

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ
И ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ
ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ПРИЁМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ
И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ**

Храмцов И.Ф., Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф.

*Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
СО Россельхозакадемии, Омск, Россия (644012, г. Омск, пр. Королева, 26), e-mail: voronkova.67@bk.ru*

Исследованиями в длительных стационарных опытах на чернозёмной почве южной лесостепи Западной Сибири установлено, что оптимальное сочетание приёмов биологизации с рациональным использованием минеральных удобрений улучшает агрохимические свойства почвы, повышает продуктивность сельскохозяйственных культур и поддерживает экологическую безопасность агроценозов. Систематическое применение органоминеральных удобрений, а также включение в севооборот многолетних бобовых трав (50% люцерны) приводит к стабилизации содержания гумуса в почве, повышает резерв лабильного органического вещества на 0,27-0,48 т/га, увеличивает запасы продуктивной влаги в почве на 11-13%, обеспеченность растений нитратным азотом на 18-24% и численность агрономически полезной микрофлоры на 71%. За счет этого урожайность пшеницы, высеваемой по пласту люцерны, на 22% выше, чем урожайность этой же культуры, высеваемой по чистому пару. Продуктивность зернотравяного севооборота при длительном применении минеральных удобрений в комплексе с соломой увеличивается на 32%, окупаемость минеральных удобрений при этом составляет – 18,4 кг зер. ед.

Ключевые слова: биологизация, плодородие почвы, минеральные и органические удобрения, многолетние бобовые травы, биогенные элементы, гумус, биологическая активность почвы, агроценоз, продуктивность.

**CURRENT SITUATION OF THE SOIL FERTILITY AND AGROCENOSIS
PRODUCTIVITY AT LONG-TERM APPLICATION OF BIOLOGIZATION
TECHNIQUES AND CHEMICALIZATION COMPONENTS**

Hramtsov I.F., Voronkova N.A., Balabanova N.F.

*State Scientific Establishment Siberian Research Institute of Agriculture, Siberian Branch of the Russian Academy of
Agricultural Sciences, Omsk, Russia (644012, Omsk, Koroleva., 26), e-mail: voronkova.67@bk.ru*

Improvement of agrochemical soil properties, increasing of agricultural crops productivity and ecological safety at an optimal combination of biologization techniques and rational use of mineral fertilizers was revealed in the long-term stationary experiences on chernozem soil in southern forest-steppe of Western Siberia. Systematic application of organic-mineral fertilizers, and also including a perennial legume grasses in a crop rotation (50 % of a Lucerne) stabilizes the humus content, raises a labile organic reserve by 0,27-0,48 t/hectare, increases the productive moisture stocks in the soil by 11-13 %, the nitrate nitrogen supply - by 18-24 % and total quantity of useful microorganism - by 71 %. As a result the yield of wheat sowed after Lucerne is 22 % higher in comparing with the yield of the same culture sowed after bare fallow. Long-term application of mineral fertilizers together with straw increases a crop-grass rotation productivity by 32 %; the recouplement of mineral fertilizers is 18, 4 kg of grain.

Keywords: biologization, soil fertility, mineral and organic fertilizers, perennial legume grasses, biogenic elements, humus, biological activity of soil, agrocenosis, efficiency.

Введение

Устойчивое развитие земледелия, экономически эффективное и экологически безопасное функционирование сельскохозяйственного производства базируется на мерах по сохранению почвенного плодородия. Наряду с широким применением промышленных

средств химизации не менее важное значение в системах воспроизводства плодородия почв имеет использование биологических ресурсов [5; 6; 8; 9 и др.]. Использование известных и поиск новых приёмов биологической интенсификации земледелия не умаляет значимости рационального применения химико-техногенных факторов.

Особую актуальность в этой связи приобретают вопросы, связанные с изучением длительного применения агробиологических средств и приёмов в комплексе с рациональным применением минеральных удобрений на плодородие почвы, продуктивность сельскохозяйственных культур и экологическую сбалансированность агроценозов.

Методика исследований

Исследования проводились в 2009-2001 гг. на опытном поле лаборатории агрохимии ГНУ СибНИИСХ в южной лесостепной зоне Западной Сибири в стационарных опытах, заложенных на основе шестипольного зернотравяного (1986 г., закладки) и пятипольного зернопарового (1987 г., закладки) севооборотов. Чередование культур в севооборотах: люцерна 3-х лет использования – пшеница–пшеница–овес и пар–пшеница–soя–пшеница–ячмень соответственно. Севообороты развернуты во времени и в пространстве.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднemocный среднегумусный тяжелосуглинистый, исходное содержание подвижного фосфора среднее, обменного калия – очень высокое, величина рН_{сол} – 6,7, близкая к нейтральной.

Схемы опытов представлены в таблицах 1 и 2. Общая площадь делянок 160–200 м², учетная 36,0–51,2 м². Размещение делянок систематическое, повторность вариантов – 4-кратная.

В качестве удобрения использовали Naа, АФ и Кх. Фосфорные удобрения вносили весной до посева локально, сеялкой на глубину 6–8 см, аммиачную селитру и хлористый калий – вразброс под предпосевную культивацию. Подстилочный полуперепревший навоз (60 т/га) вносили осенью после уборки замыкающей культуры (овса) один раз за ротацию. Солому зерновых культур измельчали при уборке и оставляли в поле в количестве, соответствующем ее урожаю.

Погодные условия за период исследований были различные. В 2009 году за вегетационный период выпало 404 мм осадков при средней температуре воздуха 15,9 °С при норме 197 мм и t = 16,2 °С. Прохладная погода и влажные условия года спровоцировали распространение болезней, вторичное отрастание сорной растительности и в целом удлинение вегетационного периода, что отразилось на урожайности с.-х. культур. Вегетационный период 2010 года характеризовался резкими перепадами температур воздуха в сочетании с недобором осадков более чем на 40%, ГТК составила 0,55, отмечены явные проявления почвенной засухи. В 2011 году недобор осадков в сочетании с повышенной (на

0,3–1,7 °С выше нормы) температурой воздуха отмечался в первой половине вегетации. В июле–августе увлажнение было более благоприятным (119–121% осадков при ГТК 1,28–1,44). В итоге за вегетацию количество осадков и температура воздуха были почти близки к норме (203 мм и 16,2 °С).

Во всех полевых опытах применялась традиционная технология возделывания зерновых, кормовых и зернобобовых культур и соответствующая серийная почвообрабатывающая и посевная техника. Высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур.

Анализ почвы проводили стандартными агрохимическими методами [1]. Численность микроорганизмов учитывали на твердых питательных средах, согласно общепринятым методикам [2].

Результаты исследований обработаны статистическим методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Биологизация земледелия предусматривает совершенствование структуры посевных площадей, освоения плодосменных и других типов севооборотов с насыщением их многолетними бобовыми травами и использованием органических удобрений.

В условиях засушливого земледелия оптимизация водного режима представляется весьма сложной проблемой. Поиск путей более полного и рационального использования выпадающих осадков в условиях интенсификации земледелия имеет особую актуальность.

В системе севооборотов запасы продуктивной влаги в почве дифференцировались в зависимости не только от предшественников, но и вида и дозы удобрений. Весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, после люцерны летнего срока распашки, соответствовали хорошей обеспеченности (159 мм) и не уступали черному пару. На фонах длительного применения минеральных удобрений влагонакопление было значительно выше в сравнении с неудобренными вариантами, так как использование удобрений обеспечивает не только получение высоких урожаев, но и дополнительное поступление в почву органического вещества в виде пожнивных остатков, опада, что в свою очередь улучшает физические свойства и водный режим почвы. За счет ежегодного внесения измельченной соломы (в среднем 2,0 т/га севооборотной площади) в севообороте запасы продуктивной влаги в почве увеличивались на 6–12 мм. Наилучшие агрогидрологические условия складывались при органоминеральной системе удобрений, предусматривающей комплексное применение соломы и минеральных удобрений (N₁₀₋₁₅P₁₇₋₂₃₊ солома), влагозапасы при этом увеличиваются на 11–13% в сравнении с вариантом без удобрений.

В системе зернопарового севооборота длительное применение минеральных удобрений обеспечивает более экономный расход почвенной влаги, коэффициент водопотребления зерновых культур в этих вариантах на 11–17% ниже, чем в варианте без удобрений (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и соломы на водопотребление культур зернопарового севооборота, мм/т зерна, (2009-2011 гг.)

Внесено удобрений на 1 га севооборотной площади, кг д.в	Пшеница по пару	Ячмень
Без удобрений	149	165
N ₁₂ P ₁₈	133	141
N ₁₇ P ₃₄	136	137
N ₃₀ P ₅₄ K ₁₈	128	135
Без соломы	136	144
*Внесение соломы	128	135

* Норма соломы – 3,0 т/га.

Использование соломы снижает коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур на 8–11 мм за счет мульчирующего эффекта и улучшения агрофизических свойств почвы.

Исследования органического вещества почвы показали, что в севообороте, где 50% площади пашни занимают многолетние бобовые травы, содержание гумуса существенно не изменилось по сравнению с исходным (табл. 2). Действие минеральных удобрений на гумусообразование проявилось, начиная с первой ротации севооборота, прирост новообразованного органического вещества отмечался после каждой ротации и зависел от дозы минеральных удобрений.

Исследованиями установлено, что внесение навоза в зернотравяном севообороте является одним из значимых приёмов увеличения гумуса в почве. После третьей ротации севооборота содержание гумуса в варианте внесения навоза возросло на 0,26% в сравнении с исходным содержанием. Наибольший прирост гумуса был получен в варианте N₁₅P₂₃ + навоз, после третьей ротации севооборота содержание гумуса увеличилось в сравнении с исходным на 0,41%. Действие соломы на гумусовый режим почвы при внесении её в норме, не превышающей 2,0 т/га, не существенно. Применение соломы с минеральными удобрениями существенных изменений в накоплении гумуса в сравнении с вариантами внесения только минеральных удобрений не обеспечивало.

Таблица 2 – Содержание и запасы гумуса в слое почвы 0–20 см после третьей ротации зернотравяного севооборота в зависимости от минеральных удобрений, навоза и соломы, (2003–2008 гг.)

Вариант	Гумус, %	Запасы гумуса, т/га	Отклонение ±, %	
			от исходного	от контроля
Без удобрений	6,77	148,9	0,04	-
Солома	6,78	149,2	0,03	0,01
Навоз (10 т/га)	6,96	153,1	0,26	0,19
N ₁₀ P ₁₇	6,83	150,3	0,15	0,06
N ₁₀ P ₁₇ + солома	6,90	151,8	0,17	0,13
N ₁₀ P ₁₇ + навоз (10 т/га)	7,04	154,9	0,29	0,27
N ₁₅ P ₂₃	6,99	153,8	0,22	0,22
N ₁₅ P ₂₃ + солома	6,94	152,3	0,16	0,17
N ₁₅ P ₂₃ + навоз (10 т/га)	7,18	158,0	0,41	0,41
НСР ₀₅			0,17	0,16

Обеспеченность растений доступным азотом на черноземных почвах Западной Сибири оценивается по содержанию нитратного азота в слое 0–40 см [3; 7]. Хорошие условия по обеспеченности растений азотным питанием складывались по предшественнику (люцерна), летнего срока распашки. На естественном фоне запасы N-NO₃ составили 106–138 кг/га за счет обогащения почвы биологическим азотом растительных остатков люцерны. При введении в севооборот бобового компонента (50% люцерны) баланс азота положительный (21 кг/га) с интенсивностью 119%, при этом в приходной статье баланса доля биологического азота составляет в среднем около 82% (рис. 1). Тогда как в зернопаровом севообороте складывается отрицательный баланс азота (-28 кг/га) с интенсивностью 66%.

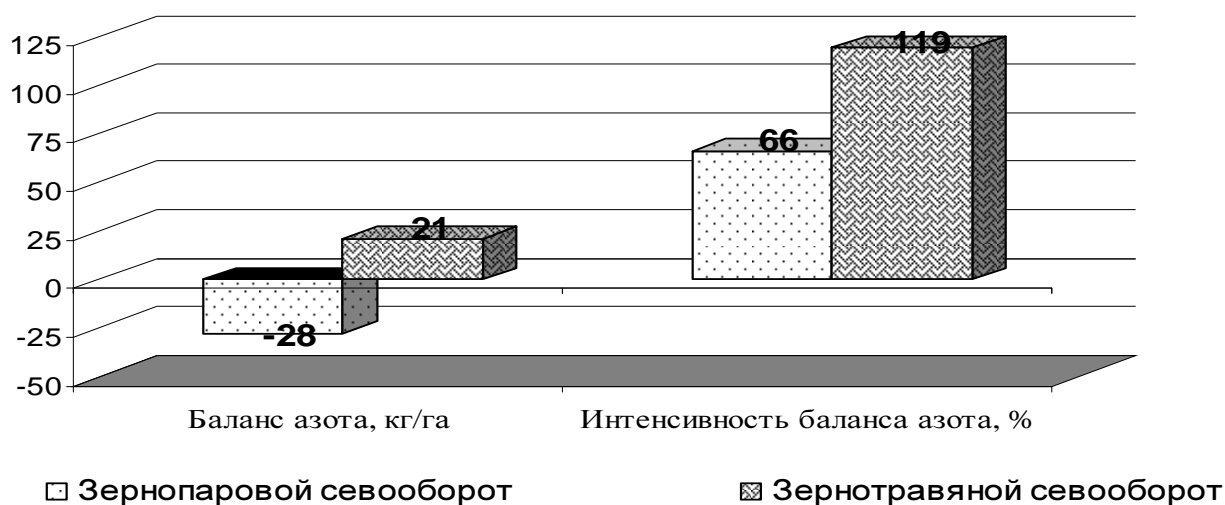


Рис. 1. Баланс (кг/га) и интенсивность баланса (%) азота в зависимости от севооборота.

Лабильное органическое вещество почвы, которое сравнительно легко подвергается деструкции почвенными микроорганизмами, в немалой степени предопределяет питательный режим почвы растений [10]. Количество лабильного органического вещества (мортмассы) в почве после люцерны в варианте без удобрений было на 0,27 т/га или 43% выше, чем в этом же варианте по чистому пару (табл. 3).

Таблица 3 – Запасы мортмассы в слое 0–25 см в зависимости от предшественника и применения удобрений в севооборотах, т/га, (2009-2010 гг.)

Доза минеральных удобрений, кг/га	Солома	Запасы мортмассы	Прибавка
<i>Зернотравяной севооборот</i>			
Без удобрений	C ₀	0,89	-
	C ₁	1,00	0,11
N ₁₀ P ₁₇	C ₀	1,12	0,23
	C ₁	1,25	0,36
N ₁₅ P ₂₃	C ₀	1,21	0,32
	C ₁	1,37	0,48
<i>Зернопаровой севооборот</i>			
Без удобрений	C ₀	0,62	-
	C ₁	0,76	0,14
НСП ₀₅			0,10

C₀ – без соломы; C₁ – с соломой.

Систематическое применение соломы увеличивает количество легкоразлагаемого органического вещества в почве на 12–22%. Наибольшие запасы мортмассы (1,25–1,37 т/га) накапливаются при использовании органоминеральной системы удобрений (NP + солома). При этом обеспеченность растений нитратным азотом в этих вариантах увеличилась до 43%.

Сложившееся плодородие по фосфору в севооборотах является результатом систематического применения фосфорсодержащих удобрений. Следует отметить, что исходное содержание подвижного фосфора (105–123 мг/кг) после трёх ротаций севооборота существенно не изменилось. Из органических удобрений (навоз, солома), применяемых в зернотравяном севообороте, только при систематическом использовании навоза в дозе 10 т/га севооборотной площади отмечался прирост подвижного фосфора 35 мг/кг почвы или 34% (в среднем). Обеспеченность обменным калием культурных растений после трех

ротации севооборотов была высокой (более 180 мг/кг), и значимых закономерностей в изменении данного биогенного элемента не установлено.

Микробиологический мониторинг состояния почвы свидетельствует, что возделывание люцерны в севообороте интенсифицирует процесс нитрификации, численность нитрифицирующих бактерий в зернотравяном севообороте на 33% больше, чем в зернопаровом агроценозе. А при систематическом внесении соломы отмечается положительная направленность увеличения численности сапрофитных бактерий (на 18%), разлагающих органические соединения азота (на МПА), и фосфатмобилизующих бактерий (на 12%) (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние длительного применения удобрений на биологическую активность чернозема выщелоченного под пшеницей, слой 0–20 см, (2009-2011 гг.)

Показатель биологической активности почвы	C₀	C₁	N₁₀P₁₇₊ C₁	N₁₅P₂₃₊ C₁
Численность микроорганизмов, КОЕ/г - бактерии на МПА, млн	25,7	30,2	28,2	44,5
- микроорганизмы на КАА, млн	28,8	26,0	26,7	37,8
- олигонитрофилы, млн	108,8	96,0	11,6	192,7
- фосфатмобилизующие, млн	77,4	87,0	63,7	137,6
- целлюлозоразрушающие, тыс.	41,7	27,4	34,8	38,6
- нитрификаторы, тыс.	3,8	3,4	3,5	5,3
- грибы, тыс.	38,2	28,6	27,8	92,0
- общее количество микроорганизмов, млн	240,8	239,1	230,4	412,7
КАА/МПА	1,12	0,86	0,95	0,85
Пм (МПА+КАА x МПА/КАА)	49	65	58	97
Нитрификационная способность, мг/кг	14,6	19,4	16,3	19,4

C₀ – вариант без соломы; C₁ – вариант с соломой.

Интенсивность микробиологических процессов в почве значительно возрастает в результате комплексного применения минеральных удобрений и соломы (N₁₅P₂₃₊ C₁), при этом увеличивается численность бактерий на МПА на 73%, олигонитрофилов на 77%, фосфатмобилизующих бактерий на 78% и нитрификаторов на 56% в сравнении с вариантом без удобрений. Коэффициент трансформации органических соединений (Пм) в этом варианте наиболее высокий – 97.

Интегральным показателем эффективности удобрительных средств и приёмов является продуктивность агроценоза. Исследования показали, что включение в севооборот

люцерны способствует формированию урожайности пшеницы на уровне – 2,99 т/га зерна, что на 22% выше, чем возделывание этой же культуры по чистому пару. Систематическое внесение соломы в комплексе с минеральными удобрениями ($N_{15}P_{23}$ на га/севооборотной площади) обеспечивает продуктивность севооборота на уровне 2,87 т/га зерн. ед., что на 0,70 т/га или 32% выше, чем в варианте без удобрений. Окупаемость одного килограмма удобрений составила 18,4 кг зерна.

Таким образом, в настоящее время для земледелия региона важное значение имеют: систематическое применение соломы, навоза (как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями), включение в севооборот многолетних бобовых трав, обеспечивающих увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур, поддержание стабильного состояния плодородия почвы, повышение резистентности и экологической безопасности агроценоза.

Выводы

1. В условиях южной лесостепи Западной Сибири на черноземных почвах включение в севооборот многолетних бобовых трав (люцерны до 50%) стабилизирует содержание гумуса, повышает запасы мортмассы на 0,48 т/га, содержание нитратного азота, численность агрономически полезной микрофлоры в почве и увеличивает производство зерна более чем на 20% при одновременном повышении его качества.
2. Длительное применение органоминеральных систем удобрений в севооборотах способствует увеличению запасов продуктивной влаги в почве на 11–13%, содержанию гумуса на 0,16–0,41%, лабильного органического вещества на 0,36–0,48 т/га, обеспеченности растений нитратным азотом на 18–24% и интенсивности биологических процессов в почве.
3. Применение органоминеральных систем удобрений, сочетающих внесение соломы и минеральных удобрений ($N_{15}P_{23}$), обеспечивает увеличение продуктивности севооборота на 32% и окупаемости (18,4 кг зер. ед.) минеральных удобрений.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв / АН СССР [и др.]. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Наука, 1975. – 494 с.
2. Большой практикум по микробиологии / Аристовская Т.Е. [и др.]. – М. : Высшая школа, 1962. – 490 с.
3. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М. : Наука, 1981. – 266 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М. : Агрхимиздат, 1985. – 351 с.

5. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М. : Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
6. Коновалов Н.Д., Коновалов С.Н. Ресурсы биологизации земледелия и их использование // Аграрная наука. – 2000. – № 8. – С. 9-12.
7. Кочергин А.Е. Условия питания зерновых культур азотом, фосфором и калием и применение удобрений на черноземах Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1965. – 40 с.
8. Храпцов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири : дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1997. – 435 с.
9. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. – Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 203 с.
10. Шарков И.Н. Роль растительных остатков зерновых культур в регулировании плодородия почв Сибири // Биологические источники элементов минерального питания растений : материалы междунар. науч. конф., посвящ. третьим Сибирским агрохимическим Прянишниковским чтениям (Омск, 12-16 июля 2005 г.). – Новосибирск, 2006. – С. 69-76.

Рецензенты

Ермохин Ю.И., д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии ФГБОУ ВПО ОмГАУ, академик Международной и Российской академий аграрного образования, г. Омск.

Красницкий В.М., д.с.-х.н., профессор, директор ФГБУ ЦАС «Омский», г. Омск.