

УДК 631.51:631.445.2:631.452

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ИНТЕНСИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ЕЕ ОКУЛЬТУРЕННОСТЬ И ПЛОДОРОДИЕ

А. И. ПУПОНИН, М. И. ПЕВНЕВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В статье проанализированы данные вегетационно-полевого и двух полевых стационарных опытов, в которых изучалось воздействие разных систем обработки на агрохимические свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при известковании и достаточно высоких нормах минеральных и органических удобрений. Установлено, что 51,7 % изменения урожайности культур зернопропашного севооборота обуславливается плодородием слоя почвы 0—20 см и 34,8 % — слоя 20—40 см. Это свидетельствует о целесообразности повышения окультуренности и плодородия пахотного слоя. Показано также, что лучшие агрохимические свойства слоя 0—20 см формируются при системах обработки почвы без глубоких вспашек — минимальной фрезерной и отвальной с фрезерованием.

Роль основной обработки почвы в повышении урожайности меньше, чем внесения органических и минеральных удобрений, что говорит о возможности минимализации обработки (на 40 %).

При разработке прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур для Нечерноземной зоны РСФСР необходимо опираться на последние достижения теории окультуривания и повышения плодородия почвы, научное обоснование ресурсосберегающих приемов и систем ее обработки в интенсивном земледелии. В связи с этим, имея конечной целью разработку рекомендаций сельскохозяйственному производству Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР, мы изучали влияние разных систем обработки дерново-подзолистой почвы в интенсивном земледелии на ее окультуренность и плодородие.

В процессе работы решали следующие основные задачи:

1. Обосновать оптимальную глубину основной обработки путем моделирования рационального по окультуренности слоев строения 40 см дерново-подзолистой почвы.

2. Определить закономерности изменения окультуренности и плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы под действием разных по интенсивности систем обработки и удобрения.

3. Установить долевое участие влияния основной обработки дерново-подзолистой почвы и других факторов в изменении урожайности полевых культур.

4. Оценить экономическую эффективность разных по интенсивности систем обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в зернопропашном севообороте.

Условия и методика

Исследования выполняли в учхозе «Михайловское» в 1980—1983 гг. Влияние строения почвенного горизонта и его мощности на урожай пропашных культур (на примере кукурузы) изучали в 2-факторном вегетационно-полевым опыте 6×2 (1981—1983 гг.). Схема опыта следующая.

Фактор А — почвенный горизонт и его мощность: 1 — $A_{\text{пах}}$ 0—20 см, A_2B 20—40 см (контроль); 2 — $A_{\text{пах}}$ 0—10 см,

A_2B 10—40 см; 3 — $A_{\text{пах}}$ 0—20 см, A_2B 20—40 см (контроль); 4 — $A_{\text{пах}}$ 0—30 см, A_2B 30—40 см; 5 — $A_{\text{пах}}$ 0—40 см; 6 — A_2B 0—40 см.

Фактор В — удобрения: 1 — без удобрений, 2—120N120P120K.

Для закладки опыта использовали дерново-подзолистую среднесуглинистую почву. В пахотном горизонте содержалось гумуса 1,55 %, P_2O_5 — 7,4, K_2O — 8,1 мг

на 100 г, в переходном подзолисто-иллювиальном A_2B — соответственно 0,86 %, 5,5 и 5,8 мг.

Масса 10 см слоев соответствующих горизонтов ($A_{\text{пах}}$, A_2B) была одинаковой на всех делянках. Имитировалось звено севооборота кукуруза на силос — озимая пшеница. Удобрения под кукурузу вносили весной в верхний (0—10 см) слой почвы. Варианты размещали методом латинского прямоугольника $4 \times 4 \times 3$ в двух закладках. Размер делянки 0,5 м² (1×0,5), повторность 4-кратная.

Стационарный полевой 2-факторный опыт 4×2 «Моделирование интенсивного окультуривания дерново-подзолистой почвы» заложен Б. А. Доспеховым осенью 1974 с. методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов.

Фактор А — основная обработка (через год): 0 — вспашка на 20—22 см; 1, 2 и 3 — соответственно одна, две и три 3-ярусных обработки на 38—40 см.

Фактор В — удобрения: 1 — без удобрений, 2 — навоз, 100 т/га через год + 180N200P180K ежегодно.

На опытном участке в 1975—1978 гг. было развернуто звено севооборота картофель — занятый пар (викоовсяный), а с 1979 г. — звено картофель — кукуруза. В первые три года опыта указанные в схеме основные обработки почвы применяли ежегодно, а в последующие — через год (под картофель). Предпосевные обработки (фрезерование на 14—16 см под картофель и на 8—10 см под викоовсяную смесь и кукурузу) были общим фоном. В первые три года навоз в соответствующем варианте вносили ежегодно, а в дальнейшем — под картофель, т. е. через год. Минеральные удобрения применяли ежегодно. Всего за период 1975—1982 гг. в этом варианте внесено 500 т навоза и 1260N1460P1320K. Опытный участок обрабатывали гербицидами. Площадь делянок в вариантах с обработкой 500 м². Повторность 6-кратная.

Стационарный полевой 3-факторный опыт $9 \times 7 \times 2$ «Действие обработок, удобрений и гербицидов на плодородие дерново-подзолистой почвы» заложен Б. А. Доспеховым осенью 1969 г. методом расщепленных делянок. На опытном участке развернут во времени зернопропашный севооборот: занятый пар (бобово-злаковая смесь) — зерновые — зерновые — картофель — зерновые — зерновые. С 1981 г. началась третья ротация севооборота: горохоовсяная смесь (1981) — озимая пшеница (1982) — ячмень (1983) — картофель (1984) — ячмень (1985) — овес (1986). В опыте изучается 9 систем обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Нами изучались варианты со следующими системами: 1 — отвальная, принятая в зоне, контроль (ежегодная вспашка на 20—22 см, ранневесеннее боронование, предпосевная культивация на 8—10 см, обработка РВК-3 под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь, перепашка зяби на 14—16 см и предпосадочная культивация на 8—10 см под картофель); 2 — комбинированная (до 1974 г. в качестве основной обработки почвы вспашка на 28—30 см, с 1975 г. — вспашка на 28—30 см один раз в три года, предпосевное фрезерование под зерновые

и бобово-злаковую смесь на 8—10 см; под картофель — предпосадочное фрезерование на 14—16 см); 3 — минимальная фрезерная (без основной обработки, а фрезерование то же, что в варианте 2); 5 — отвальная с фрезерованием (вспашка на 20—22 см один раз в три года, фрезерование то же, что в варианте 2); 9 — трехъярусная и отвальная с фрезерованием (трехъярусная обработка на 38—40 см осенью 1969, 1974 и 1980 гг.; вспашка на 28—30 см осенью 1970 и 1977 г.; безотвальное рыление на 35—37 см осенью 1973 г.; плоскорезная обработка на 28—30 см осенью 1975 и 1976 гг., фрезерование то же, что в варианте 2). С 1980 г. на всем опытном участке применяли дисковое лушение на 8—10 см.

Из 7 изучаемых в опыте вариантов удобрений мы рассматривали: 1 — без удобрений; 3—2NPK (ежегодно в среднем за 14 лет 116N128P107K; 4 — солома, 6 т/га + 2NPK (солома вносится после уборки зерновых культур под основную обработку, в среднем за 14 лет получается по 2,9 т/га); 5 — навоз, 15 т/га + 2NPK (навоз вносится под картофель и паразитирующую культуру, в среднем за 14 лет получается по 13,2 т/га).

С 1969 по 1977 г. в опыте было 2 варианта по фактору С: 1 — без гербицидов, 2 — гербициды. С осени 1977 г. гербициды применяли на всем опытном поле. Варианты обработки почвы изучались на делянках 1-го порядка (1260 м²), удобрения — на делянках 2-го порядка (180 м²), гербициды — на делянках 3-го порядка (90 м²). Повторность в опыте 3-кратная, размещение вариантов рендомизированное по типу латинского прямоугольника $3 \times 3 \times 14$.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Перед закладкой опытов пахотный слой мощностью 20—22 см характеризовался следующими показателями: содержание гумуса 1,61 %, общего азота — 0,098 %, P_2O_5 по Кирсанову — 4,0, K_2O по Масловой — 6,1 мг на 100 г. Подпахотным являлся переходный подзолисто-иллювиальный горизонт A_2B . При закладке почву опытного участка известковали по полной гидролитической кислотности. Агротехника возделывания полевых культур соответствовала рекомендациям для Московской области.

Механическую обработку почвы в соответствующих вариантах опытов выполняли следующими орудиями: борона дисковая БДТ-2,5, плуг ПН-4-35, плуг ПТН-40, культиватор-плоскорез - глубокорыхлитель КПГ-2-150 и КПГ-250, фрезерный культиватор КФГ-3,6, ротационный плуг ПР-2,7, культиватор КПС-4, рылитель-выравниватель-каток РВК-3 и РВК-3,6, борона БЗСС-1, сеялка СЗ-3,6.

Вегетационный период 1980 г. характеризовался повышенным количеством осадков (135,5 % к среднему многолетнему) и сравнительно холодной весной, в 1981 г. он был жарким и засушливым, в 1982 г. — нормально увлажненным и прохладным. В 1983 г. количество осадков и сумма эффективных температур за вегетационный период были близки к средним многолетним данным. Все исследования выполняли по соответствующим ГОСТ и методикам, принятым в научных учреждениях.

**Обоснование оптимальной глубины основной обработки
дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы
при интенсивном ее окультуривании**

Повышение продуктивности полевых культур с увеличением мощности пахотного слоя в вегетационных опытах отмечали многие исследователи [1, 2, 4, 6]. По нашим данным, увеличение мощности однородного пахотного слоя обеспечивает значительное, но не адекватное повышение урожайности кукурузы. Если принять за 100 % урожайности кукурузы на делянках с мощностью однородного пахотного слоя 0—40 см, то долевое участие слоев 0—10 см в формировании урожая культур на неудобренных делянках составит 55,5 %, слоев 10—20, 20—30 и 30—40 см — соответственно 25,1, 4,5 и 14,9 %, а на удобренных — 77,0 %, 12,2, 3,3 и 7,5 %). Основная прибавка урожая на фоне удобрений была получена не за счет увеличения мощности однородного пахотного слоя, а за счет применения удобрений. Наибольший эффект от удобрений при внесении их в слой почвы 0—10 см получали на делянках с мощностью пахотного слоя 10 см. Прибавка урожая в этом случае составила 160 %, а при мощности слоя 20 см — 107 %, 30 см — 104 и 40 см — 87 %.

В течение 6—8-го года после закладки опыта были изучены две модели строения профиля 40 см слоя почвы — гетерогенная и гомогенная, созданные путем интенсивного окультуривания дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы физическим (механическая обработка), химическим (минеральные удобрения, известь) и биологическим (органические удобрения, полевые культуры) методами в полевом стационарном опыте. Гетерогенным (контроль) считали 40 см слой почвы в варианте со вспашкой на глубину 20—22 см (в дальнейшем условно модель 1), гомогенным — в варианте с тремя 3-ярусными обработками на глубину 38—40 см (модель 2).

Модели различались по мощности пахотного слоя и, следовательно, по агрофизическим, агрохимическим и биологическим показателям окультуренности и плодородия слоев 40 см профиля.

В модели с гомогенным строением пахотного слоя почва, взрыхленная осенью на глубину 40 см, к весне уплотнялась до исходного состояния. В среднем за 3 года плотность почвы в слоях 0—20 и 20—40 см составила соответственно 1,40 и 1,53 г/см³, а в варианте с гетерогенным строением — 1,37 и 1,50 г/см³. Общая порозность равнялась соответственно 47,9, 43,0 и 48,4, 44,4 %. В среднем за 3 года различия в твердости слоев почвы у изучаемых моделей были несущественными. Содержание водопрочных агрегатов в слое 0—20 см оказалось выше в модели 1. В среднем за 3 вегетационных периода на неудобренном фоне влажность пахотного слоя почвы при гетерогенном строении была на 1,2 % выше (НСР₀₅ 0,56 %), чем при гомогенном, слой 20—40 см не различались по этому показателю. Преимущество модели 1 по влажности пахотного слоя сохранялось и на фоне NPK + навоз. Судя по коэффициенту водопотребления полевых культур, на делянках с гетерогенным профилем растения использовали почвенную влагу более эффективно.

В результате 8-летнего окультуривания дерново-подзолистой почвы при создании моделей изменились агрохимические свойства в слое почвы 0—40 см. Механическая обработка почвы без внесения удобрений и отчуждение хозяйственно полезной части урожая привели за указанный период к уменьшению содержания гумуса в пахотном слое. Так, исходное содержание гумуса в слое 0—20 см составляло 1,61 %, в слое 20—40 см — 0,88 %; через 8 лет в модели 1 — соответственно 1,44 и 0,89 %. При 3-ярусных обработках происходило перераспределение гумуса и создавался гомогенный по данному показателю слой почвы 0—40 см. На удобренном фоне содержание гумуса в слое 0—40 см было одинаковым в обеих моделях, но гумусированность слоя 0—20 см при гетерогенном строении была выше, чем в слое 20—40 см, а при гомогенном — практически равной. Такие же различия моделей отмечали

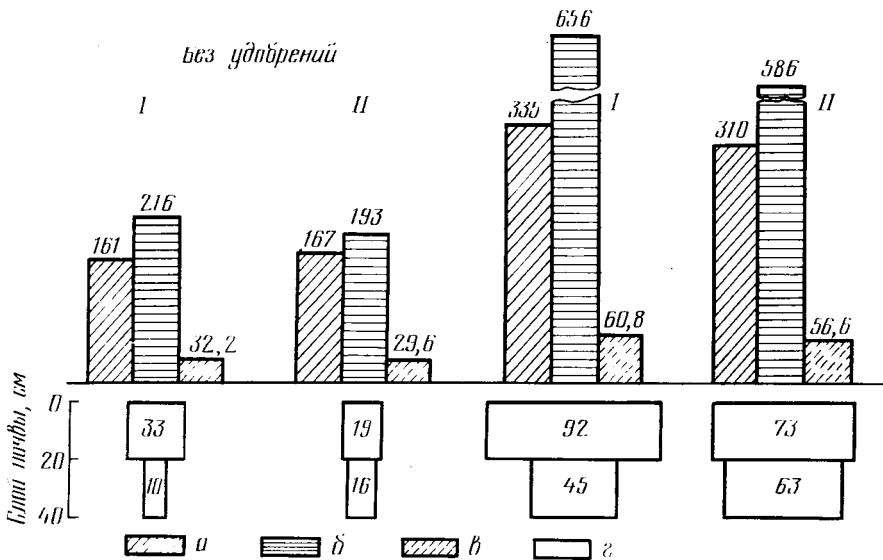


Рис. 1. Урожайность полевых культур (ц/га) в зависимости от окультуренности слоев дерново-подзолистой почвы при гетерогенном (I) и гомогенном (II) строении слоя 0—40 см.

a — картофель в среднем за 4 года; б — кукуруза в среднем за 2 года; в — викоовсяная смесь (сено) в среднем за 2 года; z — агрохимический балл плодородия.

по содержанию P_2O_5 и K_2O , pH, гидролитической и обменной кислотности, сумме поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями, содержанию нитратного азота, нитрификационной способности, биологической активности.

В среднем за 1975—1982 гг. на неудобренных участках при гетерогенном и гомогенном строении слоя почвы 0—40 см урожайность полевых культур составляла соответственно 39,8 и 39,3 ц корм. ед. основной продукции с 1 га (НСР₀₅ 3,7). Различия между вариантами проявились при внесении органических и минеральных удобрений. В этом случае для модели 1 урожайность полевых культур в среднем за 3 года была на 7,9 ц корм. ед. основной продукции с 1 га, или на 9,3 % больше, чем для модели 2. Следовательно, картофель, кукуруза и викоовсяная смесь в первую очередь положительно реагировали на повышение окультуренности и плодородия пахотного слоя (0—20 см), а не на увеличение его мощности (рис. 1). Коэффициент корреляции между урожайностью полевых культур и окультуренностью слоя 0—20 см был равен 0,74. Если принять эффективность удобрений при внесении в слой почвы 0—20 см за 100 %, то при внесении их в слой 0—40 см она составила 85,9 %.

Изменение показателей плодородия дерново-подзолистой почвы в зависимости от разных по интенсивности систем ее обработки

Одним из нерешенных методических вопросов, возникающих как при оценке разных систем обработки почвы в производственных условиях, так и при проведении соответствующих научных исследований, является выбор и обоснование показателей, характеризующих интенсивность обработки почвы в севооборотах. Нами предлагается оценивать разные системы обработки в севооборотах по двум показателям: объему работ на 1 га за ротацию севооборота в условных эталонных гектарах и коэффициенту интенсивности. При расчете первого из них получают сумму значений коэффициентов перевода каждой выполненной работы трактора в условную пахоту за всю ротацию севооборота (эти коэффициенты представляют собой отношение эталонной и техниче-

**Характеристика систем обработки дерново-подзолистой почвы
в стационарном полевом опыте**

Система обработки	Число механических обработок за 14 лет	Максимальная глубина обработки, см	Объем работ за 14 лет, эталон, га	Коэффициент интенсивности обработки почвы в севообороте
Отвальная (контроль)	60	20—22	41,39	1,00
Минимальная фрезерная	21	14—16	14,14	0,34
Отвальная с фрезерованием	34	20—22	24,42	0,59
Комбинированная	41	28—30	31,45	0,76
Трехъярусная и отвальная с фрезерованием	35	38—40	43,73	1,06

ски обоснованной нормы выработки; их значения для конкретных видов работ и разных зон приводятся в специальной справочной литературе). Коэффициент интенсивности обработки почвы — это отношение объема машинно-тракторных работ по обработке почвы, исчисленного в эталонных гектарах, при какой-либо системе обработки почвы в севообороте к объему таких же работ при системе обработки, принятой за контрольную. Применение коэффициента интенсивности особенно целесообразно в опытном деле.

Как видно из табл. 1, использование системы минимальной фрезерной обработки позволило уменьшить интенсивность обработки почвы в зернопропашном севообороте примерно в 3 раза, а систем отвальной с фрезерованием и комбинированной соответственно в 1,7 и 1,3 раза.

Исследования в полевом стационарном 3-факторном опыте показали, что динамика сложения 30 см слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в зернопропашном севообороте зависит от системы обработки, агротехнических особенностей возделываемой культуры и метеорологических условий вегетационного периода. Применение в зернопропашном севообороте в течение 12—14 лет систем минимальной фрезерной, отвальной с фрезерованием и комбинированной обработок (коэффициенты интенсивности 0,34; 0,59; 0,76) не привело к ухудшению сложения почвы; отмечена даже тенденция к его улучшению по сравнению с контролем. Все рассматриваемые нами четыре системы обработки почвы позволили поддерживать твердость пахотного слоя в среднем за вегетацию полевых культур в пределах оптимальных значений.

Снижение интенсивности обработки почвы благоприятно влияло на структурное ее состояние. Системы минимальной фрезерной и отвальной с фрезерованием обработок, обеспечивая значительное уменьшение механического воздействия на почву, способствовали увеличению содержания в ней агрономически ценных агрегатов и повышению их водопропрочности. Так, в среднем за 3 года по 4 фонам удобрений содержание водопропрочных макроагрегатов в слоях 0—10 и 10—20 см на делянках с минимальной фрезерной обработкой составило 54,8 и 46,1 %, а на делянках с отвальной обработкой и фрезерованием — 45,6 и 47,6 % (в контроле соответственно 35,6 и 39,2 %). Системы комбинированной и трехъярусной и отвальной с фрезерованием обработок не оказывали положительного влияния на содержание водопропрочных макроагрегатов в 30 см слое. Применение в течение 12—14 лет изучаемых систем обработки мало влияло на процессы накопления влаги в метровом слое почвы. Снижение коэффициента водопотребления горохоовсяной смеси и ячменя наблюдалось при использовании систем отвальной обработки с фрезерованием, комбинированной, трехъярусной и отвальной с фрезерованием. Посевы озимой пшеницы вследствие большего расхода влаги на транспирацию и более мощного стеблестоя на делянках всех вариантов, кроме контроля, отличались повышенным коэффициентами водопотребления.

Содержание гумуса в различных частях 40 см профиля почвы (табл. 2) было неодинаковым в анализируемых вариантах. Оптималь-

Агрохимические показатели плодородия слоя 0—20 см (числитель)
и слоя 20—40 см (знаменатель) дерново-подзолистой почвы через 13 лет
после закладки опыта (фон 2NPK+навоз), 1982 г.

Система обработки	Гумус, %	pH _{сол}	Н _г , мэкв/100 г	S, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
					мг/100 г	
Отвальная (контроль)	1,71	6,5	1,1	91,8	25,2	24,2
	1,17	6,1	1,8	86,8	14,8	17,0
Минимальная фрезерная	2,18	6,5	1,3	91,9	37,7	29,9
	0,73	5,9	1,9	82,7	8,0	6,2
Отвальная с фрезерованием	2,00	6,4	1,4	90,2	30,2	26,6
	1,02	5,9	1,9	85,1	13,4	12,8
Комбинированная	1,63	6,3	1,5	89,6	25,5	23,4
	1,12	5,8	2,2	80,8	15,0	16,7
Трехъярусная и отвальная с фрезерованием	1,40	6,1	1,5	89,3	19,5	21,0
	1,31	6,3	1,3	90,5	13,6	19,4

ное его содержание в слое 0—20 см (2—2,5 % по [5]) после 13 лет окультуривания дерново-подзолистой почвы отмечено только при минимальной фрезерной и отвальной с фрезерованием обработках на фоне 2NPK + навоз. Наибольшее накопление гумуса в слое почвы 20—40 см достигалось при системах трехъярусной и отвальной с фрезерованием обработок на этом же фоне удобрения. На неудобряемых участках содержание гумуса снижалось при всех системах обработки. Однако в случае с минимальной фрезерной обработкой количество гумуса в слое 0—20 см сохранялось на том же уровне, что и при закладке опыта (соответственно 1,84 и 1,61 %), а в слое 20—40 см уменьшалось (исходное содержание 0,88 %).

Определение кислотности почвы на 13-й год после закладки опыта показало, что на неудобренных делянках реакция почвенного раствора в пахотном слое была слабокислой при минимальной фрезерной и отвальной с фрезерованием обработках, на фоне минеральных удобрений — при отвальной с фрезерованием и комбинированной обработках, а на фоне навоза и минеральных удобрений — при всех системах обработки. Слой почвы 20—40 см характеризовался лучшими кислотными и поглотительными свойствами при трехъярусной и отвальной с фрезерованием обработках, а также при отвальной (контроль) обработке на фоне 2NPK + навоз.

Система минимальной фрезерной обработки приводила к резкой дифференциации 40 см слоя по кислотным и поглотительным свойствам: улучшению их в верхней части (0—20 см) и ухудшению в нижней (20—40 см). На делянках с трехъярусной обработкой профиль дерново-подзолистой почвы стал более однородным. Примешивание подпахотного горизонта в верхний (0—20 см) слой при внесении сравнительно высоких доз органических и минеральных удобрений существенно подкисляло почвенный раствор. Одновременно улучшались кислотные и поглотительные свойства слоя 20—40 см.

Известно, что оптимальное содержание подвижных форм P₂O₅ и обменного K₂O в пахотном слое дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы составляет соответственно 25—30 и 20—25 мг на 100 г [5]. Систематическое внесение сравнительно высоких норм фосфорных и калийных удобрений, обеспечивая положительный баланс P₂O₅ и K₂O, способствовало довольно быстрому достижению такого уровня содержания питательных веществ в почве. После 13 лет окультуривания дерново-подзолистой почвы оптимальное содержание P₂O₅ и K₂O в слое 0—20 см отмечали на делянках с минимальной фрезерной обработкой на фоне 2NPK, по другим системам обработки этот уровень был достигнут на более высоких фонах питания — 2NPK + солома и 2NPK+Навоз.

В качестве комплексного показателя, характеризующего уровень окультуренности и плодородия почвы, в данной работе использован агрохимический балл плодородия, представляющий собой равнодействующую тех агрохимических показателей, с которыми наиболее тесно коррелируют урожаи сельскохозяйственных культур: кислотность ($pH_{\text{сол}}$), содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия

Различия в системах обработки и удобрения обусловили неодинаковую окультуренность верхней части профиля. Как видно на рис. 2, применение минимальной фрезерной обработки почвы в течение 13 лет усилило гетерогенность строения почвенного профиля, в результате чего повысилось плодородие верхнего 0—10 см слоя почвы при значительном его снижении в слое 20—40 см. Сравнительно однородное по плодородию строение 40 см слоя почвы обеспечила система с трехъярусной обработкой. На делянках, где вспашка проводилась один раз в 3 года (отвальная с фрезерованием), наблюдалось аналогичное контролю распределение разноокультуренных слоев, при этом большим плодородием характеризовался пахотный (0—20 см) слой.

Статистический анализ данных стационарного полевого опыта позволил выявить существенную (на 1 % уровне значимости) сопряженность урожаев полевых культур с агрохимическим баллом плодородия почвы. В среднем за 1980—1983 гг. между урожайностью полевых культур и агрохимическим баллом плодородия наблюдалась сильная прямая корреляционная связь: коэффициент корреляции между урожайностью овса, бобовозлаковой смеси, озимой пшеницы и ячменя и окультуренностью слоя почвы 0—20 см составил $0,72 \pm 0,14$, т. е. 51,7 % изменений урожайности этих культур было обусловлено степенью окультуренности этого слоя. Между урожайностью полевых культур и степенью окультуренности слоя 20—40 см отмечена средняя прямая корреляционная зависимость: коэффициент корреляции равнялся $0,59 \pm 0,16$, т. е. лишь 34,8 % варьирования урожайности зависело от окультуренности этого слоя.

Косвенным показателем степени оптимизации почвенных условий для микробиологических процессов может служить окислительно-восстановительный потенциал почвы (ОВП). По нашим данным, даже при многолетнем применении (11—13 лет) системы минимальной фрезерной обработки не создавались анаэробные условия в пахотном слое. Значения ОВП были сравнительно высокими во все годы исследований, что свидетельствует о наличии слабоокислительных процессов. При внесении органических и минеральных удобрений создавались оптимальные условия для процессов нитрификации. В среднем за 11—13 лет после закладки опыта наиболее высокой потенциальной способностью пахотного слоя мобилизовать нитратный азот отличались делянки, на которых применяли системы минимальной фрезерной и отвальной с фрезерованием обработок. Система с трехъярусной обработкой почвы приводила к некоторому снижению нитрификационной способности этого слоя.

Изучение скорости разложения льняной ткани показало, что в вариантах с трехъярусной обработкой активность целлюлозоразлагаю-

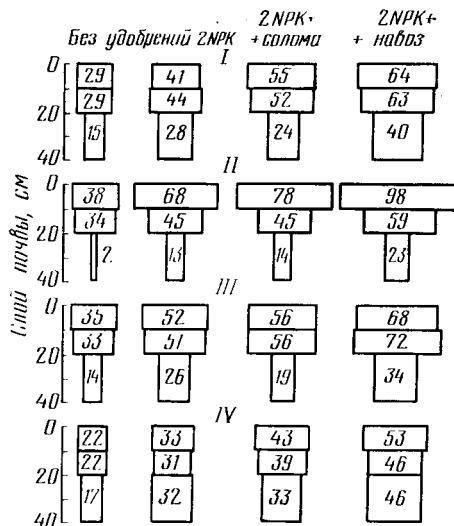


Рис. 2. Агрохимический балл окультуренности и плодородия дерново-подзолистой почвы (13 лет после закладки опыта) при разных системах обработки.

I — отвальная (контроль); II — минимальная фрезерная; III — отвальная с фрезерованием; IV — трехъярусная и отвальная с фрезерованием.

Степень влияния (%) основной обработки почвы, удобрения и их сочетания на урожайность культур зернопропашного севооборота в 1980—1983 гг.

Фактор	Овес, 1980	Горохоовсяная смесь, 1981	Оз. пшеница, 1982	Ячмень, 1983
Основная обработка почвы	2,7	12,4	11,5	1,8
Удобрения	90,3	83,6	68,6	96,7
Сочетание обработки и удобрений	3,1	2,0	10,5	0,7

щих микроорганизмов была несколько больше, чем в контроле. При уменьшении интенсивности обработки в зернопропашном севообороте этот показатель оставался на уровне контроля.

Дисперсионный анализ данных об урожайности овса, горохоовсяной смеси, озимой пшеницы и ячменя позволил установить долю влияния основной обработки почвы, удобрения и их сочетания в изменении этого показателя (табл. 3).

Роль основной обработки в повышении урожайности культур была менее значительной, чем внесения органических и минеральных удобрений.

В среднем за 1981—1983 гг. системы трехъярусной и отвальной с фрезерованием, отвальной с фрезерованием и минимальной фрезерной обработок по урожайности полевых культур превосходили принятую в зоне систему отвальной обработки; прибавки урожая составляли 5,8—9,0 % (табл. 4). Однако за все время проведения стационарного полевого опыта (1969—1983 гг.) различия в продуктивности зернопропашного севооборота при разных системах обработки почвы были несущественны: суммарный выход основной продукции на фоне применения 2NPK + навоз и гербицидов составил: по системе отвальной обработки — 446,2 ц корм. ед/га; минимальной фрезерной — 446,4; отвальной с фрезерованием — 442,4; комбинированной — 445,1; трехъярусной и отвальной с фрезерованием — 442,2 ц корм. ед.

Самую высокую экономическую эффективность в зернопропашном севообороте обеспечивала система отвальной с фрезерованием обработки почвы. При этом себестоимость 1 ц корм. ед. снижалась по сравнению с контролем на 7,7 %, производительность труда увеличивалась на 6,4, а чистый доход с 1 га — на 14,2 %. Уровень рентабельности в данном варианте составил 156%, в контроле — 135 %. Высокий экономический эффект получен также в вариантах с минимальной фрезерной и трехъярусной обработками.

Заключение

В пахотном слое дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы наиболее близкие к оптимальным кислотные и поглотительные свойства, содержание гумуса, подвижных форм P_2O и обменного K_2O на фоне

Т а б л и ц а 4

Урожайность полевых культур (ц/га, в среднем по 7 фонам удобрения) при разных системах обработки почвы

Система обработки	Коэффициент интенсивности обработки	Горохоовсяная смесь (сено), 1981	Оз. пшеница, 1982	Ячмень, 1983
Отвальная (контроль)	1,00	31,4	37,3	25,2
Минимальная фрезерная	0,34	31,8	38,2	28,7
Отвальная с фрезерованием	0,59	32,8	38,8	28,9
Комбинированная	0,76	31,1	37,3	27,1
Трехъярусная и отвальная с фрезерованием	1,06	38,5	38,0	28,4
НСР ₀₅		4,8	2,6	2,7

периодического известкования и внесения органических и минеральных удобрений (в среднем за 13 лет ежегодно на 1 га 14,2 т навоза и 113N135P106K) были при использовании систем обработки почвы в зернопропашном севообороте без глубоких вспашек (минимальная фрезерная и отвальная с фрезерованием), а в слое 20—40 см — при системах, включающих приемы глубокой обработки (комбинированная и трехъярусная и отвальная с фрезерованием). При минимализации обработки, известковании и интенсивном применении органических и минеральных удобрений происходит существенное окультуривание не только пахотного, но и подпахотного слоев дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

Урожайность полевых культур находится в прямой корреляционной зависимости от окультуренности и плодородия почвы. Расчет коэффициента детерминации показал, что 51,7 % изменения урожайности этих культур обуславливается плодородием слоя почвы 0—20 см и 34,8 % — слоя 20—40 см, что свидетельствует о целесообразности первоочередного повышения окультуренности и плодородия пахотного слоя почвы. Поэтому при интенсивном окультуривании старопашотной дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР в первую очередь следует добиваться оптимизации агрономических свойств пахотного (0—20 см) слоя, а не увеличения его мощности.

Роль основной обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в повышении урожайности культур зернопропашного севооборота менее значительна, чем внесения органических и минеральных удобрений. В многофакторном полевом опыте доля участия основной обработки почвы в изменении урожайности овса составила 2,7 %, горохово-овсяной смеси — 12,4, озимой пшеницы — 11,5, ячменя — 1,8 %, а удобрений — соответственно 90,3 %, 83,6, 68,6 и 96,7 %. Эта выявленная закономерность является одной из теоретических предпосылок, определяющих возможность минимализации основной обработки почвы в севообороте данного вида.

При высоком уровне интенсификации и культуры земледелия интенсивность обработки почвы в зернопропашных севооборотах Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР может быть снижена по крайней мере на 40 %.

В звене севооборота занятый пар (бобовозлаковая смесь) — озимая пшеница — ячмень целесообразно применять такую систему обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, которая включает ежегодное дискование на глубину до 8—10 см после уборки предшественника, вспашку на 20—22 см один раз в три года (под парозанимающую культуру), высококачественную предпосевную обработку на 8—10 см. В этом случае достигается наиболее высокий экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гедройц К. К. Влияние объема почвы на потребность растений в питательных веществах. — Журн. опытной агрономии, 1906, т. 7, кн. 5, с. 10—32. — 2. Гедройц К. К. Влияние объема почвы и густоты посевов на потребность растений в питательных веществах. — Тр. с.-х. хим. лаб., 1909, вып. 6, с. 20—54. — 3. Доспехов Б. А. Действие длительного систематического применения удобрений, севооборота и бессменных культур на плодородие почвы. — В кн.: Науч. основы интенсивного земледелия в Нечерноземной зоне. М.: Колос, 1976, с. 7—59. — 4. Доспехов Б. А., Пупонин А. И. Обработка почвы. — Там же, с. 104—105. — 5. Кулаковская

Т. Н. Проблемы расширенного воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв в условиях возрастающей интенсификации сельского хозяйства / Интегральная модель высокоплодородной почвы. — Вест. с.-х. науки, 1982, № 9, с. 33—43. — 6. Макаров И. П. Научные основы окультуривания дерново-подзолистых суглинистых почв северо-востока европейской части РСФСР. — Автореф. докт. дис. М., 1975. — 7. Пупонин А. И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. — М.: Колос, 1984.

Статья поступила 3 февраля 1986 г.

SUMMARY

It has been found that under intensive cultivation of old arable soddy-podzolic medium loams in the central region of non-chernozem zone it is more important to obtain optimum agronomic properties of the arable (20—22 cm) layer than to increase its thickness.

Under high level of intensification and farming, reduced and more shallow tillage of soddy-podzolic medium loam in the rotation results in the tendency to higher yielding capacity of field crops. The intensiveness of soil tillage in grain-row crop rotations in the central region of non-chernozem zone may be reduced at least by 40 %.

With minimum tillage, liming, and intensive application of organic fertilizers and complete mineral fertilizer, not only the arable layer of the soddy-podzolic medium loam is essentially cultivated, but the subsurface layer, too.

In a link of the full fallow (legume-grass mixture) — winter wheat-barley rotation it is advisable to apply the tillage system including annual disking up to 8—10 cm after harvesting the preceding crop, plowing up to 20—22 cm once in 3 years (under fallow-grown crop), and high quality presowing tillage up to 8—10 cm.