

УДК 631.416:631.51

## ПОТЕРИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ РАЗНОЙ КРУТИЗНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАБОТКИ

И. С. КОЧЕТОВ, Л. И. ЖУРАВЛЕВА, В. Н. ВЛАСКИН

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Шестилетними исследованиями в стационарном полевом опыте установлено, что применение щелевания по основной вспашке на фоне 90N90P90K существенно снижает смыв почвы и поверхностный сток талых вод, в результате значительная часть поверхностного стока переходит во внутрипочвенный, что обеспечивает обогащение питательными элементами нижележащих горизонтов. С жидким поверхностным и внутрипочвенным стоком вымывается значительно больше питательных элементов, чем со смываемой почвой.

В учхозе ТСХА «Михайловское» на конаковском поле в 1980 г. заложен стационарный опыт, в котором изучается эффективность противоэрозионных обработок почвы на склоновых землях в зернотравяном севообороте во времени на двух фонах удобрения. Некоторые результаты исследований по этому опыту, в том числе данные по урожайности за ротацию, уже опубликованы [6, 7]. В этом сообщении дается количественная и качественная характеристика потерь элементов питания растений в разных вариантах опыта.

### Методика

Исследования проводили в 1981—1986 гг. Подробно схема опыта приведена в работе [6]. Здесь укажем лишь основные его факторы: А — система обработки: 1 — обычная на 20—22 см, 2 — то же+щелевание на 40—50 см, 3 — минимальная (лушение на 6—8 см); Б — удобрения: 1 — рекомендуемые нормы 60N60P60K, 2 — изучаемые нормы 90N90P90K; В — крутизна склона 1—4 и 2—8°. Севооборот 5-польный во времени: овес (1981), ячмень с подсевом многолетних трав (1982), многолетние травы 1-го (1983) и 2-го (1984) годов пользования, озимая пшеница (1985). Повторность опыта 3-кратная. Площадь стоковых площадок 1200 м<sup>2</sup>. Экспозиция склона южная.

Определяли: в смывтой почве (твердый сток) — азот общий по Кьельдалю, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по Кирсанову, K<sub>2</sub>O по Масловой, гумус по Тюрину [2]; в поверхностном стоке — NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, K, Ca и SO<sub>4</sub>; в жидком стоке — K, Na на пламенном фотометре [12]; содержание Ca, Mg — трилометрическим методом [14]. При определении остальных ионов (NO<sub>2</sub>, Cl, HCO<sub>3</sub>) использовали методики, описанные О. А. Алекиным [1] и С. М. Драчевым [4]. Урожай определили методом сплошной уборки и пересчитывали на чистое зерно 14 % влажности или на сено многолетних трав 16 % влажности.

Полученные данные обрабатывали мето-

### Результаты

Из табл. 1 видно, что с увеличением норм минеральных удобрений несколько возрастали потери питательных веществ с твердым стоком. Наибольшие потери элементов питания, особенно углерода, отмечены в варианте минимальной обработки на фоне 90N90P90K при крутизне склона 8°. В среднем за 6 лет исследований значения этого показателя в одноименных вариантах обработок и удобрения были более высокими на склоне крутизной 8°.

Более существенными были потери элементов питания с поверхностным стоком талых вод, особенно в варианте минимальной обработки на склоне 8° (табл. 2), где они колебались в зависимости от фона удобрения от 634,0 до 715,8 кг/га. Наименьшие потери — 96,8—146,9 кг/га — отмечены в варианте обычной вспашки с щелеванием на склоне крутизной 4°. Вариант обычной вспашки на склоне 8° по этому показателю занял промежуточное положение.

Самое высокое содержание нитратных форм азота (45,8—65,9 кг/га) в поверхностном стоке талых вод было в вариантах обычной и минимальной обработки по фону 60N60P60K на склоне крутизной 8°; подвижных форм фосфора (6,5—7,5) и калия (39,0—36,7), катионов кальция (62,6—67,3) и углерода (123,0—138,6) — в варианте минимальной обработки по обоим фонам удобрения на склоне той же крутизны. Во всех случаях с увеличением крутизны склона с 4 до 8° потери элементов питания с поверхностным стоком талых вод резко возрастали.

Данные табл. 2 свидетельствуют также и о том, что фосфор меньше вымывается поверхностным стоком воды, а катионы кальция, напротив, преобладают в нем, что приводит к обеднению верхнего слоя почвы этим элементом и изменению тем самым ее физико-химических свойств, что в конечном счете приводит к увеличению кислотности почвы. Это следует учитывать при проектировании работ по периодическому известкованию склоновых дерново-подзолистых почв Центрального района Нечерноземной зоны.

Таблица 1

Вынос элементов питания со смытой почвой (кг/га в среднем за 1981—1986 гг.) при внесении 60N60P60K (в числителе) и 90N90P90K (в знаменателе)

Вариант обработки	Смыто почвы %, т/га	Суммарные потери элементов питания	В т. ч.			
			N (общий)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C
Крутизна склона 4°						
Обычная	0,1	1,33	0,28	0,18	0,02	0,85
		0,53	0,19	0,03	0,01	0,30
То же + щелевание	0,03	0,22	0,04	0,01	0,01	0,16
		0,38	0,08	0,02	0,01	0,27
Минимальная	0,1	0,72	0,15	0,13	0,02	0,42
		1,44	0,44	0,14	0,03	0,83
Крутизна склона 8°						
Обычная	0,4 }	4,91	1,22	0,35	0,08	3,26
		7,21	1,36	0,54	0,10	5,20
То же + щелевание	0,2	2,24	0,47	0,12	0,03	1,62
		3,28	0,95	0,10	0,04	2,10
Минимальная	1,8	24,51	1,54	0,54	0,30	22,13
		33,78	2,23	0,98	0,40	29,86

\* Приводятся средние значения по обоим фонам удобрения здесь и в табл. 2.

**Вынос элементов питания поверхностным стоком талых вод  
(кг/га в среднем за 1981—1986 гг.) при внесении 60N60P60K (в числителе)  
и 90N90P90K (в знаменателе)**

Вариант обработки	Сток, мм	Суммар- ные потери	В т. ч.				
			NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	C
Крутизна склона 4°							
Обычная	11,4	164,4	1,9	2,5	8,4	10,0	30,8
		152,6	1,7	1,9	5,2	8,7	24,3
То же + щелевание	6,2	96,8	1,9	1,0	3,8	7,8	20,0
		146,9	1,8	1,7	5,6	9,6	24,9
Минимальная	10,8	173,4	1,8	2,7	6,6	16,0	27,4
		200,6	4,7	2,4	7,6	16,7	32,9
Крутизна склона 8°							
Обычная	32,5	366,8	45,8	3,5	13,8	34,3	44,7
		424,6	50,6	4,5	20,5	41,8	75,5
То же + щелевание	20,3	161,7	15,2	1,5	7,5	9,0	37,1
		328,1	34,3	3,3	18,8	25,0	48,2
Минимальная	44,3	634,0	65,9	6,5	39,0	62,6	123,0
		715,8	60,3	7,5	36,7	67,3	138,6

Аналогичная закономерность в вымывании элементов питания наблюдалась и при анализе горизонтального внутрипочвенного стока (табл. 3).

Общий вынос элементов питания с внутрипочвенным стоком колебался от 73,4 кг/га в варианте минимальной обработки склона крутизной 4° до 544,1 кг/га в варианте обычной вспашки с щелеванием на склоне крутизной 8°. Миграция элементов питания при крутизне склона 4° была в 2,1—4 раза меньше, чем в аналогичных вариантах на склоне 8°. Наибольший вынос нитратного азота, фосфора, калия, кальция и углерода наблюдался в варианте обычной вспашки с щелеванием на склоне 8°, наименьший — в варианте минимальной обработки на склоне 4°.

Несмотря на то что при щелевании с внутрипочвенным стоком вымывается значительное количество питательных веществ, есть все основания полагать, что они, особенно их легкоподвижные формы, все же используются растениями. Так, имеются данные [3, 8, 11], что в почве нитраты мигрируют не только вниз по профилю, но и в верхние слои из лежащих ниже горизонтов с восходящими потоками воды. В исследованиях с нитратными формами удобрений [9], вносимыми в падающую почву на различную глубину до 1 м, наблюдались при промывном типе водного режима их миграция и аккумуляция в зоне на глубине 130 см.

Таблица 3

**Вынос элементов питания внутрипочвенным горизонтальным стоком в слое 0—30 см  
(кг/га в среднем за 1982—1986 гг.) при внесении 90N90P90K**

Вариант обработки	Сток, мм	Суммар- ные потери	В т. ч.				
			NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	C
Крутизна склона 4°							
Обычная	1,1	146,8	16,2	0,8	3,0	19,7	20,1
То же + щелевание	1,9	193,5	22,7	0,8	3,1	24,4	34,9
Минимальная	0,8	73,4	6,0	0,4	2,7	9,6	5,1
Крутизна склона 8°							
Обычная	2,8	316,6	47,4	0,5	3,1	53,6	52,2
То же + щелевание	4,0	544,1	59,7	1,9	8,2	76,9	86,9
Минимальная	1,6	366,8	39,6	0,4	2,0	46,9	54,8

Под растениями нитраты удобрений в конце опыта по всему профилю почвы до 140 см почти не обнаруживались независимо от глубины внесения кальциевой селитры. Следовательно, в литературе нет единого мнения о судьбе элементов питания, которые вымываются с внутрипочвенным стоком в лежащие ниже горизонты почвы.

Суммарные потери элементов питания (со смытой почвой, поверхностным стоком талых вод и внутрипочвенным) на фоне 90N90P90K были наибольшими (1116,3 кг/га) в варианте минимальной обработки склона крутизной 8°, наименьшими (275,4 и 299,9 кг/га) — в вариантах минимальной и обычной вспашки склона крутизной 4°. Вариант обычной вспашки с щелеванием занимал по этому показателю промежуточное положение (340,8 и 875,5 соответственно на склонах 4 и 8°). Суммарные потери элементов питания на склоне крутизной 8° были в 2,0—2,8 раза больше, чем в аналогичных вариантах склона крутизной 4°.

Анализ данных табл. 1—3 показывает, что с жидким поверхностным и внутрипочвенным стоком вымывается значительно больше элементов питания, чем со смытой почвой, что необходимо учитывать при планировании почвозащитных технологий и разработке системы удобрения для склоновых земель Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР.

### Выводы

1. Щелевание, проводимое по основной вспашке, в 2—4 раза снижает смыв почвы на склонах крутизной 4 и 8° и в 1,5—2 раза — поверхностный сток воды. При минимальной обработке смыв почвы на склонах 4 и 8° был больше, чем по обычной вспашке, в 1,8 раза, поверхностный сток — в 1,5 раза.

2. С жидким поверхностным и внутрипочвенным стоком вымывается значительно больше питательных элементов, чем со смываемой почвой. Это необходимо учитывать при планировании почвозащитных технологий и системы удобрения.

3. При увеличении крутизны склона с 4 до 8° резко возрастают потери элементов питания с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Щелевание почвы привело к переводу значительной части поверхностного стока талых вод во внутрипочвенный и обогащению питательными элементами нижележащих горизонтов. Внутрипочвенный сток на склонах 4 и 8° в варианте с щелеванием был соответственно в 1,8—1,9 раза больше, чем по обычной вспашке.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А л е к с и н О. А. Химический анализ вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1954.
2. А р и н у ш к и н а Е. В. Руководство по хим. анализу почв. — М.: Изд-во МГУ, 1961.
3. В о р о б ь е в С. А., И в а н о в Ю. Д. Баланс азота в прифермских севооборотах на дерново-подзолистых почвах. — Изв. ТСХА, 1968, вып. 6, с. 43—54.
4. Д р а ч е в С. М., Р а з у м о в А. С., Б р у е в и ч С. В. и др. Методы хим. и бактериол. анализа воды. — М.: Медгиз, 1953.
5. Д о с п е х о в Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985.
6. К о ч е т о в И. С. Влияние противозерозионных обработок на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность с.-х. культур. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 6, с. 15—20.
7. К о ч е т о в И. С., М а м о н о в В. А., К у д р я ш о в А. М. Биологическая активность среднеродированной дерново-подзолистой почвы на склонах в зависимости от способа почвозащитной обработки. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 2, с. 15—20.
8. К р е й е р К. Г. Особенности формирования почвенных лизиметрических растворов в дерново-подзолистых почвах и их возможная роль в питании растений. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1973, с. 15—42.
9. К у д е я р о в В. Н., С о к о л о в О. А., Б о ч к а р е в А. Н. Доступность растениям нитратного азота из различных горизонтов серой лесной почвы. — Тр. X Междунар. конгресса почвоведов, 1974, с. 117—123.
10. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии. — Л.: Гидрометеиздат, 1975.
11. Н и к и т и ш е н В. И., Н и к и т и ш е н И. А., Т е р е х о в а Л. М., Щ а б н о в а Н. И. Действие и последствие азотного удобрения в связи с миграцией нитратов по профилю почвы. — Агрохимия, 1979, № 7, с. 8—17.
12. П о л у э к т о в Н. О. Методы анализа по фотометрии пламени. — М.: Химиздат, 1967.
13. Т р е г у б о в П. С. Почвозащитные мероприятия на склоновых землях Нечерноземной зоны РСФСР. — В сб.: Почвозащитное земледелие на склонах. М.: Колос, 1983.
14. У г л о в а Л. В. Влияние весен-

него стока на химические свойства дерново-подзолистых почв. — В кн.: Основы проблемы охраны почв. М.: Наука, 1975, с. 39—41. — 15. Чернышов Е. П. Исследования

склонового и внутрпочвенного стока. — В кн.: Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976, с. 199—215.

Статья поступила 10 октября 1987 г.

### SUMMARY

It has been found in a stationary field experiment conducted for six years that slitting performed on a fundamental plowing on the 90N90P90K background essentially reduced soil washing and surface runoff of thawing waters; as a result a considerable part of surface runoff penetrates into the ground and enriches lower horizons with nutrient elements. Much more nutrient elements are washed out with liquid surface and intraground runoff than with washed soil.