

УДК 631.452:631.82:631.51.01

**ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СПОСОБА ЕЕ ОБРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

С. М. КОНЦЕВАЯ, И. П. ДЕРЮГИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Приводятся данные о влиянии минеральных удобрений и способа обработки почвы на агро- и физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы в интенсивном севообороте.

Эффективное использование минеральных удобрений в условиях постоянно возрастающей химизации сельского хозяйства зависит от многих факторов, одним из которых является содержание элементов питания в почве. При внесении минеральных удобрений должны быть

выполнены два условия: удовлетворена потребность растений в соответствующем элементе питания и предотвращено истощение запасов его в почве.

На эффективность применения удобрений и запас питательных веществ в почве оказывает влияние система ее обработки. Ряд исследователей считают, что увеличение глубины обработки способствует повышению эффективности удобрения и улучшению пищевого режима почвы [1, 4, 9, 11, 17]. По мнению других исследователей, для сохранения гумуса в почве как важнейшего фактора плодородия следует минимализовать обработку почвы, что будет способствовать уменьшению разложения органического вещества [8, 12, 15]. При поверхностной обработке почвообразовательные процессы протекают в условиях, приближающихся к естественным, в результате происходит дифференциация пахотного слоя по плодородию [12].

Нами изучалось влияние минеральных удобрений и систем обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур в интенсивном севообороте [5]. В настоящем сообщении приводятся результаты исследований влияния этих факторов на плодородие почвы.

Методика

Многолетний стационарный полевой трехфакторный опыт заложен в 1982 г. в учхозе «Июльское» Ижевского СХИ Удмуртской АССР методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов.

Схема опыта (условные единицы норм) — 000 (контроль), 002, 020, 022, 111, 113, 131, 133, 200, 202, 220, 222, 311, 313, 331, 333 — представляет собой специальную выборку полного факториального эксперимента и содержит 16 вариантов. По каждому элементу изучаются четыре (включая нулевую) последовательно возрастающие нормы удобрений и их сочетания.

Минеральные удобрения вносят по фону извести (норма — 1 г. к.) один раз в ротацию севооборота и навоз из расчета 15 т на каждый гектар севооборотной площади, 60 т навоза вносят под картофель. Исследования проводили в звене: горохоовсяная смесь — озимая рожь — ячмень — картофель. Для удобства обозначения вариантов принят порядок факторов N, P, K. В трехзначном числе первая цифра означает условную норму азота, вторая — фосфора, третья — калия. Шаг кратности (одинарная норма) удобрений принят следующий: горохоовсяная смесь — 45N45P45K, озимая рожь — 45N30P45K, ячмень — 40N40P40K, картофель — 60N60P60K.

В опыте изучалось три системы обработки почвы: отвальная (принятая в зоне) — контроль, глубокая комбинированная и минимальная (поверхностная). Основная обработка проводилась отвальным плугом на глубину 22 см, а предпосевная — на глубину 10—12 см лаповыми культиваторами

(контроль).

При глубокой комбинированной системе основная обработка выполнялась плоскорезами-глубококорыхлителями с целью рыхления и постепенного окультуривания подпахотного горизонта на глубину до 30—35 см. При минимальной системе обработки почвы проводили глубокое рыхление (30—35 см) один раз в ротацию, а в остальные годы — поверхностную обработку с применением комбинированных агрегатов. Высевали озимую рожь сорта Чулпан, горох сорта Неосыпающийся и вес сорта Астор. Делянки в опыте размещали по 2 блока в каждой повторности. Повторность опыта 2-кратная. Агрохимическая характеристика дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы представлена в предыдущем сообщении [5].

В почвенных образцах, отобранных после уборки урожая, определяли содержание фосфора и калия по Кирсанову, калия — по Масловой, гумуса — по Тюрину в модификации Симакова, общего азота — по методу Кьельдаля, гидролитическую кислотность и pH — потенциометрическим методом, степень подвижности фосфатов — по Карпинскому — Замятиной, степень подвижности калия — по Важенину, фосфатный потенциал почвы — по Аслингу, калийный потенциал — в хлоркальциевой вытяжке с последующим расчетом на ЭВМ, потенциальную буферную способность почв по отношению к фосфору и калию — по Беккету.

Аналитические данные обрабатывали методом корреляционно-регрессионного анализа на микроЭВМ «Электроника ДЗ-28».

Результаты

В опыте при повышении нормы удобрений в 1,5—2 раза возрастало содержание в почве кислоторастворимого фосфора, определяемого по Кирсанову. В контроле содержание фосфора в слое почвы 0—10 см составило 9,2 мг/100 г (озимая рожь), в варианте с тройной нормой удобрений при отвальной, глубокой комбинированной и минимальной системах обработки почвы оно повысилось соответственно до 15,4; 18,6

Агрохимические показатели почвы

Горизонт почвы, см	Оз. рожь				Горохоовсяная смесь			
	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{сол}	H _г , мг·экв	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{сол}	H _г , мг·экв
	мг/100 г				мг/100 г			
000								
0—10	9,2	15,2	5,78	1,74	10,5	10,2	5,84	1,90
10—20	12,4	17,3	5,62	2,14	8,1	10,3	5,44	2,26
20—30	9,6	10,5	5,14	2,41	5,6	9,0	5,39	2,21
333								
Отвальная обработка								
0—10	15,4	27,8	5,82	1,64	18,4	19,2	5,74	2,06
10—20	16,0	23,2	5,83	1,58	12,7	17,2	5,48	1,86
20—30	12,6	29,5	5,15	2,68	8,0	6,2	5,36	1,82
Комбинированная обработка								
0—10	18,6	27,0	5,52	2,02	22,2	22,8	5,64	2,46
10—20	17,4	17,0	5,65	2,36	12,3	18,5	5,22	2,25
20—30	6,8	9,8	5,05	2,40	6,0	6,2	5,40	1,96
Минимальная обработка								
0—10	29,0	32,0	5,33	2,63	26,6	23,5	5,37	2,40
10—20	14,5	22,4	5,16	2,52	12,7	17,8	5,47	2,28
20—30	13,5	11,1	4,60	2,02	6,9	10,8	5,03	1,83

и 29,0 мг/100 г (табл. 1). Содержание подвижного фосфора увеличилось и в нижележащих горизонтах почвы. Аналогичная тенденция наблюдалась при изменении количества подвижных соединений фосфора в почве под горохоовсяной смесью.

Содержание подвижного калия, определяемого методом Кирсанова, также повышалось по мере увеличения нормы удобрений. Если в контроле содержание его в слое 0—10 см составляло 15,2 мг/100 г, то при отвальной системе обработки и внесении 135N90P135K (под озимую рожь) оно возросло до 27,8, при глубокой комбинированной и минимальной — соответственно до 27,0 и 32,0 мг/100 г. Гидролитическая кислотность почвы и pH были подвержены меньшим колебаниям, можно лишь отметить некоторое снижение значения pH и увеличение гидролитической кислотности в верхнем слое почвы при минимальной обработке по сравнению с контролем и другими системами обработки почвы.

Запасы питательных элементов в почве оказывали влияние на урожайность культур в звене севооборота. При корреляционно-регрессионном анализе была выявлена достаточно высокая положительная взаимосвязь между урожайностью озимой ржи и содержанием подвижного фосфора в почве. Коэффициент корреляции между этими показателями для слоя почвы 0—10 см составил 0,74; 0,70 и 0,76 соответственно при отвальной, комбинированной и минимальной обработках, для слоя 10—20 см — 0,56; 0,54 и 0,49, для слоя 20—30 см — 0,27; 0,23 и 0,11.

Взаимосвязь между урожайностью озимой ржи и содержанием подвижного калия в почве была несколько иной. Для слоя почвы 0—10 см коэффициент корреляции при отвальной системе обработки составил 0,54, при комбинированной — 0,57, минимальной — 0,40, для слоя 10—20 см — соответственно 0,43; 0,54; 0,26 и для слоя 20—30 см — 0,10; 0,34 и 0,22. Между урожайностью озимой ржи и показателями кислотности почвы — pH и H_г — отмечена отрицательная корреляция. Аналогично изменялся коэффициент корреляции между урожайностью горохоовсяной смеси и запасами питательных веществ в почве.

Таблица 2

Степень подвижности фосфора и калия
в почве и содержание в ней гумуса
и общего азота

Горизонт почвы, см	P ₂ O ₅ по Кар- пинскому — За- мятиной, мг/л	K ₂ O, мг/100 г		Гумус, %	Общий азот, %
		по Важе- нину	по Мас- ловой		
000					
0—10	0,08	1,9	13,0	1,48	0,076
10—20	0,07	1,9	13,0	1,39	0,074
20—30	0,01	1,3	10,0	0,95	0,059
333					
Отвальная обработка					
0—10	0,16	2,2	15,0	1,31	0,084
10—20	0,12	3,6	20,5	1,41	0,084
20—30	0,06	3,2	17,0	0,88	0,043
Комбинированная обработка					
0—10	0,18	2,8	16,0	1,17	0,082
10—20	0,11	2,4	13,0	1,24	0,076
20—30	0,05	1,6	10,5	0,33	0,029
Минимальная обработка					
0—10	0,26	5,6	27,0	1,45	0,086
10—20	0,06	3,6	18,0	1,19	0,075
20—30	0,03	2,2	12,5	0,59	0,048

вил 0,89 при отвальной обработке почвы, 0,99 — при комбинированной и 0,93 при минимальной.

Способность почвы обеспечивать растения калием зависит не только от запасов обменного и кислоторастворимого калия в почве, но и от степени его подвижности, о которой можно судить по концентрации этого элемента (мг/л, или в пересчете на 100 г почвы) в 0,005 н. CaCl₂ после его взаимодействия с почвой при соотношении раствор : почва = 2 : 1 (по И. Г. Важенину). Данный показатель хорошо отражает удобренность почвы калием.

В наших опытах степень подвижности калия при повышении нормы минеральных удобрений возрастала (табл. 2). Корреляция между содержанием кислоторастворимого калия, степенью подвижности и содержанием обменного калия, определяемого по методу Масловой, была довольно высокой.

Коэффициент корреляции между содержанием кислоторастворимого калия и степенью его подвижности при отвальной обработке почвы равен 0,44, комбинированной — 0,86, минимальной — 0,95, между содержанием кислоторастворимого калия и обменного калия по Масловой — соответственно 0,63; 0,85 и 0,97. Между степенью подвижности калия и его содержанием по Масловой также существовала тесная взаимосвязь: коэффициенты корреляции составили соответственно 0,90; 0,91 и 0,98.

При внесении минеральных удобрений несколько снизилось содержание гумуса в почве (табл. 2). Система обработки почвы также влияла на содержание гумуса. Менее значительно его количество снизилось в слое 0—10 см при минимальной обработке почвы. Система обработки почвы во многом определяла распределение гумуса по профилю почвы. При отвальной и комбинированной обработках содержание гумуса в слое почвы 10—20 см было больше, чем в верхнем горизонте.

В некоторых случаях высокое содержание фосфора в почвах, определяемое по методу Кирсанова, обусловлено не удобренностью почвы, а ее природными особенностями. Природные фосфаты дерново-подзолистых почв характеризуются низкой подвижностью и доступностью для растений. Степень подвижности почвенных фосфатов в этих почвах необходимо устанавливать с помощью метода слабосолевых вытяжек.

В наших опытах степень подвижности фосфатов в почвах (табл. 2), определяемая по Карпинскому — Замятиной в 0,03 н. K₂SO₄, в варианте без удобрений: была низкой, по мере увеличения нормы удобрений она повышалась. Максимальная степень подвижности фосфатов наблюдалась при минимальной обработке в варианте с тройной дозой удобрений — 0,26 мг/л (горизонт 0—10 см). Данный показатель тесно связан с содержанием кислоторастворимого фосфора в почве, коэффициент корреляции соста-

Немаловажную роль играет содержание в почве азота, так как 40—45 % урожая даже при полном обеспечении растений минеральными азотными удобрениями формируется за счет использования почвенного азота, поступающего преимущественно из гумуса [7]. В нашем опыте корреляция между содержанием гумуса и общего азота в почве была достаточно высокой. Коэффициент корреляции при отвальной обработке составил 0,63, комбинированной — 0,85, минимальной — 0,76.

В последнее время все большее внимание отечественных и зарубежных исследователей привлекают физико-химические свойства почвы — фосфатный потенциал и потенциальная буферная способность по отношению к фосфору, калийный потенциал и калийная потенциальная буферная способность почвы.

Формулы для определения фосфатного потенциала основаны на использовании закона действующих масс с учетом активной концентрации веществ, принимающих участие в равновесных реакциях [2].

Фосфатный потенциал зависит от нормы фосфорных удобрений. При ее увеличении фосфатный потенциал снижается, то есть улучшается фосфатный режим почв. Фосфатный потенциал >7 свидетельствует о недостаточном уровне фосфорного питания [16]. Фосфатный режим дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Кировской области при значении фосфатного потенциала 5,9—6,4 близок к оптимальному [6].

Обеспечение растений фосфором определяется также буферностью почвы, характеризующей способность почвы поддерживать концентрацию фосфора в растворе на определенном уровне или ее способность противостоять изменению фосфатного потенциала.

PBC^P учитывает не только общее содержание подвижных фосфатов в почве, но и их подвижность, зависящую от поглотительных свойств почвы, емкости поглощения фосфора и прочности его закрепления в твердых фазах, поэтому данный показатель более полно характеризует фосфатный режим почв. Чем больше PBC^P, тем менее благоприятен фосфатный режим исследуемых почв [2].

В наших опытах при внесении минеральных удобрений фосфатный потенциал уменьшался (табл. 3). Фосфатная буферная способность также снижалась по сравнению с контролем. Оба показателя имели тенденцию к увеличению по горизонтам почвы. Разные системы обработки оказывали различное влияние на физико-химические свойства почвы. Так, фосфатный потенциал и PBC^P в верхнем слое почвы при отвальной обработке составили соответственно 5,69 и 0,021, комбинированной — 5,78 и 0,025, минимальной — 5,47 и 0,015, в то время как в контроле — 6,02 и 0,026.

Между содержанием подвижного фосфора и фосфатным потенциалом почв, а также содержанием подвижного фосфора и PBC^P существует обратно пропорциональная зависимость, коэффициент корреляции при отвальной обработке составил соответственно —0,94 и —0,54, комбинированной —0,92 и —0,99, минимальной —0,99 и —0,94.

Калийный потенциал характеризует способность катионов калия почвенного поглощающего комплекса переходить из твердой фазы почвы в почвенный раствор. Формула для определения калийного потен-

Таблица 3
Физико-химические показатели почвы

Горизонт почвы, см	P ^O	PBC ^P	K ^O	PBC ^K
000				
0—10	6,02	0,026	3,06	50,7
10—20	5,89	0,022	2,93	72,1
20—30	6,02	0,096	3,13	117,3
333				
Отвальная обработка				
0—10	5,69	0,021	3,02	48,7
10—20	5,81	0,025	2,82	55,6
20—30	5,89	0,031	2,78	43,3
Комбинированная обработка				
0—10	5,78	0,025	2,88	63,1
10—20	5,91	0,025	2,98	76,1
20—30	6,21	0,044	3,09	28,2
Минимальная обработка				
0—10	5,47	0,015	2,57	41,9
10—20	5,81	0,018	2,81	45,3
20—30	6,02	0,030	3,00	42,2

циала выводится из закона действующих масс, уравнения изотермы; полярной адсорбции Е. Н. Гапона и химических потенциалов калия к кальция [10].

Потенциальная буферная способность почв по отношению к калию выражает зависимость между калийным потенциалом и общим; количеством подвижного калия в почве. По РВСК можно косвенно судить об участии необменного калия почвы в питании растений. Длительное применение одних минеральных удобрений, особенно высоких норм, приводит к повышению общих запасов подвижного калия,, но при этом уменьшается значение РВСК [3, 13].

В проведенных нами опытах под влиянием различных систем обработки почвы и минеральных удобрений калийный потенциал снижался. Калийный режим был наиболее благоприятный при минимальной обработке почвы в слое 0—10 см.

Изучаемые системы обработки почвы по-разному влияли на взаимосвязь между содержанием подвижного калия, определяемого ш>методу Кирсанова, и физико-химическими показателями почвы. Взаимосвязь между содержанием подвижного калия и калийным потенциалом, а также содержанием подвижного калия и РВСК при отвальной обработке была положительной (коэффициент корреляции составил соответственно 0,75 и 0,73), при комбинированной обработке взаимосвязь в первом случае обратно пропорциональная (коэффициент корреляции —0,99), в последнем — положительная (коэффициент корреляции 0,69). При минимальной обработке почвы взаимосвязь оказалась обратно пропорциональной, причем более тесной для калийного потенциала (коэффициент корреляции составил соответственно —0,97 и —0,40).

Выводы

1. Систематическое применение минеральных удобрений, особенно высоких норм, способствовало накоплению питательных веществ в почве, при этом увеличивались как запасы подвижных форм фосфора и калия, так и степень подвижности этих элементов.

2. Системы обработки почвы оказывали влияние на распределение питательных элементов по почвенному профилю. При минимальной обработке происходила дифференциация пахотного слоя по плодородию.

3. При минимальной обработке почвы по сравнению с отвальной и глубокой комбинированной уменьшалось разложение органического вещества в верхнем слое почвы и несколько снижалось содержание гумуса в лежащих ниже горизонтах.

4. Минеральные удобрения и системы обработки почвы оказывали влияние и на физико-химические свойства почвы. Повышенные нормы минеральных удобрений приводили к уменьшению фосфатного и калийного потенциалов почвы, изменению потенциальной буферной способности почв по отношению к фосфору и калию, причем наиболее ярко это проявилось при минимальной системе обработки в верхнем горизонте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов Г. Д., Хуснутдинов Г. Х., Магюшин М. С., Кирдин В. Ф. Роль севооборота и обработки почвы в увеличении производства зерна. — Земледелие, 1980, № 12, с. 37—38. — 2. Гинзбург К. Е. Фосфор основных типов почв СССР. — М.: Наука, 1981. — 3. Гринченко Г. А. Потенциальная буферная способность основных типов почв УССР относительно калия и ускоренный метод обработки результатов ее определения. — Агротехника, 1982, № 1, с. 115—120. — 4. Гриценко В. В. Обработка и углуб-

ление пахотного слоя почвы. — М.: Московский рабочий, 1971. — 5. Дерюгин И. П., Концевая С. М., Демин Л. А., Холзаков В. М. Продуктивность звена зернопропашного севооборота в зависимости от уровня минерального питания, способа обработки почвы и нормы высева семян. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 3, с. 52—58. — 6. Калинин А. И. Фосфатный потенциал дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Кировской области. — В сб.: Состав и свойства почв северо-востока европейской части СССР и воспроизводство

их плодородия в связи с обработкой и применением удобрений. Пермь: Пермский СХИ, 1985, с. 33—39. — 7. Кауричев И. С., Лыков А. М. Проблемы гумуса пахотных почв при интенсивном земледелии. — Почвоведение, 1979, № 12, с. 5—15. — 8. Коробова Л. И. Разноглубинная обработка почвы в севообороте. — Земледелие, 1981, № 4, с. 34—36. — 9. Макаров И. П., Манылова Л. П. Изучение некоторых приемов окультуривания дерново-подзолистых почв. — В сб.: Вопросы почвоведения, применения удобрений и обработок почвы. Ижевск: Изд-во Удмуртия, 1975, с. 220—224. — 10. Медведева О. П. Определение калийного потенциала и потенциальной буферной способности почв. — В сб.: Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975, с. 219—227. — 11. Медведева О. П. К вопросу оценки обеспеченности растений доступным калием. — Агрохимия, 1987, № 1, с. 116—139. — 12. Мерзлякова Т. П. Почвозащитная обработка дерново-подзолистых почв — основа высоких урожаев. — В сб.: Интенсивные технологии на полях Удмуртии. Устинов: Изд-во Удмуртия, 1986, с. 36—39. — 13. Прокошев В. В., Кузнецов А. В. Активность почвенного калия как показатель эффективности калийных удобрений на известкованных почвах. — Агрохимия, № 6, 1975, с. 55—58. — 14. Пупонин А. И., Мухаметдинов Ф. З. Возможности минимализации обработки дерново-подзолистых почв. — Земледелие, 1980, № 9, с. 38—41. — 15. Саранин К. И., Старовойтов Н. А. Влияние основной обработки на плодородие почвы. — Земледелие, 1982, № 9, с. 27—29. — 16. Синягина М. Г. Определение фосфатного потенциала в почвах. — Агрохимия, 1966, № 10, с. 28—38. — 17. Синягин И. И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений. — М.: Россельхозиздат, 1968.

Статья поступила 22 апреля 1988 г.

SUMMARY

Data on the effect of mineral fertilizers and methods of soil treatment of agro- and physicochemical characteristics of soddy-podzolic soil under intensive crop rotation are presented. Application of mineral fertilizers, especially at high rates, increased the amount of phosphorus and potassium in the soil, their mobility getting higher. Different methods of soil treatment produced different effect on agrochemical soil characteristics. Minimum soil treatment resulted in differentiation in arable layer fertility and lower rate of humus decomposition. Application of mineral fertilizers and methods of soil treatment affected physicochemical soil characteristics, too.