
	$R_2O_3$	Ca, Mg	вторично осажденных апатитов	труднорастворимых первичных апатитов	органический фосфор		
Без удобрения	38,8	59,6	8,6	6,7	11,4	125,1	9,0
$N_{90}$	33,3	28,8	7,4	6,2	13,5	89,2	15,1
$N_{90}P_{90}$	55,4	108,5	70,3	6,0	14,8	255,0	5,8
Навоз 20 т	44,2	87,4	23,7	6,1	32,4	193,8	16,7
$N_{90}P_{90}$ +навоз 20 т	56,7	112,2	39,5	6,2	33,6	248,2	13,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$	61,5	105,7	64,9	6,1	18,7	256,9	7,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$ +навоз 20 т	58,8	115,8	72,6	6,2	34,5	287,9	12,0

жайшим резервом доступного фосфора в бурых карбонатных почвах. Значительно улучшается фосфатное состояние этой почвы при систематическом внесении фосфорных удобрений и навоза. Преобладающая группа—это фосфаты щелочноземельных элементов и вторично осажденных апатитов. Причем содержание фосфатов Ca и Mg и вторично осажденных апатитов заметно возрастает при сочетании минеральных и органических удобрений. Содержание органического фосфора возрастает от систематического внесения навоза. Минеральное удобрение не оказывает существенного влияния на увеличение органического фосфора. Труднорастворимые первичные апатиты содержатся в незначительном количестве и не играют существенной роли в фосфорном режиме бурых карбонатных почв Армении.

Долголетнее внесение удобрений изменило также состав и соотношение поглощенных оснований в бурой почве. Из табл. 6 видно, что от

Таблица 6

Влияние длительного удобрения бурой почвы на состав поглощенных оснований, мг—экв/100 г почвы

Варианты	Поглощенные основания				
	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$K^+$	$Na^+$	сумма
Без удобрения	20,5	5,6	2,8	0,52	29,9
$N_{90}$	18,0	9,4	2,8	0,52	30,7
$N_{90}P_{90}$	22,8	4,7	2,8	0,26	30,6
Навоз 20 т	23,1	6,2	4,0	0,26	33,6
$N_{90}P_{90}$ +навоз 20 т	25,5	6,8	3,1	0,26	35,7
$N_{90}P_{90}K_{90}$	23,1	6,8	4,0	0,26	34,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$ +навоз 20 т	25,0	7,0	5,5	0,26	37,8

совместного внесения навоза и минеральных удобрений заметно увеличилось содержание поглощенных оснований. Отдельный азот и комбинация  $NP$  не оказали существенного влияния на эти показатели. Содержание поглощенного калия заметно возросло в вариантах с навозом, в то время как натрия—снизилось.

Таким образом, долголетнее внесение удобрений при бессменной культуре озимой пшеницы содействовало улучшению плодородия пахотного слоя бурой почвы, причем в случае отдельного внесения навоза и при сочетании его с минеральными удобрениями заметно увеличилось содержание общего азота и гумуса.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений изменило также качественный состав гумуса; увеличилось содержание гуминовых кислот, в частности гуматов кальция, что особенно важно для структурообразования, расширилось соотношение  $Cг.к.:Cф.к.$

Ежегодное внесение удобрений усилило энергию нитрификации бурых почв. Отмечается прямая корреляция между нитрификационной способностью почв отдельных вариантов и урожайностью озимой пшеницы. При систематическом внесении удобрений значительно улучшился фосфорный режим бурой почвы. Вторичные карбонат и гидроксил апатиты, которые образуются в бурых карбонатных почвах от внесения фосфорных удобрений, являются ближайшим резервом доступного фосфора. Содержание вторично осажденных фосфатов заметно возрастает при совместном внесении органических и минеральных удобрений.

Состав и соотношение поглощенных оснований также подверглось заметному изменению; содержание поглощенного калия увеличилось, а натрия—уменьшилось.

НИИ земледелия  
МСХ АрмССР

Поступило 8.II 1971 г.

Բ. Ն. ԱՍՏՎԱԾԱՏՐՅԱՆ, Ս. Հ. ԱՇՂԲԱՔՅԱՆ

ՊԱՐԱՐՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԵՐԿԱՐԱՄՅԱ ՄՈՒԾՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ  
ՀՈՂԻ ԲԵՐՐԻՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԳՈՐՇ ՀՈՂԵՐԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

Հետազոտությունները կատարվել են 1969—70 թթ. Երկրագործության դիտահետազոտական ինստիտուտի Փարաբարի փորձակայանի գորշ կարբոնատային հողում դրված պարարտացման երկարամյա փորձում: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ հողում պարարտանյութերի երկարամյա ներմուծումը ավելացնում է ազոտի և հումուսի պարունակությունը, որն ավելի ցայտուն է նկատվում գոմաղբի ու հանքային պարարտանյութերի համատեղ ներմուծման տարբերակներում: Հանքային և օրգանական պարարտանյութերի կիրառումը փոփոխման է ենթարկում նաև հումուսի որակական կազմը: Նրանց համատեղ ներմուծումը զգալիորեն ավելացնում է հումինային թթուների պար-

րունակութիւնը ֆուլֆոթթուների համեմատութեամբ: Միայն գոմաղբի և գոմաղբի ու հանքային պարարտանյութերի ներմուծման տարբերակներում զգալիորեն ավելանում է ինչպես կալցիումի հումատների, այնպես էլ հողի բերրութեան բարձրացման և ստրուկտուրազոյացման տեսակետից կտրկոր նշանակութիւն ունեցող ֆրակցիաների պարունակութիւնը:

Պարարտանյութերի երկարամյա ներմուծումը մեծացնում է հողի նիտրիֆիկացիոն ընդունակութիւնը: Որոշ կապ է նկատուել հողի նիտրիֆիկացիոն ընդունակութեան և բերքի քանակի միջև:

Ստացված տվյալները ցույց են տվել, նաև, որ հողում փոփոխման է ենթարկվում ֆոսֆատների ինչպես ընդհանուր, այնպես էլ առանձին ֆրակցիաների պարունակութիւնը: Գոմաղբի և ֆոսֆորական պարարտանյութերի ներմուծման տարբերակներում հողը զգալիորեն հարստանում է ֆոսֆատներով:

Այդ խմբերում գերակշռում են հողալկալիական էլեմենտների ֆոսֆատները և կրկնակի նստեցված ապատիտները, որոնց պարունակութիւնը առավել բարձր է NPK + գոմաղբ տարբերակում: Պարզվել է նաև, որ գոմաղբի և հանքային պարարտանյութերի համատեղ մուծման տարբերակներում նկատելիորեն ավելանում է կլանված կատիոնների քանակութիւնը:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адерихин П. Г., Шевченко Г. А. *Агрохимия*, 5, 1968.
2. Бугаков П. С., Лубите Я. И. *Агрохимия*, 1, 1969.
3. Егоров В. Е., Лыков А. М. *Почвоведение*, 10, 1963.
4. Колтакова П. С., Шевченко Г. А. *Агрохимия*, 5, 1966.
5. Кудзин Ю. К., Гетманец А. Я. *Агрохимия*, 5, 1968.
6. Левин Ф. И. *Почвоведение*, 9, 1959.
7. Лисовал А. П. *Агрохимия*, 4, 1965.
8. Мифтахов М. Н., Толчинов С. И. *Почвоведение*, 11, 1963.
9. Романенко М. Д. *Агрохимия*, 4, 1965.
10. Тюрин И. В., Кононова М. М. *Почвоведение*, 3, 1963.
11. Шевцова Л. К. *Удобрение и плодородие почв*. М., 1966.