

УДК 633.1:631.51:631.445.24:631.43

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ПРИЕМОМ И СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА ЕЕ СЛОЖЕНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

А. И. ПУПОНИН, В. П. МАНЖОСОВ, В. И. МАЙМУСОВ, А. М. ЧИГАЕВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Многолетнее применение систем минимальной обработки почвы в зернопропашном севообороте не ухудшало сложения пахотного и подпахотного слоев почвы. Интенсивная трехъярусная основная обработка почвы на глубину 40 см в пропашном звене севооборота без внесения удобрений не способствовала оптимизации сложения пахотного и подпахотного слоев почвы по сравнению со вспашкой на 20 см.

Известно, что благоприятные физические свойства и режимы почв являются основой и необходимым условием реализации потенциально почвенного плодородия для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому создание и поддержание сложения пахотного слоя почвы, близкого к оптимальному, с помощью разных приемов и систем обработки является актуальной задачей современного интенсивного земледелия. Проблемы, связанные с решением этой задачи, и основные результаты проведенных исследований представлены в ряде работ [3-6, 13]. Однако многообразие, сложность и динамичность процессов, происходящих в почве под влиянием обработки, а также ее кумулятивное действие на плодородие требуют систематического изучения.

Исследования проводили в двух полевых стационарных опытах на опытном поле научно-исследовательского отдела разработки систем земледелия и животноводства Тимирязевской академии (учхоз "Михайловское") в 1983-1985 гг. (14-16-е годы трехфакторного и 9-11-й годы двухфакторного опытов). Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. По "Классификации и диагностике почв СССР" [9] она относилась к группе освоенных дерново-подзолистых почв.

Трехфакторный полевой стационарный опыт 9×7×2, в котором исследуется действие обработок, удобрений и гербицидов на плодородие дерново-подзолистой почвы, был заложен Б. А. Доспеховым осенью 1969 г. методом расщепленных делянок. На опытном участке чередовали во времени культуры зерно-

пропашного севооборота: занятый (бобово-злаковая смесь) пар — зерновые — зерновые — пропашные — зерновые — зерновые. С 1981 г. началась 3-я ротация севооборота: горохоовсяная смесь — озимая пшеница — ячмень — картофель — ячмень — овес.

Исследования выполняли в следующих вариантах систем обработки почвы (условное название): 1 — отвальная, контроль (лушение на 8—10 см, вспашка на 20—22 см, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевная культивация на 8—10 см с боронованием, обработка РВК-3 или РВК-3.6 под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь, перепашка зяби на 14—16 см с боронованием и предпосадочная культивация на 8—10 см с боронованием под картофель); 2 — комбинированная (лушение на 8—10 см, вспашка на 28—30 см 1 раз в 3 года, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевное фрезерование под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь на 8—10 см, под картофель — предпосадочное фрезерование на 14—16 см); 3 — фрезерная минимальная (лушение на 8—10 см, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевное фрезерование под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь на 8—10 см, под картофель — предпосадочное фрезерование на 14—16 см); 4 — фрезерная интенсивная (лушение на 8—10 см, фрезерование на 20—22 см, под озимую пшеницу — прикатывание, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевное фрезерование под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь на 8—10 см, под картофель — предпосадочное фрезерование на 14—16 см); 5 — отвальная с фрезерованием (лушение на 8—10 см, вспашка на 20—22 см 1 раз в 3 года, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевное фрезерование под зерновые культуры и бобово-

злаковую смесь на 8—10 см, под картофель — предпосадочное фрезерование на 14—16 см); 6 — отвальная с дискованием (лушение на 8—10 см, вспашка на 20—22 см 1 раз в 3 года, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевная культивация на 8—10 см с боронованием, обработка РВК-3 или РВК-3.6 под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь, перепашка на 14—16 см с боронованием и предпосадочная культивация на 8—10 см с боронованием под картофель); 7 — трехъярусная и отвальная с фрезерованием (лушение на 8—10 см, трехъярусная вспашка на 38—40 см 1 раз в 3 года, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевное фрезерование под зерновые культуры и бобово-злаковую смесь на 8—10 см, под картофель — предпосадочное фрезерование на 14—16 см). Все исследования проводили в варианте с системой удобрения навоз 15 т + 2NPK (внесение навоза под паразанимающую культуру и картофель в среднем за 16 лет ежегодно 14,4 т + 111N138P112K).

Площадь делянки 1-го порядка (фактор А) составляет 1260 м², 2-го (фактор В) — 180, 3-го (фактор С) — 90 м². Размещение вариантов рендомизированное. Повторность опыта 3-кратная.

Двуфакторный полевой стационарный опыт 4×2 посвящен моделированию интенсивного окультуривания дерново-подзолистой почвы. Он заложен Б. А. Доспеховым в 1974 г. методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов. В 1975—1978 гг. на опытном участке чередовали во времени культуры севооборота картофель — занятый (викоовсяный) пар, а с 1979 г. картофель — кукуруза.

Исследования выполняли в следующих вариантах обработки поч-

вы: 1 — вспашка на 20 см; 2 — одна трехъярусная обработка на 40 см; 3 — три трехъярусные обработки на 40 см. Система удобрения включала ежегодное внесение минеральных туков и навоза под картофель. Всего в варианте навоз + НК внесено в расчете на 1 га 700 т навоза и 1980N2400P2040K. Общая площадь делянки для вариантов обработки почвы 500 м², повторность опыта 6-кратная. В вегетационные периоды 1983 и 1985 гг. количество осадков и сумма эффективных температур существенно не отличались от средних многолетних. Вегетационный период 1984 г. был прохладным и дождливым.

Результаты

В трехфакторном полевом стационарном опыте применение в течение 14–16 лет разных систем обработки в зернопропашном севообороте определило неодинаковое сложение пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–30 см) слоев дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Снижение интенсивности обработки и, следовательно, уменьшение уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, а также внесение органических удобрений в соответствующих вариантах опыта способствовали улучшению сложения пахотного слоя. Так, при системах фрезерной минимальной и отвальной с фрезерованием обработок на фоне 2NPK + навоз достигался более высокий уровень оптимизации плотности, общей пористости и пористости аэрации пахотного слоя, чем при других системах (табл. 1). Следует особо отметить, что проведение 1 раз в 3 года обработки на глубину 30 см (комбинированная обработка) или 40 см (трехъярусная и отвальная с фрезерованием) не обеспечивало длительного эффекта в

разуплотнении подпахотного слоя почвы, плотность которого к началу вегетации растений достигала равновесной величины.

Минимальную плотность сложения пахотного слоя почвы под ячменем в течение вегетационного периода на 14-й год опыта отмечали в варианте отвальной с фрезерованием обработки, а на 16-й — в вариантах фрезерной минимальной и отвальной с фрезерованием. Под картофелем различия в сложении пахотного слоя находились в пределах ошибки определений.

Плотность сложения подпахотного слоя не зависела от систем обработки почвы. Она определялась культурой севооборота и технологией ее возделывания. Более рыхлое сложение подпахотного слоя почвы в среднем за 3 года отмечено при отвальной с фрезерованием системе обработки, что объясняется, видимо, комплексом причин, в частности уменьшением уплотнения от воздействия ходовых систем обрабатывающих и посевных агрегатов.

Корреляционный анализ позволил выявить парные и множественные коэффициенты корреляции между плотностью пахотного слоя почвы и другими ее агрофизическими свойствами, а также коэффициенты множественной детерминации (табл. 2).

Установлена прямая средняя корреляционная зависимость плотности пахотного слоя от содержания глыб 10–30 мм, обратная средняя корреляционная зависимость ее от содержания водопрочных агрегатов менее 1 мм, агрегатов 2–3 мм, агрономически ценных агрегатов 0,25–10 мм и коэффициента структурности. Судя по коэффициенту множественной детерминации, наибольшая доля изменений плотности пахотного слоя была обусловлена изменением содержания глыб 10–30 мм и агрегатов 2–3 мм.

Сложение дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в слоях
0–20 см (числитель) и 20–30 см (знаменатель) по фону 2NPK + навоз
в 14–16-е годы трехфакторного опыта

| Система обработки почвы и коэффициент ее интенсивности | Ячмень, 1983 г. | | Картофель, 1984 г. | | Ячмень, 1985 г. | |
|--|-----------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|
| | после посева | в среднем за вегетацию | после посадки | в среднем за вегетацию | после посева | в среднем за вегетацию |

Плотность почвы, т/см³

| | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Отвальная, контроль (1,00) | <u>1,35</u> 1,47 | <u>1,38</u> 1,44 | <u>1,10</u> 1,37 | <u>1,14</u> 1,37 | <u>1,40</u> 1,51 | <u>1,42</u> 1,52 |
| Фрезерная минимальная (0,34) | <u>1,36</u> 1,49 | <u>1,35</u> 1,42 | <u>1,08</u> 1,41 | <u>1,12</u> 1,43 | <u>1,24</u> 1,50 | <u>1,28</u> 1,49 |
| Фрезерная интенсивная (0,78) | <u>1,33</u> 1,50 | <u>1,32</u> 1,40 | <u>1,08</u> 1,36 | <u>1,14</u> 1,32 | <u>1,30</u> 1,52 | <u>1,31</u> 1,50 |
| Отвальная с фрезерованием (0,59) | <u>1,28</u> 1,43 | <u>1,28</u> 1,40 | <u>1,12</u> 1,31 | <u>1,14</u> 1,34 | <u>1,26</u> 1,47 | <u>1,27</u> 1,47 |
| Отвальная с дискованием (0,72) | <u>1,32</u> 1,46 | <u>1,29</u> 1,40 | <u>1,06</u> 1,30 | <u>1,14</u> 1,35 | <u>1,34</u> 1,53 | <u>1,36</u> 1,51 |
| Комбинированная (0,76) | <u>1,38</u> 1,46 | <u>1,35</u> 1,40 | <u>1,10</u> 1,36 | <u>1,16</u> 1,37 | <u>1,32</u> 1,51 | <u>1,33</u> 1,48 |
| Трехъярусная и отвальная с фрезерованием (1,06) | <u>1,40</u> 1,49 | <u>1,39</u> 1,45 | <u>1,10</u> 1,38 | <u>1,17</u> 1,39 | <u>1,36</u> 1,53 | <u>1,34</u> 1,50 |

Общая пористость, %

| | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Отвальная, контроль (1,00) | <u>49,0</u> 44,5 | <u>47,9</u> 45,7 | <u>58,5</u> 48,3 | <u>57,0</u> 48,3 | <u>47,2</u> 43,0 | <u>46,4</u> 42,6 |
| Фрезерная минимальная (0,34) | <u>48,7</u> 43,8 | <u>49,0</u> 46,4 | <u>59,2</u> 46,8 | <u>57,7</u> 46,0 | <u>53,2</u> 43,4 | <u>51,7</u> 43,8 |
| Фрезерная интенсивная (0,78) | <u>49,8</u> 43,4 | <u>50,2</u> 47,2 | <u>59,2</u> 48,7 | <u>57,0</u> 50,2 | <u>50,9</u> 42,6 | <u>50,6</u> 43,4 |
| Отвальная с фрезерованием (0,59) | <u>51,7</u> 46,0 | <u>51,7</u> 47,2 | <u>57,7</u> 50,6 | <u>57,7</u> 49,4 | <u>52,4</u> 44,5 | <u>52,1</u> 44,5 |
| Отвальная с дискованием (0,72) | <u>50,2</u> 44,9 | <u>51,3</u> 47,2 | <u>60,0</u> 50,9 | <u>57,0</u> 49,0 | <u>49,4</u> 42,3 | <u>48,7</u> 43,0 |
| Комбинированная (0,76) | <u>47,9</u> 44,9 | <u>49,0</u> 47,2 | <u>58,5</u> 48,7 | <u>56,2</u> 48,3 | <u>50,2</u> 43,0 | <u>49,8</u> 44,2 |
| Трехъярусная и отвальная с фрезерованием (1,06) | <u>47,2</u> 43,8 | <u>47,5</u> 45,3 | <u>58,5</u> 47,9 | <u>55,8</u> 47,5 | <u>48,7</u> 42,3 | <u>49,4</u> 43,4 |

Пористость аэрации, %

| | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Отвальная, контроль (1,00) | <u>20,1</u> 11,9 | <u>19,6</u> 15,5 | <u>40,9</u> 19,7 | <u>39,0</u> 21,3 | <u>18,9</u> 10,1 | <u>23,1</u> 15,8 |
| Фрезерная минимальная (0,34) | <u>17,0</u> 12,1 | <u>18,6</u> 17,4 | <u>38,5</u> 17,3 | <u>37,1</u> 18,4 | <u>26,7</u> 11,6 | <u>29,7</u> 18,9 |

| Система обработки почвы и коэффициент ее интенсивности | Ячмень, 1983 г. | | Картофель, 1984 г. | | Ячмень, 1985 г. | |
|--|-----------------|------------------------|--------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| | после посева | в среднем за вегетацию | после посадки | в среднем за вегетацию | после посева | в среднем за вегетацию |
| Фрезерная интенсивная (0,78) | <u>19,2</u> | <u>22,1</u> | <u>40,8</u> | <u>37,6</u> | <u>24,4</u> | <u>28,6</u> |
| Отвальная с фрезерованием (0,59) | <u>12,5</u> | <u>19,2</u> | <u>21,2</u> | <u>25,2</u> | <u>12,6</u> | <u>19,4</u> |
| Отвальная с дискованием (0,72) | <u>21,5</u> | <u>23,0</u> | <u>38,7</u> | <u>37,2</u> | <u>25,7</u> | <u>30,2</u> |
| Комбинированная (0,76) | <u>14,2</u> | <u>16,8</u> | <u>22,4</u> | <u>22,1</u> | <u>13,5</u> | <u>18,9</u> |
| Трехъярусная и отвальная с фрезерованием (1,06) | <u>20,4</u> | <u>22,5</u> | <u>42,4</u> | <u>37,2</u> | <u>20,4</u> | <u>24,2</u> |
| | <u>14,5</u> | <u>18,6</u> | <u>22,2</u> | <u>21,0</u> | <u>10,5</u> | <u>17,2</u> |
| | <u>17,0</u> | <u>20,6</u> | <u>39,6</u> | <u>37,1</u> | <u>23,0</u> | <u>27,0</u> |
| | <u>11,3</u> | <u>17,5</u> | <u>19,9</u> | <u>21,7</u> | <u>10,4</u> | <u>18,2</u> |
| | <u>17,0</u> | <u>17,9</u> | <u>39,8</u> | <u>36,8</u> | <u>21,5</u> | <u>26,6</u> |
| | <u>10,1</u> | <u>14,6</u> | <u>18,2</u> | <u>19,7</u> | <u>9,9</u> | <u>16,4</u> |

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты корреляции между плотностью пахотного слоя и другими агрофизическими свойствами дерново-подзолистой почвы по данным 14–16-го годов трехфакторного опыта

| Агрофизические свойства почвы | Коэффициенты | | |
|---|-------------------|--------------------------|----------------------------|
| | парной корреляции | множественной корреляции | множественной детерминации |
| Содержание водопрочных агрегатов менее 1 мм (n = 36), % | -0,62 ± 0,13 | | |
| в сочетании с: | | | |
| коэффициентом структурности | -0,038 ± 0,16 | 0,63 ± 0,14 | 0,40 |
| содержанием глыб 10–30 мм, % | 0,44 ± 0,15 | 0,63 ± 0,14 | 0,40 |
| Содержание водопрочных агрегатов менее 1 мм (n = 24), % | -0,51 ± 0,18 | | |
| в сочетании с: | | | |
| содержанием агрегатов 2–3 мм, % | -0,68 ± 0,16 | 0,72 ± 0,15 | 0,52 |
| содержанием пыли и агрегатов менее 0,25 мм, % | -0,57 ± 0,18 | 0,60 ± 0,17 | 0,36 |
| содержанием агрегатов 0,25–10 мм, % | -0,57 ± 0,18 | 0,63 ± 0,17 | 0,40 |
| Содержание глыб 10–30 мм (n = 24), % | 0,67 ± 0,16 | | |
| в сочетании с: | | | |
| содержанием агрегатов 2–3 мм, % | -0,68 ± 0,16 | 0,74 ± 0,15 | 0,55 |
| содержанием пыли и агрегатов менее 0,25 мм, % | -0,57 ± 0,18 | 0,69 ± 0,16 | 0,48 |
| содержанием агрегатов 0,25–10 мм, % | -0,57 ± 0,18 | 0,69 ± 0,16 | 0,48 |

Современные технологии возделывания полевых культур и системы обработки почвы в трехфакторном опыте не обеспечивали оптимальных параметров плотности пахотного слоя ($1,05-1,17 \text{ г/см}^3$) перед посевом ячменя, установленных нами в вегетационно-полевом опыте. Однако известно, что оптимальная плотность сложения пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, при которой создается наиболее благоприятное соотношение объемов, занимаемых твердой фазой, а также капиллярной и некапиллярной пористостью, как выявлено многочисленными исследованиями [1, 7, 8, 10-12, 14-16], для зерновых (в среднем за вегетацию) составляет $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$, а для пропашных — $1,0-1,2 \text{ г/см}^3$.

В наших исследованиях оптимальные значения плотности и общей пористости в среднем за вегетацию ячменя были отмечены в вариантах отвальной с фрезерованием и отвальной с дискованием (на 14-й год), а также фрезерной минимальной и отвальной с фрезерованием

обработок (на 16-й год). При возделывании картофеля все системы обработки почвы позволяли создавать и поддерживать оптимальные плотность и общую пористость пахотного слоя на протяжении всего вегетационного периода. Значения этих показателей для подпахотного слоя почвы в изучаемых вариантах систем обработки в течение 14-16-го годов опыта соответствовали, как правило, равновесному состоянию.

Исследованиями установлено [2], что минимальная величина пористости аэрации для наиболее благоприятного прохождения биологических процессов в пахотном слое суглинистых почв нормального увлажнения составляет не менее 15 % его объема.

В течение вегетационных периодов 14-16-го годов пористость аэрации пахотного слоя почвы под ячменем и картофелем не опускалась ниже оптимальных значений при всех системах обработки.

Одной из научных основ прогнозирования эффективности технологий обработки почвы и выбора наи-

Т а б л и ц а 3
Корреляционная связь между урожайностью полевых культур и агрофизическими свойствами почвы по данным 14-16-го годов полевого опыта (n = 36)

| Агрофизические свойства почвы | Коэффициенты | | |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|
| | парной корреляции | множественной корреляции | множественной детерминации |
| <i>Слой почвы 0-20 см</i> | | | |
| Плотность, г/см^3 | $-0,70 \pm 0,12$ | $0,71 \pm 0,12$ | 0,50 |
| Пористость аэрации, % | $0,62 \pm 0,13$ | | |
| <i>Слой почвы 20-30 см</i> | | | |
| Плотность, г/см^3 | $-0,64 \pm 0,13$ | $0,69 \pm 0,12$ | 0,48 |
| Пористость аэрации, % | $0,66 \pm 0,13$ | | |

Т а б л и ц а 4

Сложение дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы по
слоям 0–20 см (числитель) и 20–40 см (знаменатель)
в 9–11-е годы двухфакторного опыта

| Основная обработка почвы | Картофель, 1983 г. | | Кукуруза, 1984 г. | | Картофель, 1985 г. | |
|--|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| | после посадки | в среднем за вегетацию | после посева | в среднем за вегетацию | после посадки | в среднем за вегетацию |
| <i>Плотность почвы, т/см³ без удобрений</i> | | | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | <u>1,28</u> 1,56 | <u>1,30</u> 1,55 | <u>1,22</u> 1,45 | <u>1,38</u> 1,50 | <u>1,20</u> 1,50 | <u>1,26</u> 1,52 |
| Трехъярусные обработ- ки на 40 см: | | | | | | |
| 1 | <u>1,26</u> 1,52 | <u>1,30</u> 1,54 | <u>1,25</u> 1,50 | <u>1,38</u> 1,54 | <u>1,24</u> 1,52 | <u>1,32</u> 1,54 |
| 3 | <u>1,26</u> 1,61 | <u>1,33</u> 1,58 | <u>1,21</u> 1,46 | <u>1,38</u> 1,54 | <u>1,20</u> 1,52 | <u>1,28</u> 1,55 |
| <i>NPK + навоз</i> | | | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | <u>1,22</u> 1,54 | <u>1,26</u> 1,50 | <u>1,18</u> 1,44 | <u>1,31</u> 1,47 | <u>1,17</u> 1,43 | <u>1,24</u> 1,46 |
| Трехъярусные обработ- ки на 40 см: | | | | | | |
| 1 | <u>1,20</u> 1,50 | <u>1,27</u> 1,50 | <u>1,20</u> 1,36 | <u>1,32</u> 1,46 | <u>1,15</u> 1,46 | <u>1,22</u> 1,47 |
| 3 | <u>1,22</u> 1,54 | <u>1,26</u> 1,52 | <u>1,16</u> 1,36 | <u>1,32</u> 1,46 | <u>1,22</u> 1,49 | <u>1,27</u> 1,50 |
| <i>Общая пористость, % без удобрений</i> | | | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | <u>51,7</u> 41,1 | <u>50,9</u> 41,5 | <u>54,0</u> 45,3 | <u>47,9</u> 43,4 | <u>54,7</u> 43,4 | <u>52,4</u> 42,6 |
| Трехъярусные обработ- ки на 40 см: | | | | | | |
| 1 | <u>52,4</u> 42,6 | <u>50,9</u> 41,9 | <u>52,8</u> 43,4 | <u>47,9</u> 41,9 | <u>53,2</u> 42,6 | <u>50,2</u> 41,9 |
| 3 | <u>52,4</u> 39,2 | <u>49,8</u> 40,4 | <u>54,3</u> 44,9 | <u>47,9</u> 41,9 | <u>54,7</u> 42,6 | <u>51,7</u> 41,5 |
| <i>NPK + навоз</i> | | | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | <u>54,0</u> 41,9 | <u>52,4</u> 43,4 | <u>55,5</u> 45,7 | <u>50,6</u> 44,5 | <u>55,8</u> 46,0 | <u>53,2</u> 44,9 |
| Трехъярусные обработ- ки на 40 см: | | | | | | |
| 1 | <u>54,7</u> 43,4 | <u>52,1</u> 43,4 | <u>54,7</u> 48,7 | <u>50,2</u> 44,9 | <u>56,6</u> 44,9 | <u>54,0</u> 44,5 |

| Основная обработка почвы | Картофель, 1983 г. | | Кукуруза, 1984 г. | | Картофель, 1985 г. | |
|--|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| | после посадки | в среднем за вегетацию | после посева | в среднем за вегетацию | после посадки | в среднем за вегетацию |
| 3 | <u>54,0</u> 41,9 | <u>52,4</u> 42,6 | <u>56,2</u> 48,7 | <u>50,2</u> 44,9 | <u>54,0</u> 43,8 | <u>52,1</u> 43,4 |
| <i>Пористость азрации, % без удобрений</i> | | | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | <u>29,4</u> 8,3 | <u>27,0</u> 10,8 | <u>30,6</u> 15,6 | <u>21,4</u> 14,0 | <u>35,4</u> 14,9 | <u>34,5</u> 17,5 |
| Трехъярусные обработки на 40 см: | | | | | | |
| 1 | <u>28,1</u> 9,8 | <u>25,9</u> 10,8 | <u>28,9</u> 11,9 | <u>21,7</u> 11,1 | <u>34,2</u> 13,1 | <u>31,2</u> 15,1 |
| 3 | <u>29,0</u> 8,0 | <u>24,9</u> 10,4 | <u>30,5</u> 14,1 | <u>21,8</u> 11,1 | <u>36,0</u> 12,8 | <u>33,3</u> 14,2 |
| <i>НРК + навоз</i> | | | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | <u>29,8</u> 10,2 | <u>25,9</u> 13,1 | <u>31,4</u> 14,6 | <u>24,4</u> 15,1 | <u>35,7</u> 16,0 | <u>35,7</u> 20,1 |
| Трехъярусные обработки на 40 см: | | | | | | |
| 1 | <u>31,9</u> 13,1 | <u>27,0</u> 14,0 | <u>30,2</u> 19,5 | <u>24,2</u> 15,6 | <u>37,5</u> 15,4 | <u>35,4</u> 17,7 |
| 3 | <u>29,5</u> 8,6 | <u>27,1</u> 11,3 | <u>32,8</u> 18,5 | <u>24,2</u> 15,3 | <u>33,3</u> 12,8 | <u>32,7</u> 16,1 |

более рациональных приемов является анализ статистических корреляционных связей между агрофизическими показателями почвенного плодородия и урожайностью сельскохозяйственных культур, результаты которого позволяют подходить к применению технологий обработки почвы более целенаправленно и научно обоснованно [12].

Нами были установлены корреляционные связи между урожайностью полевых культур, плотностью и пористостью азрации пахотного и подпахотного слоев дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (табл. 3).

Согласно значениям коэффициента множественной детерминации

50 % изменений урожайности полевых культур были обусловлены изменениями плотности и пористости азрации пахотного слоя, а 48 % — изменениями плотности и пористости азрации подпахотного (20–30 см) слоя почвы.

Интенсивная трехъярусная основная обработка почвы под картофель в пропашном звене севооборота в соответствующих вариантах двухфакторного полевого стационарного опыта на фоне без удобрений не приводила к оптимизации сложения как пахотного, так и подпахотного слоев по сравнению со вспашкой на 20–22 см. В среднем за 9–11-й годы этого опыта большее положительное влияние на сложение пахот-

ного слоя почвы оказывало внесение минеральных и органических удобрений (табл. 4). Длительный разуплотняющий эффект интенсивных трехъярусных основных обработок в опыте отсутствовал.

Пористость аэрации пахотного слоя почвы в течение вегетационных периодов 9–11-го годов опыта при применении 1 и 3 трехъярусных основных обработок на 40 см, а также вспашки на 20 см не опускалась ниже оптимальных значений.

Многолетнее применение разных по способу, глубине и интенсивности систем обработки почвы в трехфакторном полевом стационарном опыте оказало неодинаковое влияние на степень оптимизации показателей плодородия. При этом урожайность полевых культур за 3-ю

ротацию зернопропашного севооборота в вариантах фрезерной минимальной, фрезерной интенсивной, отвальной с фрезерованием, отвальной с дискованием, а также трехъярусной и отвальной с фрезерованием систем обработки почвы существенно превышала этот показатель в варианте отвальной (контроль) системы (табл. 5).

Интенсивная основная обработка почвы в пропашном звене севооборота (1 и 3 трехъярусные обработки на 40 см) не приводила к существенному увеличению урожайности картофеля. Впоследствии вспашка на 20 см в сочетании с внесением минеральных и органических удобрений обусловила более высокий уровень оптимизации агрономических свойств 20-см слоя почвы и

Т а б л и ц а 5

Урожайность полевых культур (ц корм. ед. основной продукции на 1 га) за 3-ю ротацию зернопропашного севооборота (12–17-е годы трехфакторного опыта)

| Система обработки почвы (фактор А) | Коэффициент интенсивности обработки почвы | Удобрения (фактор В) | | | | В среднем по фактору А (НСР ₀₅ 1,92) | |
|---|---|----------------------|------|--------------|-------------|---|--------------------------------------|
| | | без удобрений | 2NPK | 2NPK+ солома | 2NPK+ навоз | ц | % |
| | | | | | | | |
| Отвальная (контроль) | 1,0 | 18,6 | 32,6 | 34,2 | 32,6 | 29,5 | 100,0 |
| Фрезерная минимальная | 0,34 | 20,2 | 34,7 | 37,5 | 36,6 | 32,2 | 109,2 |
| Фрезерная интенсивная | 0,78 | 20,2 | 37,3 | 38,6 | 35,7 | 33,0 | 111,9 |
| Отвальная с фрезерованием | 0,59 | 21,6 | 35,7 | 38,5 | 35,6 | 32,8 | 111,2 |
| Отвальная с дискованием | 0,72 | 21,0 | 35,2 | 37,2 | 34,8 | 32,0 | 108,5 |
| Комбинированная | 0,76 | 18,0 | 34,2 | 35,0 | 34,4 | 30,4 | 103,0 |
| Трехъярусная и отвальная с фрезерованием | 1,06 | 21,1 | 36,6 | 39,4 | 36,6 | 33,4 | 113,2 |
| В среднем по фактору В (НСР ₀₅ 1,67) | – | 20,1 | 35,2 | 37,2 | 35,2 | – | – |
| НСР ₀₅ ^I 3,86 | | | | | | | НСР ₀₅ ^{II} 4,43 |

Урожайность пропашных культур (ц основной продукции на 1 га)
за 9–12-е годы двухфакторного опыта

| Основная обработка (фактор А) | Удобрения (фактор В) | | В среднем по фактору А | |
|---|----------------------|-------------|------------------------|----------------------|
| | без удобрений | НПК + навоз | ц/га | % |
| <i>Картофель (в среднем за 9 и 11-й годы опыта), $F_{\phi} < F_{05}$</i> | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | 55,9 | 202,7 | 129,3 | 100,0 |
| Трехъярусные обработки на 40 см: | | | | |
| 1 | 53,5 | 178,7 | 116,1 | 89,8 |
| 3 | 62,0 | 187,0 | 124,5 | 96,3 |
| В среднем по фактору В (HCP_{05} 35,6) | 57,1 | 189,5 | — | — |
| HCP_{05}^{II} 61,6 | | | | |
| <i>Кукуруза на силос (в среднем за 10-й, 12-й годы опыта), HCP_{05}^A 43,9</i> | | | | |
| Вспашка на 20 см (контроль) | 269,2 | 855,5 | 562,4 | 100,0 |
| Трехъярусные обработки на 40 см: | | | | |
| 1 | 254,4 | 770,1 | 512,2 | 91,1 |
| 3 | 228,7 | 717,5 | 473,1 | 84,1 |
| В среднем по фактору В (HCP_{05} 29,0) | 250,8 | 781,0 | — | — |
| HCP_{05}^I 62,0 | | | | HCP_{05}^{II} 50,0 |

увеличение урожайности кукурузы на силос (табл. 6).

Таким образом, применение в течение 14–16 лет в зернопропашном севообороте систем минимальной обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы не ухудшало сложения пахотного и подпахотного слоев. Тенденцию к оптимизации сложения пахотного слоя в севообороте обеспечивала система отвальной с фрезерованием обработки почвы. Интенсивная трехъярусная основная обработка этого типа почвы на глубину 40 см в пропашном звене севооборота без внесения удобрений не улучшала сложения пахотного и подпахотного слоев по сравнению со вспашкой на 20 см. Тенденцию к улучшению сложения пахотного слоя на 9–11-й годы полевого опыта обуславливало

внесение высоких доз органических удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков В. Ф. Почвенная экология с.-х. растений. М.: Агропромиздат, 1986. — 2. Долгов С. И., Модина С. А. О некоторых закономерностях урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы. — В кн.: Теорет. вопр. обработки почвы. Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1969, с. 54–64. — 3. Доспехов Б. А., Васильев И. П., Алексеева А. Е. Фрезерная обработка почвы под озимую пшеницу и ячмень. — Изв. ТСХА, 1973, вып. 3, с. 19–27. — 4. Доспехов Б. А., Васильев И. П., Верещак М. В., Майлугов В. Н. Действие длительной фрезерной обработки на свойства среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы и урожай сельскохозяйственных культур

тур.— Изв. ТСХА, 1977, вып. 4, с. 23–32.— 5. *Доспехов Б. А., Васильев И. П., Маймусов В. Н., Верещак М. В.* Фрезерная обработка почвы и эффективность удобрений.— Изв. ТСХА, 1974, вып. 5, с. 25–32.— 6. *Доспехов Б. А., Васильев И. П., Полев Н. А.* Изменение агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы под действием различных по интенсивности систем ее обработки.— Изв. ТСХА, 1978, вып. 2, с. 51–59.— 7. *Доспехов Б. А., Пупонин А. И.* Обработка почвы.— В кн.: Научные основы интенсивного земледелия в Нечерноземной зоне / Под ред. Б. А. Доспехова. М.: Колос, 1976, с. 104–152.— 8. *Завес П. П., Королев А. В.* Выявление оптимальной плотности дерново-подзолистых почв и улучшение их структурного состояния под некоторые с.-х. культуры.— В сб.: Записки Ленингр. с.-х. ин-та, 1971, т. 151, вып. 4, с. 3–16.— 9. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977.— 10. *Наумов С. А.* Пути совершенствования обработки дерново-подзолистых и серых лесных почв.— Земледелие, 1977, № 9, с. 39–42.— 11. *Пупонин А. И.* Мини-

мальная обработка почвы. Обз. информация Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина.— М.: ВНИИТЭСХ, 1978.— 12. *Пупонин А. И.* Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. М.: Колос, 1984.— 13. *Пупонин А. И., Певнев М. И.* Влияние разных систем обработки дерново-подзолистой почвы в интенсивном земледелии на ее окультуренность и плодородие.— Изв. ТСХА, 1986, вып. 3, с. 15–24.— 14. *Ренно Э. А., Афанасьев Н. И., Борук А. Я. и др.* Оптимальные показатели водно-физических свойств почв.— В кн.: Оптимальные параметры плодородия почв / Под ред. Т. Н. Кулаковской. М.: Колос, 1984, с. 30–42.— 15. *Сорочкин В. М.* Плотность дерново-подзолистых почв — основной критерий оценки их агрофизических свойств.— Вестн. с.-х. науки, 1982, № 8, с. 36–42.— 16. *Третьяков Н. Н., Иванов В. К., Дорошенко Г. А.* Об оптимальной плотности почвы для пропашных культур.— Изв. ТСХА, 1968, вып. 2, с. 35–44.

*Статья поступила 10 марта
1993 г.*

SUMMARY

Long-term application of minimal soil management systems in grain row-crop rotation did not make worse the combining of arable and subsurface soil layers. Intensive three-layer basic soil management to the depth of 40 cm in a row crop rotation link without fertilizers did not result in better combination of arable and subsurface soil layers as compared to plowing to the depth of 20 cm.