

УДК 631.51.011:631.459.2.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ПРИЕМОМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Г.И. БАЗДЫРЕВ, М.А. ПАВЛИКОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В длительном стационарном опыте (1978-2003 гг.) изучали влияние системы почвозащитных технологий обработки почвы в специализированном севообороте и гербицидов на биологические, агрофизические и агрохимические показатели плодородия почвы, фитосанитарное состояние посевов и почвы, урожайность сельскохозяйственных культур. Установлено, что при использовании почвозащитных технологий в сочетании с научно обоснованными системами гербицидов улучшаются показатели плодородия почвы, увеличивается содержание гумуса, существенно повышается урожайность возделываемых культур. При комплексном использовании средств химизации и почвозащитных технологий представляется возможность соблюдения экологической безопасности на склоновых землях.

Всемерное повышение плодородия почвы, охрана ее от эрозии, предотвращение ухудшения качества окружающей среды, улучшение экологии агроландшафтов являются основополагающим стратегическим направлением в современном земледелии [2, 9, 12].

Значительный вред сельскохозяйственному производству в Нечерноземной зоне наносит водная эрозия. Только эрозионных и эрозионноопасных земель в регионе более 10 млн га. Одним из перспективных направлений борьбы с эрозией является освоение почвозащитных ресурсосберегающих технологий и приемов обработки почвы, основанных на безотвальных способах. К сожалению, возникают проблемы ухудшения фитосанитарного состояния посевов и почвы [1, 3, 8].

В центральных районах Нечерноземной зоны действие почвозащитных технологий в сочетании с комплексной химизацией в условиях мно-

голетних опытов на склоновых землях изучено недостаточно. Вместе с тем в связи с высокой устойчивостью агрофитоценозов к факторам взаимодействия длительное изучение почвозащитных технологий, систем гербицидов, почвозащитного севооборота на структуру и численность сорного компонента имеет большое не только теоретическое, но и практическое значение.

В статье приводятся данные о влиянии длительного 25-летнего применения систем почвозащитных технологий, систем гербицидов, почвозащитного севооборота на засоренность и урожайность сельскохозяйственных культур последней 4-летней ротации.

Методика

Исследования проводились в стационарном полевом двухфакторном (4x5) опыте, заложенном в 1977 г. по предложению профессора Б.А. Доспехова на опытном поле Почвенно-агро-

номической станции имени В.Р. Вильямса Подольского района Московской области. Опыт заложен в 4-польном полевом зернотравяном почвозащитном севообороте: 1 — ячмень с подсевом многолетних трав, 2 — многолетние травы 1-го т.п., 3 — озимая пшеница, 4 — овес, тремя методами: стандартным ямб-методом, латинским прямоугольником 4x2x2 и латинским квадратом 4x4. Опыт заложен на участке с односторонним южным склоном 3,0-3,5°.

Схема опыта следующая. Обработка почвы (фактор А): 1 — вспашка (контроль), 2 — вспашка + плоскорез, 3 — плоскорезная, 4 — минимальная. Все обработки проводятся поперек склона: вспашка 20-22 см, плоскорезная 25-27 см, минимальная (лушение) 6-8 см.

Система гербицидов (фактор В): 1 — насыщение 0% (без гербицидов), 2 — 50% (в двух полях), 3 — 75% (в трех полях), 4 — 100% (в четырех полях). Система гербицидов включала как широко применяемые в сельскохозяйственном производстве, так и новые перспективные препараты: 2,4-Д, симазин, глиф, диален, 2М-4Х, ковбой диорезан, фенфиз в рекомендованных дозах. Удобрения в опыте вносили общим фоном, органические — в норме 40 т за ротацию.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2000-2002 гг. резко отличались от среднесезонных данных продолжительным засушливым и теплым периодом. Недостаток влаги и интенсивное развитие подсевной культуры (клевера лугового) определяли невысокую урожайность яровой пшеницы в 2000 г. Обильные осадки, выпавшие в мае 2001 г., способствовали формированию урожая клевера до 60 ц/га сена за один укос. Весенне-летний период 2002 г. отличался продолжитель-

ной засухой, пик которой пришелся на июль.

Все учеты и анализы выполнялись по соответствующим ГОСТам и методикам, принятым в научных учреждениях. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа для многофакторных полевых и вегетационных опытов.

Результаты

Длительное применение почвозащитных технологий способствовало увеличению содержания гумуса во всех вариантах по сравнению с исходным уровнем. Перед закладкой опыта гумуса содержалось 1,36%. Через 25 лет ведения опыта средневзвешенная по содержанию гумуса составила 1,65% в пахотном слое; рост — 0,29% (табл. 1).

К настоящему времени накоплен весьма обширный материал, свидетельствующий о том, что почвозащитные обработки способствуют существенному сокращению потерь гумуса за счет уменьшения интенсивности процессов эрозии и минерализации органического вещества [12, 8, 9].

В нашем опыте произошли существенные изменения в содержании гумуса в вариантах плоскорезной и минимальной обработок, особенно в слое 0-10 см. При 50 и 100% насыщении севооборота гербицидами отмечалось уменьшение содержания гумуса, что можно объяснить снижением поступления в почву корневых и пожнивных остатков сорняков. В ранее проведенных опытах доля массы сорных растений в вариантах без применения гербицидов составляла 4-6 ц/га сухого вещества [1, 3, 7].

Систематическое применение в течение 25 лет плоскорезной и минимальной обработок почвы привело к резкой дифференциации пахот-

Т а б л и ц а 1

**Действие технологий обработки почвы, гербицидов и элементов склона
на содержание гумуса, 2000 г.**

| Обработка почвы | Насыщение гербицидами, % | Гумус, % | | |
|-------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
| | | 0-10 см | 10-20 см | 20-40 см |
| <i>Верхний элемент склона</i> | | | | |
| Вспашка | 0 | 1,7 | 1,6 | 1,0 |
| | 50 | 1,6 | 1,6 | 0,9 |
| | 100 | 1,6 | 1,5 | 1,0 |
| | Среднее | 1,6 | 1,6 | 1,0 |
| Плоскорезная | 0 | 1,9 | 1,6 | 0,7 |
| | 50 | 1,7 | 1,5 | 0,8 |
| | 100 | 1,8 | 1,5 | 0,6 |
| | Среднее | 1,8 | 1,5 | 0,7 |
| Минимальная | 0 | 1,9 | 1,5 | 0,8 |
| | 50 | 1,8 | 1,6 | 0,8 |
| | 100 | 1,7 | 1,5 | 0,7 |
| | Среднее | 1,8 | 1,5 | 0,8 |
| <i>Нижний элемент склона</i> | | | | |
| Вспашка | 0 | 1,8 | 1,7 | 0,9 |
| | 50 | 1,6 | 1,6 | 1,0 |
| | 100 | 1,7 | 1,7 | 1,2 |
| | Среднее | 1,7 | 1,7 | 1,0 |
| Плоскорезная | 0 | 1,9 | 1,6 | 0,9 |
| | 50 | 1,9 | 1,6 | 0,5 |
| | 100 | 1,8 | 1,5 | 0,5 |
| | Среднее | 1,9 | 1,6 | 0,7 |
| Минимальная | 0 | 1,9 | 1,6 | 0,8 |
| | 50 | 1,9 | 1,5 | 0,6 |
| | 100 | 1,7 | 1,5 | 0,6 |
| | Среднее | 1,8 | 1,5 | 0,7 |

НСР₀₅^A — 0,3; НСР₀₅^B — 0,4.

ного слоя по эффективному плодородию. Проведение вегетационно-полевых опытов с моделированием разных частей пахотного слоя (0-10, 10-20 и 20-40 см) показало различную реакцию возделываемых культур на слои почвы и элементы склона (табл. 2).

В качестве опытной тест-культуры использовали кукурузу на зеленую массу. Более высокое эффективное плодородие на 25-й год после закладки опыта имела почва слоя 0-10 см на делянках, где применяли плоскорезную обработку. Так, на

верхнем элементе по плоскорезной обработке показатель увеличился на 68% по сравнению со вспашкой, среднем — на 47%, а нижнем — 60%. В слоях 10-20 и 20-40 см отмечено снижение эффективного плодородия соответственно на 28 и 37% по плоскорезной обработке.

По вспашке незначительные различия по данному показателю отмечены в слоях 0—10 и 10—20 см, что можно объяснить особенностями распределения факторов плодородия при отвальных обработках. Поэтому по вспашке строение па-

**Эффективное плодородие почвы в зависимости от приемов обработки
и элементов склона**

| Обработка почвы | Слой почвы, см | Элемент склона | | | Среднее |
|------------------------|----------------|----------------|------------|------------|------------|
| | | верх | середина | низ | |
| Вспашка (контроль) | 0-10 | <u>253</u> | <u>284</u> | <u>301</u> | <u>279</u> |
| | | 100 | 112 | 118 | 110 |
| | 10-20 | <u>280</u> | <u>287</u> | <u>264</u> | <u>277</u> |
| | | 111 | 113 | 104 | 109 |
| | 20-40 | <u>181</u> | <u>142</u> | <u>283</u> | <u>202</u> |
| | | 72 | 56 | 112 | 80 |
| Плоскорезная обработка | 0-10 | <u>426</u> | <u>403</u> | <u>469</u> | <u>433</u> |
| | | 168 | 159 | 183 | 170 |
| | 10-20 | <u>143</u> | <u>229</u> | <u>247</u> | <u>206</u> |
| | | 57 | 90 | 98 | 82 |
| | 20-40 | <u>100</u> | <u>125</u> | <u>101</u> | <u>109</u> |
| | | 40 | 49 | 40 | 43 |

Числитель — сухая масса растений кукурузы, г/сосуд; знаменатель — % к контролю; НСР₀₅ — 92 г/сосуд

хотного слоя можно характеризовать как гомогенное, а по плоскорезной обработке — как гетерогенное, что необходимо учитывать при применении орудий отвального и безотвального типов. Данные опыта подтверждают преимущество вспашки поперек склона как приема для более эффективного воспроизводства плодородия почв склоновых земель.

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур по элементам склона. Интенсивный период снеготаяния является причиной эрозионных процессов на склоновых землях. Поэтому почвозащитные технологии обработки должны быть направлены на предотвращение эрозионных процессов и регулирование водного режима склоновых земель. Влагообеспеченность возделываемых культур в начале вегетации, позволяющая оценить их способность аккумулировать и накапливать влагу, существенно различалась. В посевах яровых культур количество влаги не превышало 70-75 мм, озимой пше-

ницы и многолетних трав — 110-120 мм и более. Разница между яровыми и озимыми составила 40-55 мм. По вариантам обработки почвы существенных различий не наблюдалось (табл. 3).

Влагообеспеченность культур по элементам склона также существенно различалась; на нижних элементах склона содержание воды было выше. Кроме того различия зависели от возделываемых культур. В посевах яровой пшеницы по вспашке разница между верхним и нижним элементами составила 4,2 мм, по плоскорезной обработке — 6,6 мм, по минимальной разницы не было; в посевах многолетних трав — соответственно 12,4 мм, 8,6, и 7,5 мм. Аналогичные тенденции наблюдались и в посевах озимой пшеницы. Гербициды не влияли на влагообеспеченность культур в весенние сроки вегетации.

Таким образом, влагообеспеченность сельскохозяйственных культур на склоновых землях зависит от элементов склона и вида выращиваемых культур, в меньшей степе-

Т а б л и ц а 3

**Влияние элементов склона и обработки почвы на влагообеспеченность
возделываемых культур (мм, 0–40 см), данные за 2000–2002 гг.**

| Элемент склона (фактор А) | Яр. пшеница+ мн. травы | | Мн. травы 1-го г.п | | Оз. пшеница | |
|-------------------------------------|------------------------|------|--------------------|-------|-------------|-------|
| | 0% | 100% | 0% | 100% | 0% | 100% |
| <i>Вспашка (контроль), фактор В</i> | | | | | | |
| Верх | 71,3 | 72,8 | 107,9 | 106,0 | 109,3 | 108,3 |
| Середина | 72,1 | 70,7 | 113,7 | 112,5 | 112,1 | 114,7 |
| Низ | 75,5 | 76,5 | 120,3 | 124,3 | 119,2 | 118,7 |
| Среднее | 73,0 | 73,3 | 114,0 | 114,3 | 113,5 | 113,9 |
| <i>Вспашка + плоскорез</i> | | | | | | |
| Верх | - | - | 97,6 | 103,9 | 107,2 | 110,6 |
| Середина | - | - | 110,0 | 116,4 | 114,4 | 115,4 |
| Низ | - | - | 120,5 | 124,3 | 120,7 | 121,1 |
| Среднее | - | - | 109,4 | 114,9 | 114,1 | 115,7 |
| <i>Плоскорезная</i> | | | | | | |
| Верх | 69,5 | 73,6 | 109,0 | 108,6 | 109,8 | 110,1 |
| Середина | 72,3 | 71,9 | 112,9 | 111,4 | 111,9 | 111,4 |
| Низ | 76,1 | 74,8 | 117,6 | 115,0 | 118,0 | 118,5 |
| Среднее | 72,6 | 73,4 | 113,2 | 111,6 | 113,2 | 113,3 |
| <i>Минимальная</i> | | | | | | |
| Верх | 74,0 | 73,3 | 107,6 | 104,9 | 108,8 | 108,4 |
| Середина | 74,7 | 71,9 | 109,4 | 106,5 | 112,1 | 111,1 |
| Низ | 73,6 | 75,9 | 113,2 | 112,4 | 118,1 | 118,3 |
| Среднее | 74,1 | 73,7 | 110,4 | 107,8 | 113,0 | 112,6 |

НСР₀₅^А — 3,1 мм/га; НСР₀₅^В — 2,6 мм/га.

ни — от приемов обработки и гербицидов. Это справедливо для периода начала вегетации культуры.

Действие почвозащитных обработок почвы и систем гербицидов на фитосанитарное состояние посевов и почвы. Применение почвозащитных технологий на склоновых землях приводит к ухудшению фитосанитарного состояния посевов и почвы. В наших исследованиях применение безотвальных приемов обработки почвы способствовало увеличению потенциальной засоренности почвы. Так, количество семян сорняков в слое 0–40 см увеличивалось: по плоскорезной обработке — в 1,82 раза, по минимальной — в 1,86 раза по сравнению со вспашкой (рис. 1). При дополнительной глубокой обработке плоскорезом засоренность почвы снизилась на 8%.

Безотвальные обработки привели к перераспределению семян сорных растений по профилю почвы. Потенциальная засоренность верхнего 0–10 см слоя в вариантах плоскорезной и минимальной обработок составила 64 и 62% от общей численности семян сорняков в слое 0–40 см в этих вариантах. При сравнении со вспашкой увеличение численности семян сорняков по плоскорезной и минимальной обработкам составило 2,9 раза. Учитывая корреляцию между потенциальной и фактической засоренностью, можно безошибочно прогнозировать усиление засоренности посевов.

Учеты фактической засоренности показали, что безотвальные почвозащитные технологии на склоновых землях способствовали увеличению засоренности посевов в среднем на

млн шт/га



Рис. 1. Влияние обработок почвы на потенциальную засоренность посевов яровой пшеницы

38-72%, а сухой массы сорных растений — на 83-112% по сравнению со вспашкой. Замена отвалных обработок безотвальными увеличила долю многолетних сорных растений в структуре агрофитоценоза на 21-43% (табл. 4 и 5).

Длительное применение систем

гербицидов и их изучение позволили установить эффект последействия, выражающийся в снижении численности, сухой массы и вредности сорного компонента в последующие годы.

Последствие гербицидов проявляется тем сильнее, чем выше сте-

Т а б л и ц а 4

Влияние обработки почвы и систем гербицидов на засоренность посевов полевых культур (шт/м²)

| Вариант обработки (А) | Насыщение севооборота гербицидами, % (В) | Яр. пшеница + мн. травы, 2000 г. | | | Клевер кр. 2001 г. | | Оз. пшеница, 2002 г. | | |
|-----------------------|--|----------------------------------|-----------|----------|--------------------|------------|----------------------|-----------|-----------|
| | | 1-й срок | 2-й срок | 3-й срок | 1-й срок | 2-й срок | 1-й срок | 2-й срок | 3-й срок |
| Вспашка | 0 | 90 17 | 49 16 | 46 19 | 104 53 | 118 61 | 145 11 | 103 6 | 98 9 |
| | 50 | 56 18 | 49 11 | 39 15 | 79 51 | 93 51 | 163 8 | 78 5 | 84 12 |
| | 100 | 63 32 | 32 12 | 36 19 | 72 41 | 54 34 | 107 14 | 54 7 | 68 2 |
| Плоскорезная | 0 | 158 76 | 95 40 | 58 32 | 151 81 | 141 101 | 255 16 | 174 13 | 142 15 |
| | 50 | 80 15 | 85 15 | 49 11 | 98 69 | 97 65 | 241 18 | 76 14 | 74 7 |
| | 100 | 70 13 | 30 9 | 44 19 | 95 52 | 72 40 | 189 23 | 94 11 | 109 14 |
| Минимальная | 0 | 165 84 | 106 41 | 97 52 | 158 83 | 194 150 | 198 14 | 176 14 | 151 13 |
| | 50 | 80 28 | 76 30 | 53 24 | 119 72 | 134 96 | 238 13 | 95 10 | 91 16 |
| | 100 | 87 31 | 51 25 | 41 22 | 125 80 | 119 74 | 136 14 | 69 13 | 71 7 |

Числитель — всего сорных растений, шт/м²; знаменатель — в т.ч. многолетних, шт/м²; НСР₀₅^А — 39 шт/м²; НСР₀₅^В — 21 шт/м².

**Действие обработок почвы и систем гербицидов
на накопление сухой массы сорными растениями (г/м²)**

| Вариант обработки (фактор А) | Яр. пшеница, 2000 г. | | Клевер кр., 2001 г. | Оз. пшеница, 2002 г. | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | 2-й срок | 3-й срок | 2-й срок | 2-й срок | 3-й срок |
| <i>Без гербицидов</i> | | | | | |
| Вспашка | $\frac{42,1}{17,5}$ | $\frac{122,5}{69,0}$ | $\frac{46}{34}$ | $\frac{92,3}{15,4}$ | $\frac{171,2}{31,6}$ |
| Плоскорезная | $\frac{83,3}{40,6}$ | $\frac{160,0}{90,7}$ | $\frac{87}{70}$ | $\frac{152,6}{58,4}$ | $\frac{251,4}{86,3}$ |
| Минимальная | $\frac{111,7}{64,1}$ | $\frac{244,5}{190,5}$ | $\frac{108}{86}$ | $\frac{123,5}{42,7}$ | $\frac{224,9}{94,5}$ |
| <i>Насыщение севооборота 50%</i> | | | | | |
| Вспашка | $\frac{49,7}{17,2}$ | $\frac{81,1}{53,8}$ | $\frac{39}{26}$ | $\frac{37,1}{10,1}$ | $\frac{104,3}{21,4}$ |
| Плоскорезная | $\frac{77,1}{20,1}$ | $\frac{161,2}{62,4}$ | $\frac{64}{49}$ | $\frac{42,7}{21,9}$ | $\frac{159,3}{27,3}$ |
| Минимальная | $\frac{89,6}{41,6}$ | $\frac{129,0}{70,1}$ | $\frac{80}{58}$ | $\frac{47,5}{18,4}$ | $\frac{169,3}{70,8}$ |
| <i>Насыщение севооборота 100%</i> | | | | | |
| Вспашка | $\frac{27,5}{12,2}$ | $\frac{47,2}{30,5}$ | $\frac{29}{19}$ | $\frac{30,2}{6,2}$ | $\frac{91,4}{4,7}$ |
| Плоскорезная | $\frac{16,3}{6,4}$ | $\frac{63,3}{45,2}$ | $\frac{50}{24}$ | $\frac{48,3}{19,6}$ | $\frac{168,1}{41,5}$ |
| Минимальная | $\frac{24,1}{13,3}$ | $\frac{73,7}{60,0}$ | $\frac{59}{37}$ | $\frac{39,4}{21,5}$ | $\frac{142,7}{38,6}$ |

Числитель — сухая масса сорных растений, г/м²; знаменатель — в т.ч. многолетних сорняков, г/м²; НСР₀₅ — 24,3 г/м².

пень насыщения севооборота гербицидами. При насыщении севооборота гербицидами от 0 до 50% снижение засоренности посевов яровой пшеницы по вспашке составило 98%, по плоскорезной обработке — 49% и по минимальной — 52%; в посевах клевера лугового — соответственно 15%, 27 и 26%. При насыщении севооборота гербицидами до 100% эффект последствия увеличивался, но существенной разницы при насыщении 50 и 100% не отмечалось.

Ко второму и третьему срокам учета общая численность сорняков сократилась за счет конкуренции, завершения вегетации, гибели от действия гербицидов. Тенденция к увеличению или снижению сухой массы сорных

растений зависела от вариантов. По вспашке в посевах яровой пшеницы сухая масса увеличивалась с 42,1 до 122,5 г/м², или в 2,9 раза, при плоскорезной обработке — в 3,8 раза, минимальной в 5,8 раз по сравнению со вспашкой (табл. 5).

Действие гербицидов на сухую массу сорных растений характеризовалось следующими показателями: по вспашке при 50% насыщении севооборота снижение составило 44%, при 100% — 61,5%; по плоскорезной при 50% насыщении гибели не наблюдалось, по минимальной при 100% насыщении снижение составило 70%, или с 244,5 до 73,7 г/м². Аналогичная картина наблюдалась в посевах клевера лугового и озимой пшеницы.

В условиях стационарного опыта численность и видовой состав сорных растений зависел от элементов склона. Так, в посевах яровой пшеницы основное количество сорняков отмечено на нижнем элементе склона. По вспашке с 63 шт/м² на верхнем элементе склона оно увеличилось до 100 шт/м² на нижнем элементе; по вспашке с плоскорезом — с 43 до 58; плоскорезной обработке — с 107 до 119; по минимальной — с 110 до 120 шт/м². Засоренность посевов озимой пшеницы увеличивалась вверх по склону, а клевера лугового — вниз. Однако уровень сухой массы сорняков (как основной показатель их конкурентной способности) независимо от варианта обработки увеличивался вниз по склону. Поэтому в системе борьбы с сорной растительностью важно учитывать специфику их распределения как по обработкам, так и по элементам склона.

Для эффективной борьбы с сорными растениями большое значение имеют сведения об их видовом составе, структуре агрофитоценоза. В результате замены вспашки безотвальными приемами обработки отмечались изменения в структуре агрофитоценоза. Длительное применение минимальной обработки способствовало увеличению доли злостных конкурентоспособных многолетних сорняков: корнеотпрысковых — в 2,3 раза (в частности, основных представителей *Cirsium arvense* и *Sonchus arvensis* — на 17%), корневищных — в 3,6 (*Elytrigia repens* и *Equisetum arvense* — на 11%), стержнекорневых — в 2,0 раза (*Taraxacum officinale* — на 4%) по сравнению с уровнем в вариантах вспашки.

Элементы склона за счет изменения экологических условий места обитания также определяли дифференциацию сорного компонента по

ботаническому составу. На нижних частях склона в посевах возделываемых культур увеличивается засоренность многолетними сорняками. Вниз по склону наблюдается усиление засоренности и злостными малолетними сорняками, в частности: *Chenopodium album*, *Matricaria inodora*, *Galium aparine*, *Stellaria media* и *Fumaria officinalis*. В структуре сорного компонента верхнего элемента склона увеличивается численность *PolYGONUM aviculare* и *PolYGONUM convolvulus*, *Apera spicaventi*, *Viola arvensis*, *Galeopsis speciosa*, *Capsella bursa-pastoris*. Отмечен рост численности *Centaurea cyanus* на верхнем и среднем элементах склона.

Таким образом, на склоновых землях по сравнению с равнинными в посевах возделываемых культур развивается характерный агрофитоценоз. Численность и масса отдельных видов сорных растений зависела от элементов склона, особенностей обработки почвы, эффективности гербицидов, что определяло различные требования сорных растений к факторам жизни и изменение конкурентных взаимоотношений между культурой и сорняками.

Действие почвозащитных технологий обработки почвы и гербицидов на распределение корневых остатков. Растительные остатки составляют важную часть в балансе органического вещества почвы. Масса корневых систем характеризует способность культуры создавать и распределять в почве корни, улучшая условия питания растений. Имеются данные, свидетельствующие о наличии зависимости между интенсивностью развития корневых систем и приемами почвозащитной обработки почвы [1, 10].

В наших опытах был проведен учет запасов корневых систем кле-

вера лугового и озимой пшеницы. Раскопки проводили после уборки культур. Ежегодная вспашка, формируя более рыхлое сложение почвы, способствовала лучшему развитию корневых систем. Так, на верхнем элементе склона в посевах клевера лугового в слое 0-40 см масса корней составила 53,2 ц/га абсолютно сухой массы (рис. 2). Безотвальные обработки почвы приводили к снижению общей массы корней в посевах клевера: при плоскорезной — на 11% — 5,5 ц/га, минимальной — на 15%, или на 7,8 ц/га. В 2002 г. в посевах озимой пшеницы по плоскорезной обработке наблюдалось снижение массы корней на 16%, или 5,1 ц/га.

На нижнем элементе склона произошло увеличение массы: по вспашке — на 23,1, по плоскорезной — на 15,5 и минимальной — на 12,0 ц/га. Это можно объяснить изменениями плодородия почвы в нижних элементах склона. Распределение корневых остатков по слоям почвы на нижнем элементе склона было аналогично верхнему. Основная доля корневых остатков сосредоточивалась в слое 0-10 см. По вспашке содержание пожнивных остатков на верхнем элементе составило 48%, по плоскорезной — 59%, по минимальной — 71%,

на нижнем — 43, 53 и 63% соответственно. Таким образом, в вариантах плоскорезной и минимальной обработки корневые системы возделываемых культур были сосредоточены ближе к поверхности почвы.

Распределение корневых остатков изучали на примере бодяка полевого и пырея ползучего, относящихся к разным биологическим группам и имеющим сильно различающиеся корневые системы. Данные о влиянии обработки почвы на распределение вегетативных органов бодяка полевого в посевах клевера лугового в слое 0-40 см представлены на рис. 3. Так, по вариантам вспашки в слое 0-40 см их находилось 47,6 г/м², плоскорезной — 117,7 г/м², или в 2,5 раза больше, минимальной — 123,1 г/м², или в 2,6 раза больше. Аналогичная тенденция наблюдалась и по распределению вегетативной массы пырея ползучего.

Масса корневых систем многолетних, увеличиваясь при плоскорезной и минимальной обработках, сосредоточивалась в верхних частях пахотного слоя. Это определяется биологическими особенностями бодяка полевого и пырея ползучего. В рыхлых почвах корневые отпрыски скапливаются на глубине 60 см и более, а корневища пырея распространяются по всему пахотному слою.

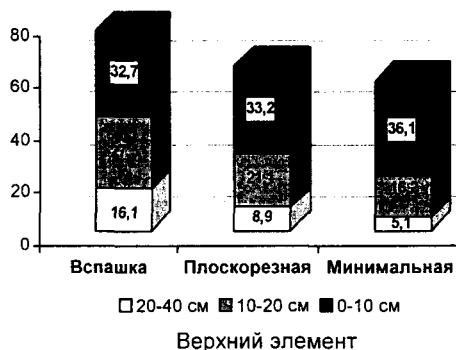
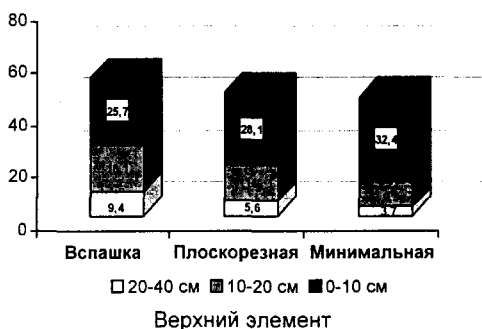


Рис. 2. Распределение корневых систем клевера лугового (ц/га), 2002 г.

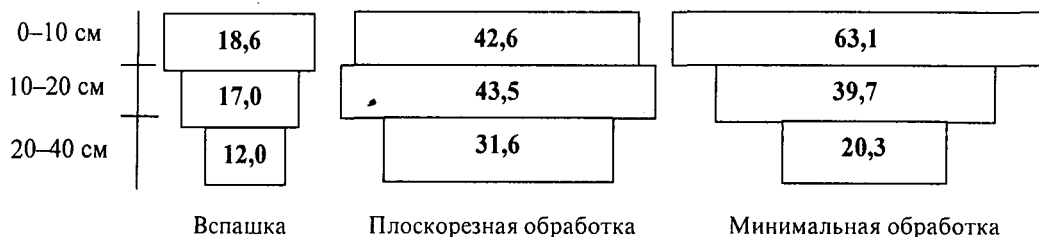


Рис. 3. Влияние обработок почвы на распределение органов вегетативного размножения бодяка полевого в посевах клевера лугового (г/м²), 2001 г.

При уплотнении почвы отпрыски и корневища сосредотачиваются в верхних слоях. В таких условиях всходы появляются быстрее и вегетация начинается раньше.

Таким образом, применение безотвальных почвозащитных технологий обработки почвы приводит к поверхностному распределению корневых систем и вегетативных зачатков многолетних сорных растений, что способствует интенсивному отрастанию побегов в более ранние сроки.

Энтомологическая оценка влияния почвозащитных технологий обработки почвы на обилие дождевых червей. С экологической точки зрения очень важно знать изменение численности энтомофауны в условиях длительного применения почвозащитных технологий обработки почвы. Установлено, что фауна почвообитающих беспозвоночных в опыте представлена двумя типами и тремя классами кольчатых червей. Известно, что дождевые черви доминируют, их численность в зависимости от сезона составляет от 50 до 80% общего количества. Учет численности червей в 2001 г. в клевере луговом и 2002 г. в озимой пшенице показал, что в зависимости от возделываемой культуры и технологий обработки почвы обилие червей существенно различается (рис. 4). На численность червей сильное влияние оказывает влажность почвы. Увеличение численности червей при плос-

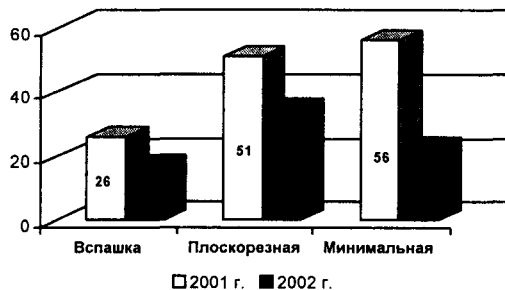


Рис. 4. Влияние обработок почвы на численность дождевых червей в посевах клевера лугового 2001 и озимой пшеницы 2002 г. в слое 0-40 см

корезной и минимальной обработках можно объяснить сохранением ходов червей и увеличением влажности в вариантах безотвальных технологий по сравнению со вспашкой. В посевах клевера лугового при плоскорезной обработке обилие червей увеличилось на 2,1 раза, минимальной — на 2,2 раза; в посевах озимой пшеницы — соответственно в 2,0 и 1,4 раза.

В вариантах, где ежегодно вносили гербициды отмечалось существенное снижение численности червей. В среднем за 2001-2002 г. она составила: по вспашке — 24%, по плоскорезной обработке — 31%, по минимальной — 29%.

Таким образом, применение почвозащитных технологий влияет на расселение энтомофауны, что необходимо учитывать при разработке защитных мероприятий и охране окружающей среды.

**Действие почвозащитных технологий обработки почвы и гербицидов
на урожайность сельскохозяйственных культур (ц/га)**

| Вариант обработки (А) | Насыщение севооборота гербицидами, % (В) | Овес, 1999 г. | Яр. пшеница + мн. травы, 2000 г. | Мн. травы 1-го г.п., 2001 г. | Оз. пшеница, 2002 г. |
|--------------------------------|--|---------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Вспашка (контроль) | 0 | 10,4 | 17,8 | 40,9 | 38,7 |
| | 50 | 9,6 | 21,3 | 50,4 | 40,1 |
| | 100 | 10,4 | 22,1 | 52,9 | 41,1 |
| Вспашка + плоскорез | 0 | 9,7 | 20,0 | 46,2 | 40,2 |
| | 50 | 10,9 | 22,3 | 52,5 | 42,2 |
| | 100 | 10,0 | 23,0 | 58,0 | 42,2 |
| Плоскорезная | 0 | 8,7 | 18,7 | 36,1 | 36,3 |
| | 50 | 9,0 | 20,7 | 41,6 | 39,5 |
| | 100 | 10,3 | 20,7 | 45,1 | 38,8 |
| Минимальная | 0 | 7,5 | 13,4 | 33,0 | 36,2 |
| | 50 | 8,6 | 16,4 | 38,2 | 37,5 |
| | 100 | 8,6 | 17,1 | 41,0 | 38,3 |
| НСР ₀₅ ^А | | 2,1 | 2,8 | 3,4 | 2,7 |
| НСР ₀₅ ^В | | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 1,6 |

Применение безотвальных технологий (плоскорезной и минимальной) привело к существенному снижению урожайности возделываемых культур: овса — соответственно на 17 и 28% по сравнению с контролем (вспашка без гербицидов), сена клевера лугового — на 12 и 20%; озимой пшеницы — на 6 и 7% (табл. 6).

Применение гербицидов способствовало достоверному повышению урожайности возделываемых культур, за исключением овса, где прибавка оставалась в пределах ошибки опыта. В посевах яровой пшеницы при опрыскивании базаграном по вспашке урожайность повысилась на 5,7 ц/га, по вспашке с плоскорезом — на 3, плоскорезной обработке — на 2 и минимальной — на 3,7 ц/га (при НСР₀₅ 19 ц/га). В посевах многолетних трав и озимой пшеницы получены урожаи, близкие к планируемым.

На склоновых землях важно знать

особенности влияния элементов склона на хозяйственную эффективность изучаемых факторов. Складывается устойчивая тенденция к повышению урожайности полевых культур сверху вниз по склону (табл. 7).

На нижних элементах склона урожайность овса увеличилась на 35%, урожайность сена клевера лугового — на 12%; озимой пшеницы — на 1%. В посевах яровой пшеницы урожайность снизилась на 9%. Это объясняется сложным перераспределением питательных элементов по частям склона, изменением соотношения доступных и недоступных их форм. Почвозащитные технологии способствуют устойчивой тенденции к дифференцированному распределению подвижных форм азота, фосфора и калия [4, 5]. На нижних элементах склона зерновые часто полегают, подсевные травы перерастают и занимают верхний ярус, что вызывает определенные проблемы при уборке и потери урожая.

Влияние почвозащитных технологий обработки почвы и элементов склона на урожайность сельскохозяйственных культур (ц/га)

| Обработка почвы (А) | Элементы склона (В) | | |
|--|---------------------|----------|------|
| | верх | середина | низ |
| <i>Овес — 1999 г., НСР₀₅^А — 1,7; НСР₀₅^В — 2,6</i> | | | |
| Вспашка (контроль) | 8,2 | 10,4 | 11,9 |
| Вспашка + плоскорез | 7,9 | 10,2 | 11,9 |
| Плоскорезная | 7,5 | 9,2 | 12,0 |
| Минимальная | 5,9 | 8,5 | 9,9 |
| Среднее по склону | 7,4 | 9,6 | 11,4 |
| <i>Яровая пшеница — 2000 г., НСР₀₅^А — 2,1; НСР₀₅^В — 1,9</i> | | | |
| Вспашка (контроль) | 20,9 | 20,3 | 19,0 |
| Вспашка + плоскорез | 23,5 | 21,2 | 20,3 |
| Плоскорезная | 19,5 | 20,2 | 19,5 |
| Минимальная | 16,1 | 15,6 | 14,1 |
| Среднее по склону | 20,0 | 19,3 | 18,2 |
| <i>Многолетние травы 1-го г.п. — 2001 г., НСР₀₅^А — 5,2; НСР₀₅^В — 3,1</i> | | | |
| Вспашка (контроль) | 45,3 | 48,3 | 52,6 |
| Вспашка + плоскорез | 47,3 | 52,1 | 57,4 |
| Плоскорезная | 39,0 | 40,9 | 41,4 |
| Минимальная | 35,7 | 37,6 | 38,9 |
| Среднее по склону | 41,8 | 44,8 | 47,6 |
| <i>Озимая пшеница — 2002 г., НСР₀₅^А — 1,9; НСР₀₅^В — 1,7</i> | | | |
| Вспашка (контроль) | 40,3 | 39,3 | 43,0 |
| Вспашка + плоскорез | 42,2 | 41,7 | 39,9 |
| Плоскорезная | 39,5 | 36,2 | 39,2 |
| Минимальная | 36,9 | 36,7 | 38,0 |
| Среднее по склону | 39,7 | 38,5 | 40,0 |

Выводы

1. В результате исследований в течение 25 лет на склоне южной экспозиции установлено развитие специфического агрофитоценоза. Видовой состав, численность и масса сорных растений зависели от элементов склона, вариантов обработки и систем гербицидов:

— численность сорняков по плоскорезной и минимальной обработкам увеличилась в среднем в 1,5 и 2 раза, в т.ч. многолетниках — в 3,5-5 раз по сравнению с контролем. При этом сухая масса сорных растений в среднем за 2000-2002 гг. увеличилась на 84 и 110%. Это привело к усилению вредоносности сорного компонента в вариантах безотвальных обработок: по плоскорезной — на 17%, минимальной — на 21% по сравнению со вспашкой;

— количество семян сорняков в слое 0-40 см по сравнению с контролем уве-

личивалось: по плоскорезной и минимальной обработкам — в среднем на 67%. При этом отмечено перераспределение их по профилю почвы и увеличение засоренности верхнего слоя. В вариантах плоскорезной и минимальной обработок в слое 0-10 см содержалось 64 и 62% семян к общей численности их в слое 0-40 см.

2. Плоскорезная и минимальная обработки способствовали увеличению содержания гумуса в слое 0-10 см на 3,0 и 1,5 т/га по сравнению с уровнем при обычной обработке. Экспериментальные данные подтверждают преимущество вспашки как приема для более эффективного воспроизводства плодородия почв склоновых земель.

3. По действию на накопление влаги в почве плоскорезная и минимальная обработки не уступают по своей эффективности вариантам вспашки. В среднем

за годы исследований во время первого срока учета влагообеспеченность возделываемых культур в слое 0-40 см составляла: по вспашке — 100,3 мм/га, плоскорезной обработке — 99,6 и минимальной — 98,6 мм/га.

4. Длительное (25 лет) применение безотвальных обработок привело к снижению массы корневых систем возделываемых культур в корнеобитаемом слое 0-40 см на 12-20%. При этом основная их масса (от 55 до 75%) сосредоточена в верхнем 0-10 см слое почвы. Такое поверхностное распределение корней является основной причиной ухудшения обеспеченности растений элементами питания и влагой, особенно в засушливый период, что приводит к снижению урожайности возделываемых культур.

Засоренность органами вегетативного размножения бодяка полевого и пырея ползучего увеличилась в 2,2 и 2,5 раза. При этом отмечено поверхностное перераспределение массы вегетативных зачатков многолетников. Так, в слое 0-10 см содержится от 35 до 50% общей массы корневых систем бодяка полевого и от 48 до 60% пырея ползучего. Это приводит к интенсивному отрастанию побегов и более сильной засоренности посевов и почвы.

5. Для восстановления и повышения плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на склоновых землях (до 3,5°) рекомендуется вводить почвозащитные севообороты: 1 — яровые зерновые с подсевом трав; 2 — многолетние травы 1-го г.п.; 3 — озимые зерновые; 4 — яровые зерновые с использованием плоскорезной и минимальной обработок почвы на фоне применения органических и минеральных удобрений в норме, рассчитанной на планируемую урожайность.

В целях повышения экологической, биологической и хозяйственной эффективности защиты полевых культур от сорных растений на склоновых землях при использовании безотвальных обработок почвы в зернотравяном севообороте рекомендуется применять систему гербицидов с 50% насыщением севооборота в разных сочетаниях: базагран М (2 кг/га) — агритокс (1,5 л/га) — базагран (3 л/га) — диален супер (0,8 л/га) — линтур (150 г/га) — фенфиз (1,5 л/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы борьбы с сорными растениями. М.: Колос, 1980. — 2. Актуальные проблемы земледелия. М.: Колос, 1984. — 3. *Баздырев Г.И.* Фитосанитарное состояние почвы в условиях интенсификации земледелия. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 3, с. 28-40. — 4. *Баздырев Г.И.* Эффективность почвозащитных систем обработки почвы и гербицидов на склоновых землях. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 3, с. 3-13. — 5. *Баздырев Г.И.* Почвозащитным системам обработки почвы на склоновых землях — эффективные системы гербицидов. Агро XXI, 1998, вып. 11, с. 3-5. — 6. *Березовский М.Я.* Регулирование взаимодействия растений с гербицидами как основа повышения их эффективности. М.: Колос, 1966. — 7. *Захаренко В.А.* Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. — 8. *Захаренко В.А.* Современная защита растений и ее научное обеспечение. Агро XXI, 2003, вып. 1-6. — 9. *Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н.* Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: РАСХН, 2004. — 10. Почвозащитное земледелие на склонах. М.: Колос, 1983. — 11. *Шьяар Д. и др.* Научные основы снижения норм гербицидов при использовании технологий дифференцированного прецизионного их внесения развитых стран Европы. — Агро XXI, 2003, вып. 1-6. — 12. *Яблоков А.* Пестициды, экология, сельское хозяйство. Изв. РАН, 1988. вып. 15.

*Статья поступила
апреля 2004 г.*

SUMMARY

In long stationary experiment (1978-2003) the systems of soil protective technologies of treating soil of specialized crop rotation, herbicides, biological, agrophysical and agrochemical indices of soil fertility, phytosanitary condition of seedings and soil, yield of farm crops were studied. In has been found that with using soil protective technologies in combination with scientifically based systems of herbicides, indices of soil fertility are improved, the amount of humus increases, the yield gets considerably higher. With complex using chemical media and soil protective technologies it becomes possible to keep ecological safety on slope lands.