



ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.517:630*114.442.1

БИО- И ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

П. Н. Гришин, П. В. Тарасенко, А. В. Уваров

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова
E-mail: kaf-zem@mail.ru

Обосновывается вывод о том, что солома с азотными удобрениями и сидераты улучшают плодородие чернозема выщелоченного и повышают урожайность яровой пшеницы. Для снижения антропогенной нагрузки на почву рекомендуется использовать мульчирующую обработку почвы.

Ключевые слова: биологизация земледелия; мульчирующая обработка почвы; выщелоченный чернозем; плодородие почвы.

**Bio- and Phytomelioration as a Way to Improve
the Environmental Meliorative Status of Black Soil
of the Tambov Region**

P. N. Grishin, P. V. Tarasenko, A. V. Uvarov

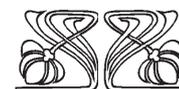
The conclusion that implementation of straw with nitrogenous fertilizers and green manure improve the leached black soil fertility and raise the yields of spring wheat is justified. For reducing anthropogenic pressure on soil the usage of mulching soil processing is recommended.

Key words: agricultur biologization, mulching soil processing, leached black soil, soil fertility.

Снижение плодородия черноземов происходит в результате физических, биологических, физико-химических и минералогических процессов. Однако основной причиной снижения плодородия черноземов является длительное применение вспашки, которая иссушает, усиливает процессы окисления и ускоряет темпы снижения содержания гумуса в почве.

Отечественный и мировой опыт [1–7] показывает, что снижение техногенных нагрузок на почву и усиление факторов биологизации не только стабилизирует эколого-мелиоративное состояние агроландшафтов, но и обеспечивает дальнейший прогресс земледелия. В связи с этим очевидна необходимость разработки системы мероприятий, позволяющих на фоне разумного сочетания биологических и техногенно-химических операций найти компромисс между экономикой и экологией.

В настоящее время весьма актуальны исследования комплексной мелиорации оптимизирующей почвенное плодородие за счет использования сидератов из многолетних бобовых трав, соломы зерновых злаков, эффективных биопрепаратов и целесообразной обработки почвы. Из биопрепаратов определенный интерес вызывает применение ассоциативных комплексных бактерий, позволяющих



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





уменьшить антропогенную нагрузку на почву за счет снижения потребности в химических средствах защиты растений и азотных удобрениях.

Целью наших исследований было совершенствование приемов биологизации земледелия, направленных на улучшение эколого-мелиоративного состояния черноземов в лесостепной зоне.

В задачу исследований входили:

- оценка влияния звеньев севооборота с чистым и сидеральным паром (клевер красный) на поступление органического вещества в почву и баланс гумуса;

- определение изменения агрофизических свойств чернозема под воздействием многолетних бобовых трав и способов заделки в почву соломы и сидератов;

- изучение влияния приемов биологизации земледелия на водный режим почвы и мелиоративное состояние чернозема выщелоченного;

- выявление динамики почвенной биоты в зависимости от количества и способов заделки в почву растительных остатков в звеньях севооборота с чистым и сидеральным паром;

- оценка влияния звеньев севооборота с чистым и сидеральным паром, поверхностной (мульчирующей) и отвальной обработки почвы, соломенного и бессоломенного фона, биопрепарата Бисолби-Сана и азотных удобрений на изменение продуктивности яровой пшеницы.

Материалы и методы проведения исследований

Экспериментальная работа выполнялась в 2006–2008 гг. в ООО «Агрехимальянс» в Кирсановском районе Тамбовской области.

Климат зоны исследований – умеренно-теплый, влажный (ГТК = 1.0–0.9). По метеорологическим условиям 2006, 2008 гг. исследований характеризовались как влажные, 2007 г. – среднезасушливый.

Почвы – черноземы выщелоченные тяжело-суглинистые, слабокислые (рН = 5.4). Содержание гумуса – 6–7%, фосфора – 102 мг/кг, калия – 117 мг/кг. Мелиоративное состояние – удовлетворительное (ослаблена устойчивость коллоидного комплекса, снижено содержание агрономически ценных и водопрочных агрегатов).

Трехфакторный полевой опыт закладывался на плакорно-равнинном агроландшафте методом расщепленных делянок по методике Б. А. Доспехова (1985) в четырехкратной повторности.

Схема опыта (табл. 1) включала в себя исследование влияния двух освоенных звеньев севооборота (начало освоения 2003 г.) на почвенное плодородие и урожайность яровой пшеницы (Фактор А). Рассматривалось паровое звено (чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница) и звено севооборота с сидеральным паром (сидеральный пар – озимая пшеница – яровая пшеница с подсевом клевера).

Таблица 1

Схема полевого опыта

Звено севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрение (Фактор С)
С чистым паром (пар – озимая пшеница – яровая пшеница)	Вспашка	Контроль (б/у) Солома (фон) Фон + N30+30 Фон + N30+ Бисолби-Сан
	Мульчирующая обработка	Контроль (б/у) Солома (фон) Фон + N30+30 Фон + N30+ Бисолби-Сан
С сидеральным паром (сидеральный пар – озимая пшеница – яровая пшеница с подсевом клевера)	Вспашка	Контроль (б/у) Солома (фон) Фон + N30+30 Фон + N30+ Бисолби-Сан
	Мульчирующая обработка	Контроль (б/у) Солома (фон) Фон + N30+30 Фон + N30+ Бисолби-Сан

На фоне двух звеньев севооборота испытывались отвальная вспашка и мульчирующая обработка почвы (Фактор В). На каждом фоне обработки почвы изучалось влияние соломы, внесенной отдельно или совместно с минеральными и бактериальными удобрениями (Фактор С).

Испытывалось 4 варианта: 1) Контроль (б/у); 2) Солома (фон); 3) Фон + N30 + 30; 4) Фон + N30 + Бисолби-Сан. Площадь делянок первого порядка (звенья севооборота) составила 960 м², второго порядка (обработка почвы) – 480 м², третьего порядка (удобрение) – 120 м² (10 × 12 м). Расположение делянок – систематическое.



Исследования проводились согласно общепринятым методикам (И. Б. Ревут, 1964; А. А. Роде, 1970; Б. А. Доспехов, 1985).

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом по методике А. А. Роде (1962) в трехкратной повторности до глубины 1.5 м (в начале и в конце вегетации пшеницы) и до 1 м (по фазам ее роста) через каждые 10 см. Суммарное водопотребление определяли методом водного баланса.

Плотность почвы находили путем отбора образцов в естественном сложении в 3-кратной повторности методом режущего кольца буром Н. А. Качинского до глубины 0.5 м через каждые 10 см.

Строение пахотного слоя (общая, капиллярная, некапиллярная порозность) и наименьшую влагоемкость (НВ) определяли методом насыщения в цилиндрах. Агрегатный анализ почвы проводили по методу Н. И. Савинова. Для учета количества пожнивно-корневых остатков применяли способ рамочной выемки почвы по Н. З. Станкову (1964).

Почвенные образцы обрабатывались по следующим методикам. Гумус – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91). Подвижный фосфор и обменный калий – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91). Щелочногидролизующий азот – по методу Корнфилда (ГОСТ 26204-91), рН (солевое) – потенциметрически (ГОСТ 26483). Гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-91) и сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – по методу Каппена. При анализе почвенных образцов определяли следующие группы микроорганизмов: общее количество мезофильных аэробов и факультативных анаэробов (среда МАФАиМ), азотобактер (среда Эшби), грибы (среда САБУРО), споры (среда МПА).

Урожай учитывался методом сплошной уборки делянок. Урожайные данные подвергались математической обработке методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов по Б. А. Доспехову (1985).

Оценку качества зерна проводили в соответствии со стандартами: натура – ГОСТ 10849-64; масса 1000 зерен – ГОСТ 10987-76; массовая доля клейковины – ГОСТ 13586.1-68; качество клейковины ГОСТ 13586.1-68.

Агротехника возделывания озимой пшеницы (Московская 39) и яровой пшеницы (Эстер) на вариантах с вспашкой была общепринятой для лесостепной зоны. Особенность мульчирующей обработки почвы заключалась в использовании тяжелых дисковых орудий (БДМК-6х4П) и применении культиваторов.

Результаты и их обсуждение

Как показали исследования, при уборке озимой пшеницы на 1 гектар пашни поступало 13–15 т, яровой пшеницы – 10–11 т абс. сухих растительных остатков. Заделка в почву бобовых сидератов дополнительно повышала количество сухого вещества на 14 т. В паровом звене севооборота общая биомасса растительных остатков достигала 23–25 т/га (7–8 т/га в год), в звене севооборота с сидеральным паром – 38–42 т/га (13–14 т/га в год). Уборка соломы с поля уменьшала обеспеченность почвы органическим веществом соответственно в 2.4 и в 1.7 раза (до 3 и 8 т/га в год).

Запашка соломы (в 2003, 2004, 2005, 2007 гг.) и внесение N60 в почву в паровом звене севооборота сокращало отрицательный баланс гумуса до – 0.08 т/га, а в звене севооборота с сидеральным паром увеличивала положительный баланс гумусообразования до + 0.91 т/га в год.

Мульчирующая обработка почвы снижала минерализацию гумуса относительно вспашки на 3–9% и повышала его новообразование на 5–7%. Поэтому при поверхностной обработке ежегодный баланс гумуса был на 0.2–0.9 т/га выше, чем при вспашке. Био- и фитомелиоранты повысили содержание в почве щелочногидролизующего азота на 21–28%, подвижного фосфора – на 8–12%, обменного калия – на 6–11% (табл. 2).

Мульчирующая обработка в сравнение с вспашкой снизила обеспеченность чернозема азотом на 11–12%, способствовала подкислению почвенного раствора на 0.1 – 0.2 ед. рН, повысила гидролитическую кислотность на 0.8–0.9 мг.-экв./100 г. почвы, уменьшила степень насыщенности основаниями на 4–13%, но при этом увеличивала гумусированность почвы на 0.03%.

Био- и фитомелиорация стимулировала биологическую активность почвы. На их фоне количество дождевых червей увеличилось на 9–14%, общее число микроорганизмов – на 12–13%, обеспеченность почвы азотобактером – на 36–43% (отн. знач.), грибная микрофлора – в 1.6–3.2 раза, число спор – в 1.4– 1.6 раза.

На фоне мульчирующей обработки почвы, по сравнению с вспашкой, отмечено превышение количества дождевых червей на 6%, общего числа микроорганизмов – на 2.8%, количества грибов – в 3.2, спор – в 1.6 раза, но при этом зафиксировано снижение обеспеченности почвы азотобактером на 40% (отн. знач.).

Солома и сидераты разуплотнили 0–30 см слой почвы: при вспашке на 0.09 г/см³, при мульчирующей обработке почвы – на 0.07 г/см³, увеличили содержание агрономически ценных (0.25–10.0 мм) почвенных агрегатов на 5–6%



Таблица 2

Влияние приемов биологизации земледелия на показатели плодородия чернозема выщелоченного (слой 0–0.3 м), 2005–2008 гг.

Звено севооборота (Фактор А)	Варианты		Щелочно-гидролизуемый азот, мг/кг	Подвижные формы, мг/кг		Гумус, %	рН (КСИ)	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований
	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрение (Фактор С)		фосфора	калия				
С чистым паром (2008 г.)	Залежь (2005 г.)		194.1	217	473	8.40	5.8	3.35	46.0
	Пашня (2005 г.)		159.4	124	148	7.75	5.1	5.85	48.2
	Вспашка	Контроль (б/у)	147.6	121	140	7.68	5.0	5.90	45.5
		Солома +N60	178.4	131	148	7.75	5.2	5.87	48.4
	Мульчирующая обработка	Контроль (б/у)	129.9	119	139	7.70	5.0	6.70	44.6
		Солома +N60	158.3	130	151	7.77	4.9	6.74	45.1
С сидеральным паром (2008 г.)	Вспашка	Контроль (б/у)	165.2	126	146	7.73	5.2	5.74	47.6
		Солома +N60	188.1	139	169	7.80	5.2	5.82	48.7
	Мульчирующая обработка	Контроль (б/у)	146.5	128	147	7.75	4.9	6.61	44.1
		Солома +N60	166.0	136	156	7.83	4.9	6.79	40.6
	НСР ₀₅ (Фактор А)		2.2	3.9	4.0	0.038	0.04	0.13	0.60
	НСР ₀₅ (Фактор В)		3.1	5.5	5.7	0.054	0.05	0.18	0.86
НСР ₀₅ (Фактор С)		4.4	7.7	8.1	0.076	0.18	0.25	1.20	



(абс. знач.), повысили степень их водопрочности на 7–20% (относ. знач.), улучшили показатели коэффициента структурности почвы на 11–26%.

При этом возросла общая порозность (за счет капиллярной и некапиллярной пористости) на 5–7% (относ. знач.) и наименьшая влагоемкость – на 3.5–3.7 мм.

В среднем за период исследований, перед посевом яровой пшеницы, влажность 0–1.5 м слоя почвы на контрольном варианте (без соломы) в звеньях севооборота с чистым и занятым паром на фоне вспашки находилась в пределах 94.3–95.6% НВ (550.4–557.9 мм), на фоне мульчирующей обработки почвы – 95.8–97.5% НВ (559.0–568.2 мм).

Запашка в почву измельченной соломы после уборки озимой пшеницы в звене севооборота с сидеральным паром увеличивала влажность 0–1.5 м слоя почвы на 1.3–2.6% НВ (на 7.3–14.8 мм), поверхностная заделка соломы – на 1.5–3.2% НВ (10.0–18.8 мм).

Взаимосвязь улучшения водного режима и структурного состояния черноземов от применения фито- и биомелиорации подтверждается корреляционной зависимостью ($r = 0,92$) весеннего содержания влаги в почве от степени водопрочности почвенных агрегатов и выражается в виде уравнения регрессии:

$$y = 0.0776 x^2 - 10.476 x + 722.7$$

($r^2 = 0.84$; $t_{\phi} = 5.7$; $t_m = 2.3$), где: y – общий запас влаги в 0–1.0 м слое, мм; x – степень водопрочности агрегатов, $x = 68$ –84%.

Заделка соломы в поверхностные слои почвы способствовала более высокой (на 8–18 мм выше) обеспеченности посевов почвенными влагозапасами в течение вегетации, чем ее запашка (выше всего лишь на 4–14 мм).

Суммарное водопотребление пшеницы на контроле (б/у) при вспашке составило 415 мм, в том числе из почвы – 239 мм и из осадков – 176 мм. Поверхностная заделка в почву соломы и сидератов повысила влагообеспеченность почвы, в результате чего водопотребление яровой пшеницы увеличилось на 2%.

Наибольший коэффициент водопотребления яровой пшеницы был на контроле (б/у) в звене севооборота с чистым паром. На фоне вспашки он составил 924 м³/т, при мульчирующей обработке почвы – 955 м³/т. Наименьший коэффициент водопотребления отмечен при заделке в почву соломы и азотных удобрений (N₆₀) в звене с сидеральным паром – 738 и 778 м³/т.

Наилучшие показатели структуры урожая яровой пшеницы были на вариантах с соломой, азотными удобрениями и биопрепаратом (N30+30, N30+ Бисолби-Сан) в звене севооборота с сидеральным паром (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от приемов биологизации земледелия

Варианты			Урожайность, т/га			
Звено севооборота (Фактор А)	Обработка почвы (Фактор В)	Удобрение (Фактор С)	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее
С чистым паром	Вспашка	Контроль (б/у)	4,58	3,82	5,11	4,50
		Солома	4,77	4,03	5,41	4,74
		Солома + N30+30	5,25	4,38	6,05	5,23
		Солома +N30+Бисолби-Сан	5,16	4,35	5,88	5,13
	Мульчирующая обработка	Контроль (б/у)	4,31	3,79	4,96	4,35
		Солома	4,56	4,29	4,98	4,61
		Солома +N30+30	5,01	4,42	5,39	4,94
		Солома +N30+Бисолби-Сан	4,97	4,38	5,34	4,90
С сидеральным паром	Вспашка	Контроль (б/у)	4,76	4,09	5,41	4,72
		Солома	5,03	4,41	5,81	5,08
		Солома +N30+30	5,52	4,91	6,50	5,64
		Солома +N30+Бисолби-Сан	5,44	4,83	6,25	5,51
	Мульчирующая обработка	Контроль (б/у)	4,59	4,03	5,25	4,62
		Солома	4,89	4,46	5,46	4,94
		Солома +N30+30	5,32	4,86	6,16	5,45
		Солома +N30+Бисолби-Сан	5,28	4,80	6,05	5,38
НСР ₀₅ (А)			0,06	0,04	0,04	0,05
НСР ₀₅ (В)			0,04	0,03	0,03	0,03
НСР ₀₅ (С)			0,09	0,06	0,05	0,07



На этих вариантах, по сравнению с контролем (б/у) звена севооборота с чистым паром, было отмечено повышение коэффициента продуктивного кушения с 1.26 до 1.37–1.39, увеличение числа зерен в колосе с 26.3 до 28.7–29.2 шт., возрастание общей массы зерна с одного колоса с 1.03 до 1.13–1.16 г и массы 1000 зерен – с 38.5–39.1 до 39.4–39.6 г.

Снижение урожайности зерна при мульчирующей обработке почвы, относительно вспашки, произошло за счет уменьшения общего (на 22–54 шт./м²) и продуктивного (на 14–34 шт./м²) стеблестоя.

На контроле (б/у) в паровом звене севооборота урожайность зерна яровой пшеницы не превышала 4.35–4.50 т/га. Удобрение почвы соломой повысило урожайность зерна на 5–8%. Максимальная урожайность зерна (5.45–5.64 т/га) была достигнута в звене севооборота с сидеральным паром при совместном внесении соломы и N30+30. Использование половинной дозы азотных удобрений (N30) и биопрепарата Бисолби-Сан на удобренном соломой фоне незначительно (на 1–3%) уступало по урожайности вариантам с полной дозой удобрений (N30+30).

На фоне мульчирующей обработки почвы урожайность зерна была на 0.1–0.3 т/га (2–6%) ниже, чем при вспашке.

Выводы. Сохранение плодородия и повышение эффективности использования черноземов достигается биологизацией земледелия, включающей в себя комплекс мелиоративных приемов: биомелиорацию (внесение соломы с азотными удобрениями), фитомелиорацию (многолетние фитоценозы с азотонакопителями), зоомелиорацию (инокуляция семян бактериями азотфиксаторами симбиотической и ассоциативной формы) и минимализацию обработки почвы.

Уборка озимой и яровой пшеницы комбайнами, оборудованными измельчителями, биомелиорирует каждый гектар черноземов высокоуглеродистой соломой. Пар, занятый клевером красным в качестве сидерата, усиливает био-, фитомелиорирующий эффект и в сочетании с измельченной соломой в 4 раза повышает обеспеченность почвы качественным органическим веществом.

Запашка соломы и внесение N60 в почву в звене севооборота с чистым паром сокращает отрицательный баланс гумуса, а в звене с сидеральным паром увеличивает положительный баланс гумусообразования. Мульчирующая обработка почвы снижает минерализацию гумуса относительно вспашки на 3–9% и повышает его новообразование на 5–7%.

Солома с N60 и сидеральные удобрения улучшают питательный режим, водно-физические свойства почвы и стимулируют в ней биологическую активность. Применение биопрепарата Бисолби-Сана при инокуляции семян (1л/т) с дополнительной обработкой посевов зерновых злаков (1–2 л/га) в фазу кушения снижает потребность в азоте на 26–28 кг д. в./га.

Био- и фитомелиорация в сочетании с азотными удобрениями и биопрепаратом Бисолби-Саном повышают продуктивность яровой пшеницы на 22–24%.

Поверхностный (мульчирующий) способ заделки растительных остатков менее эффективен (на 2–6%), чем вспашка. Однако эколого-мелиоративное значение мульчирующей обработки заметно выше вспашки на выпаханых полях с низким уровнем эффективного и потенциального плодородия почвы.

Список литературы

1. *Беляк В. Б.* Биологизация сельскохозяйственного производства (теория и практика). Пенза, 2008. С. 21.
2. *Денисов Е. П., Солодовников А. П., Денисов К. Е.* Эффективность комплексных мелиораций в Поволжье. Саратов, 2004. С. 70.
3. *Дерши Р.* Опыт Южной Америки : этапы реализации технологии прямого посева // Ресурсосберегающее земледелие. 2008. № 1. С. 6–9.
4. *Картамышев Н. И., Приходько В. Ю.* Как преодолеть упадок земледелия // Земледелие. 2003. № 5. С. 21–22.
5. *Картамышев Н. И.* Критика современной теории гумусообразования // Земледелие. 2002. № 5. С. 38–40.
6. *Каиштанов А. Н.* Земледелие. М., 2008. 685 с. ; *Кирюшин В. И.* Минимализация обработки почвы : перспективы и противоречия // Земледелие. 2006. № 5. С. 12–14.
7. *Кирюшин В. И.* Экологические основы земледелия. М., 1996. С. 123.