

УДК 631.582:631.559:631.874.2'3

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ СЕВООБОРОТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЖНИВНОГО ЗЕЛЕННОГО УДОБРЕНИЯ

В.Г. ЛОШАКОВ, Ю.Д. ИВАНОВ, Ю.Н. СИННИХ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

**Приводятся данные о влиянии многолетнего использования пожнивного зеленого удобрения в чистом виде и совместно с удобрением соломой на плодородие почвы, урожайность и продуктивность зерновых севооборотов и бессменных посевов ячменя.**

Систематическое внесение удобрений в нормах, рассчитанных на получение достаточно высоких урожаев, обеспечивает последовательное повышение эффективного плодородия. При этом в почве увеличивается содержание подвижных форм фосфора и калия, а содержание гумуса поддерживается на исходном уровне в зерновых севооборотах и устойчиво повышается в зерноотравных, плодосменных и пропашных [2].

В условиях Московской области в полевом плодосменном севообороте посевы промежуточных кормовых культур при внесении минеральных удобрений не снижают плодородия дерново-подзолистых почв и урожая основных

культур севооборота. При этом более рационально используется влага, улучшается режим питания растений, уменьшается засоренность посевов основных культур, возделываемых после кормовых промежуточных, а также повышается качество урожая [4]. Однако необходимость значительного увеличения производства товарного и фуражного зерна и его качества требует изучения возможности более узкой специализации зерновых севооборотов и применения повторных посевов зерновых культур на высоком агротехническом фоне. Появление многоукладности в экономике и развитие фермерских хозяйств на селе ведут к дальнейшей специализа-

ции сельскохозяйственного производства и внедрению в производство узкоспециализированных севооборотов для получения зерна, картофеля и другой товарной продукции. В этих условиях более остро встает проблема обеспечения экологической безопасности приемов современного технологического земледелия. Актуальным становится также вопрос об использовании в дополнение к навозу других видов органических удобрений — сидератов, соломы и т.п. По этим вопросам на кафедре земледелия Тимирязевской академии проводятся многолетние комплексные исследования.

### Методика

Изучение влияния длительного использования пожнивного зеленого удобрения в чистом виде и совместно с удобрением соломой на плодородие почвы, урожайность и продуктивность зерновых севооборотов и бессменных посевов ячменя проводится в стационарном полевом опыте, заложенном в 1980 г. в учхозе Тимирязевской академии «Михайловское» Подольского района Московской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая средне-суглинистая среднекультуренная. Содержание гумуса в пахотном слое 0—20 см в год закладки опыта составляло 1,94%, подвижного фосфора по Кирсанову — 13,1 мг, обменного калия по Масловой — 16,4 мг на 100 г, рН<sub>кон</sub> — 5,7.

Севообороты полностью развернуты во времени и на делянках с рандомизированным их размещением в системе блоков. Общий

размер делянок — 80 м<sup>2</sup> (16 x 5), размещение блоков — 4-ярусное, повторность опыта — 4-кратная. Схема его и агротехника культур подробно описаны в ряде статей в журнале «Известия ТСХА» [5, 6].

В данной статье рассматриваются севообороты I—V: I — 50% зерновых + NPK (условно для краткости I — NPK); II — 67% зерновых + NPK (II — NPK); III — 83% зерновых + NPK (III — NPK); IV — 83% зерновых + NPK + пожнивный сидерат (IV — NPK + ПС); V — 83% зерновых + NPK + ПС + солома на удобрение (V — NPK + ПС + С).

Кроме севооборотов, в опыте изучали бессменные посевы ячменя: 1 — без удобрений; 2 — NPK; 3 — NPK + ПС; 4 — NPK + ПС + С.

Минеральные удобрения вносили в расчете на запланированный урожай культур: зерна озимых зерновых — 50 ц/га, яровых зерновых — 40 ц/га. Нормы удобрений составляли: для озимой пшеницы — 200N160P120K, озимой ржи — 120N160P120K, для ячменя и овса — 96N120P104K.

Возделывали сорта культур, районированные в Московской области. Горчицу белую (*Sinapis album*) сорта Лунинская высевали из расчета 30—40 кг всхожих семян на 1 га после уборки озимой пшеницы сортов Мироновская 808 и Инна; озимой ржи сорта Восход 2 и ярового ячменя Зазерский 85. Азотное удобрение (50N) и измельченную солому вносили по фактическому урожаю зерновых перед обработкой почвы дисковым луцильником и комбинированным агрегатом РВК-3,6.

Солому запахивали отвальным плугом на глубину 20—22 см.

### Результаты

Урожай зеленой массы пожнивной горчицы в годы исследования зависел главным образом от предшественника, метеорологических условий пожнивного периода и сроков сева. В среднем за последние 8 лет он составил после озимой пшеницы 172—189 ц/га, после озимой ржи — 171—185, после ячменя в севообороте — 108—112, в бессменных посевах — 99—105 ц/га. Запашка такого количества зеленой массы соответствует дополнительной запашке 22,9—12,0 ц абсолютно сухой органической массы на 1 га или 8—15 т навоза крупного рогатого скота. Однако положительное действие пожнивного сидерата заключается не только в обогащении почвы органикой. Он выполняет также важную экологическую роль, улучшая биологические свойства почвы — повышает ее биологическую активность, усиливает развитие сапротитной микрофлоры, среди которой много антагонистов возбудителей болезней зерновых культур и картофеля. При этом снижается развитие корневых гнилей на зерновых культурах и улучшается фитосанитарное состояние посевов благодаря сокращению их засоренности.

Анализ гумусового режима почвы через 12 лет после закладки опыта показал, что во всех изучаемых вариантах содержание гумуса в почве было несколько выше исходного. Однако в первую ротацию севооборота (1980—1986 гг.) произошло снижение содержания гумуса как в

целом в слое почвы 0—40 см, так и по слоям 0—20 и 20—40 см. Это связано с тем, что в указанные годы в основном был получен эффект от использования только одних минеральных удобрений, а во вторую ротацию (1987—1992 гг.) начал проявляться накопительный эффект от длительного использования пожнивной горчицы на зеленое удобрение и соломы, которая к тому же запахивалась в значительно большем количестве.

Насыщение полевого севооборота зерновыми культурами до 67 и 83% без посевов многолетних трав (II и III севообороты) приводило к снижению содержания гумуса в слое 0—40 см 0,49 в плодосменном севообороте до 0,31 и 0,42% соответственно. В IV севообороте (NPK + ПС) прирост составил 0,29, а в V (NPK + ПС + С) — 0,48%, т.е. был почти таким же, как в плодосменном севообороте. Аналогичная динамика содержания гумуса в почве наблюдалась и при бессменных посевах ячменя [5].

Известно, что процессы гумусообразования тесно связаны с активностью фермента полифенолоксидазы. По имеющимся данным [5], применение горчицы в качестве пожнивного сидерата в специализированном зерновом севообороте повышало активность этого фермента на 13%, а совместная запашка сидерата и соломы — на 16—29%. Подобная закономерность отмечена и в бессменных посевах ячменя.

Важным показателем азотного обмена в системе почва — растение служит активность таких ферментов, как протеаза и уреазы. Исследования показали [5], что в

почве под ячменем в период всходы — кушение их активность при запашке пожнивного сидерата отдельно и в сочетании с соломой возросла соответственно на 6—11 и 8—36%. Образование повышенного количества мочевины как продукта распада служит дополнительным источником накопления доступных для растений форм азота, улучшающих баланс азота в почве специализированного зернового севооборота. Представление о размерах мобилизации почвенного минерального азота дает показатель нитрификационной способности почвы. Согласно результатам проведенного нами анализа, при запашке поживной горчицы на зеленое удобрение нитрификационная способность возросла с 32,4 до 47,8 мг на 1 кг почвы, или почти в 1,5 раза.

Как показывают литературные данные и наши исследования, даже при самых высоких дозах азотных удобрений на долю азота почвы в общем его выносе приходится 60% и больше. По данным Р.Ю. Асхабова за 1982—1984 гг. [1], в варианте с запашкой зеленой массы горчицы коэффициент использования азота минеральных удобрений ячменем при бессменном возделывании повысился на 44,1%, овсом — на 19,9%, в варианте совместного применения сидерата и соломы — соответственно на 83,9 и 20,7%. В IV севообороте (83% зерновых культур + NPK + ПС) значение коэффициента увеличилось для ячменя и овса на 12,9 и 36,2%, а в V севообороте (NPK + ПС + С) — соответственно на 22,0 и 69,1%. Помимо повышения коэффициента использования азота минеральных удобрений, рассматрива-

емые приемы, особенно совместное применение поживной сидерации и удобрения соломой, увеличивали закрепление азота в почве, что обеспечило снижение непронизительных потерь азота из почвы, например, в последнем случае при бессменном возделывании ячменя на 60,1%, овса — на 27,8, в севообороте — соответственно на 43,1 и 35,3% [1].

При увеличении доли зерновых в севооборотах с 50 до 83% наблюдалось снижение биологической активности почвы, определяемой по скорости разложения льняного полотна, в посевах ячменя — с 61,0 до 56,3%, в посевах овса — с 57,9 до 55,1%. Однако при тех же 83% зерновых в вариантах с поживным сидератом биологическая активность почвы в посевах ячменя и овса увеличивалась. Так, под овсом она находилась на уровне данного показателя в плодосменном севообороте с 50% зерновых без включения поживного сидерата. Дополнительная запашка соломы еще более усиливала биологическую активность в пахотном слое почвы: под овсом ее значения были выше, чем в плодосменном севообороте, а под ячменем — несколько ниже.

В бессменных посевах ячменя активность целлюлозоразлагающих бактерий в вариантах с удобрениями возросла на 15—18% по сравнению с контролем (без удобрений).

Возделывание и запашка поживного зеленого удобрения ускоряют процессы разложения растительных остатков в почве — основного субстрата, на котором поселяются грибы рода *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Alternaria* и др., являющиеся возбудителями корневых гнилей. При этом в не-

сколько раз увеличивается численность грибов рода *Trichoderma*, которые являются антагонистами возбудителей корневых гнилей зерновых культур.

В III полевом севообороте с 83% зерновых заболеваемость растений ячменя и озимой пшеницы корневыми гнилями в среднем за 3 года была выше, чем в I севообороте с 50% зерновых, соответственно на 9,6 и 16%, а развитие болезни — на 6,7 и 7,9%. При заашке пожнивной горчицы распространение и развитие данной болезни у этих культур снизилось на 7,6 и 4,0%, а

при дополнительной заашке соломы больший положительный эффект проявился лишь в последствии — на второй культуре — озимой пшенице, в посевах которой количество больных растений сократилось еще на 5,9% (табл. 1).

В бессменных посевах ячменя без удобрений отмечено наибольшее развитие корневых гнилей на растениях. Внесение NPK снизило поражение растений в таком посеве на 7,0%, а развитие болезни — на 4,0%. Заашка горчицы в чистом виде и в сочетании с соломой не оказала заметного

Таблица 1

**Развитие корневых гнилей на зерновых культурах в специализированном севообороте и в бессменных посевах (в среднем за 3 года — 1991, 1992, 1995)**

| Условия возделывания             | Количество больных растений, % |            | Развитие болезни, % |            |
|----------------------------------|--------------------------------|------------|---------------------|------------|
|                                  | ячмень                         | оз.пшеница | ячмень              | оз.пшеница |
| <b>Севообороты:</b>              |                                |            |                     |            |
| I — NPK                          | 54,7                           | 44,2       | 17,2                | 14,6       |
| II — NPK                         | 53,7                           | 40,2       | 19,1                | 14,4       |
| III — NPK                        | 64,3                           | 57,2       | 23,6                | 22,5       |
| IV — NPK + ПС                    | 56,7                           | 55,2       | 19,6                | 20,0       |
| V — NPK + ПС + С                 | 55,8                           | 49,3       | 21,6                | 18,7       |
| <b>Бессменные посева ячменя:</b> |                                |            |                     |            |
| 1 — без удобрений                | 64,7                           | —          | 25,5                | —          |
| 2 — NPK                          | 57,7                           | —          | 21,5                | —          |
| 3 — NPK + ПС                     | 60,3                           | —          | 19,9                | —          |
| 4 — NPK + ПС + С                 | 63,0                           | —          | 24,3                | —          |

положительного влияния на уровень развития корневых гнилей в бессменных посевах ячменя, что связано в основном с малым количеством выращенной и заашанной зеленой массы пожнивного сидерата.

Введение в специализированный зерновой севооборот пожнивных культур позволяет вос-

полнить утраченный элемент плодосмена, особенно при использовании их на зеленое удобрение.

Возделывание и заашка пожнивного сидерата в чистом виде или в сочетании с соломой положительно сказывались на росте и развитии полевых культур, повышая их конкурентоспособность по

отношению к сорнякам. Масса сорных растений при этом оказалась на 40—70% выше, чем в таком же севообороте, но без сидерата. Отмечено также снижение потенциальной засоренности почвы семенами сорняков на 11—20%.

Исследования, проведенные в 1991—1995 гг., показали, что при увеличении доли посевов зерновых колосовых культур в севообороте с 50 до 83% продуктивность снизилась: ячменя — на 15,5, овса — на 5,9, озимой ржи — на 18,6% (табл. 2). Однако при возделывании и запашке пожнивного сидерата (горчицы) в V севообороте (с той же площадью зерновых) урожайность первых после сидерата культур — ячменя и овса — в среднем увеличилась на 11,3 и 9,8%, последующих — озимых пшеницы и ржи — на 8,3 и

8,2%. Дополнительная запашка соломы на фоне сидерата в данном севообороте давала практически такой же эффект, как один сидерат, на первых культурах и заметно больший — на последующих. При этом суммарный эффект от дополнительной заделки соломы по сравнению с одним сидератом по 4 зерновым культурам за 1991—1995 гг. составил 7,8 ц/га, или 5,1%.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что благодаря применению пожнивного сидерата в чистом виде или в сочетании с соломой удается выращивать в узкоспециализированном севообороте с 83% зерновых практически такие же урожаи, как и в плодосменном севообороте с 56% зерновых, но без применения сидерата и соломы.

Расширение в севообороте пло-

Т а б л и ц а 2

Урожайность зерновых культур (ц/га) в среднем за 1991—1995 гг. (числитель) и 1981—1995 гг. (знаменатель)

| Условия возделывания | Ячмень | Овес | Оз.пшеница | Оз.рожь |
|----------------------|--------|------|------------|---------|
| I — НРК              | 33,6   | 30,5 | 42,7       | —       |
|                      | 36,9   | 32,0 | 43,5       | —       |
| II — НРК             | 32,1   | 33,6 | 50,4       | 47,8    |
|                      | 34,1   | 35,0 | 45,7       | 44,4    |
| III — НРК            | 28,4   | 28,7 | 43,5       | 38,9    |
|                      | 33,0   | 30,8 | 39,0       | 39,0    |
| IV — НРК + ПС        | 31,6   | 31,5 | 47,1       | 42,1    |
|                      | 35,4   | 33,1 | 42,4       | 41,5    |
| V — НРК + ПС + С     | 31,5   | 30,5 | 49,4       | 48,7    |
|                      | 36,3   | 32,9 | 43,2       | 43,9    |

щади зерновых с 50 до 83% привело к увеличению выхода зерна с 1 га пашни в среднем за 5 лет (1991—1995) на 7,9 ц (42,3%), а за 15 (1981—1995) — на 7,8 ц

(41,1%), но снизило их общую продуктивность по кормовым и зерновым единицам. Так, продуктивность пашни в кормовых единицах в среднем за 5 лет сократил-

лась на 11,1%, а за 15 лет — на 21,8%.

В IV и V севооборотах выход зерна с 1 га пашни в среднем был на 10—14% выше, чем в III севообороте. В целом же продуктивность этих севооборотов оказалась несколько ниже, чем плодосменного (в среднем за 5 лет в расчете на 1 га в кормовых единицах она составила соответственно 51,2 ц, 51,4 и 53,1 ц, за 15 лет — 51,9, 52,3 и 57,6 ц; в зерновых единицах — соответственно 40,7, 40,3 и 45,3 и 41,9, 44,6 и 53,4 ц.

При насыщении полевого севооборота зерновыми культурами с 50 до 83% стоимость валовой продукции с 1 га севооборотной площади снизилась на 3,5%, чистый доход — на 56,1%, рентабельность — с 50,5 до 18,0%. В IV севообороте за счет роста урожайности по сравнению с ее уровнем в III севообороте стоимость валовой продукции возросла на 14,4%, чистый доход — на 22,9%, а в V севообороте — на 15,0 и 27,2%.

Энергетическая ценность продукции, полученной в III севообороте, была на 53,1% выше, чем в I. В IV и V севооборотах значение этого показателя увеличилось еще соответственно на 8,5 и 16,5%. Следовательно, изменяя структуру посевов в севообороте, вводя в него промежуточные культуры на зеленое удобрение и используя солому в качестве удобрения, можно целенаправленно управлять биологическими факторами плодородия почвы, обеспечить повышение урожайности культур и продуктивности севооборотов без нарушения экологического баланса.

Насыщение полевого севооборота зерновыми колосовыми до 83%, а также длительное исполь-

зование пожнивного зеленого удобрения отдельно и в сочетании с удобрением соломой, как показали исследования, проведенные на кафедре технологии хранения и переработки продукции растениеводства ТСХА [3], не приводят к значительному изменению физико-химических показателей качества озимой пшеницы, а при систематической запашке пожнивного зеленого удобрения и особенно при ее сочетании с удобрением соломой заметно улучшаются хлебопекарные качества муки озимой пшеницы.

### Выводы

1. Возделывание в течение 12 лет многолетних трав в плодосменном севообороте способствовало увеличению запасов гумуса в почве (+0,58%). При насыщении севооборота зерновыми до 83% рост запасов гумуса сократился. Пожнивное зеленое удобрение в чистом виде и в сочетании с удобрением соломой в этом севообороте обеспечило некоторое повышение значения этого показателя (+0,36%).

2. В условиях Московской области на дерново-подзолистых почвах в пожнивный период возможно получение высоких урожаев горчицы белой. Хорошими предшественниками для нее оказались озимые зерновые, удовлетворительными — ячмень.

3. Возделывание и запашка пожнивного сидерата (горчицы) отдельно и в сочетании с удобрением соломой в специализированном зерновом севообороте повысили активность фермента полифенолоксидазы соответственно на 13 и 16—29%; увеличили коэффициент использования азота

удобрений ячменем на 12,9 и 22,0%, овсом — на 36,2 и 69,1%.

4. Запашка пожнивной горчицы положительно влияла на фитосанитарное состояние посевов. Распространение и развитие корневых гнилей в посевах снизилось на 7,6 и на 4,0%. Эффект дополнительной заправки соломы проявился лишь в последствии на второй культуре — озимой пшенице, в посевах которой количество больных растений снизилось еще на 5,9%.

Применение сидерата и удобрение соломой обеспечили повышение конкурентоспособности культурных растений по отношению к сорнякам, масса которых в IV и V севооборотах была на 40—70% ниже, чем в таком же севообороте, но без сидерата. Отмечено также снижение потенциальной засоренности почвы семенами сорняков на 11—20%.

5. В IV севообороте урожайность первых после сидерата культур — ячменя и овса — в среднем была на 11,3 и 9,8% выше, чем в III севообороте, последующих культур — озимых пшеницы и ржи — на 8,3 и 8,2%. В V севообороте эффект удобрения соломой проявился только на озимых ржи и пшеницы.

6. Использование поживного сидерата в чистом виде и в сочетании с соломой повышало выход зерна с 1 га пашни в среднем на 10—14%. В целом же продуктивность узкоспециализированного зернового севооборота с сидератом и соломой была несколько ниже, чем плодосменного.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асхабов Р.Ю. Влияние поживного сидерата и удобрения

соломой на баланс азота и продуктивность зерновых севооборотов в Центральном районе Нечерноземной зоны. — Канд. дис. М.: МСХА, 1985. — 2. Воробьев С.А., Иванов Ю.Д. Урожайность зерновых культур и плодородие почвы в специализированных севооборотах при использовании зеленого удобрения. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 6, с. 3—13. — 3. Личко Н.М., Лошаков В.Г., Бебеев М.Ш., Пермязова Н.Н. Качество зерна озимой пшеницы в специализированных зерновых севооборотах. — Тез. докл. на II Всероссийской науч.-теор. конф. «Прогрессивные безопасные технологии хранения и комплексной переработки с.-х. продукции для создания продуктов питания и повышения пищевой и биологической ценности» 1—4 октября 1996 г. Углич, РАСХН, 1996, ч. 1, с. 367—368. — 4. Лошаков В.Г., Майорова Н.П. Продуктивность пашни в плодосменном севообороте с промежуточными культурами. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 32—41. — 5. Лошаков В.Г., Иванова С.Ф., Челдаева А.Ф. Ферментативная активность дерново-подзолистой почвы и урожайность зерновых культур в специализированных севооборотах при использовании зеленого удобрения. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 6, с. 3—13. — 6. Синих Ю.Н. Влияние длительного применения зеленого удобрения на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность зерновых севооборотов. — Автореф. канд. дис. М.: МСХА, 1995.

Статья поступила 25 февраля  
1997 г.