УДК 631.45

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ЗАВОЛЖЬЯ

[1]Обущенко С.В., [2]Гнеденко В.В.

[1]ФГБУ «Стация агрохимической службы «Самарская, Самара;
[2]ГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», Самара,
e-mail: Gnedenko@mail.ru

В работе проведены исследования эффективности комплексного использования удобрений в зернотравяном севообороте Самарской области. Установлено влияние многолетних трав на образование гумусовых веществ путём сравнения исходного содержания гумуса в почве и после прохождения трёх ротаций севооборота. Показано, что применение минеральных удобрений в сочетании с насыщением структуры посевов до 50% многолетними травами является высокоэффективным средством увеличения производства зерна, кормов и стабилизации почвенного плодородия. Экономический анализ эффективности использования пашни в зернотравяном севообороте показал, что применение удобрений в современных условиях является экономически оправданным агроприёмом.

Ключевые слова: почва, гумус, фосфор, калий, плодородие

SOIL FERTILITY AND FERTILIZERS EFFICIENCY IN A GRAIN AND HERB CROP ROTATION OF ZAVOLZHJE

[1]Obushchenko S.V., [2]Gnedenko V.V.

[1]Federal State Budgetary Institution Agrochemical Service Station «Samarskaya», Samara;
[2]Samara State University of Economics, Samara, e-mail: Gnedenko@mail.ru

In the article research of complex use efficiency of fertilizers in grain and herb crop rotation of the Samara region is conducted. Influence of long-term herbs on humic substances formation is revealed by comparison of initial humus content in soil and after three crop rotations. It is shown that mineral fertilizers use in combination with crops structure saturation to 50% by long-term herbs is highly effective to increase grain production, forage and soil fertility stabilization. The economic analysis of arable land use efficiency in a grain and herb crop rotation showed that fertilizers use in modern conditions is an economically justified agro approach.

Keywords: soil, humus, phosphorus, potassium, fertility

В изменившихся условиях хозяйствования и диспаритете цен на продукцию привели в последнее время к необходимости разработки способов и приёмов сохранения и расширения воспроизводства почвенного плодородия, обеспечивающих при минимальном использовании средств интенсификации выращивание высоких урожаев с.-х. культур, получение наибольшей окупаемости дополнительных затрат.

Решающими факторами в реализации проблемы являются использование биологических средств расширенного воспроизводства плодородия почв и применение удобрений в системе ресурсосберегающего земледелия (использование на удобрение соломы, посев сидератов и пожнивных культур, увеличение площадей многолетних трав). При этом важным является комплексное их использование, позволяющее за счёт взаимодействия усилить эффективность каждого из факторов, снизить затраты на применение техногенных ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Программой исследований было предусмотрено изучить эффективность сочетания положительных свойств биологического земледелия (устойчивость урожаев, снижение энергетических затрат, получение экологически чистой продукции) и традиционного земледелия с быстрым наращиванием объёмов производства сельскохозяйственной продукции и меньшей зависимостью от погодных условий.

В наших исследованиях в севообороте с насыщением его многолетними травами до 50% установлено влияние биологических приёмов воспроизводства почвенного плодородия на уровень продуктивности возделываемых культур, эффективность минеральных удобрений при совместном использовании средств интенсификации и биологизации земледелия.

В год закладки опыта содержание нитратов в слое почвы 0–40 см составило 17,1–28,2 мг/кг почвы, подвижных фосфатов – 188–206 мг/кг почвы, обменного калия – 145–189 мг/кг почвы, что характеризует почву как среднеобеспеченную азотом и фосфором и высокообеспеченную калием.

В среднем за годы исследований наибольшее количество нитратов в весенний период на контрольном варианте наблюдалось под посевами ячменя с подсевом эспарцета и яровой пшеницы по пласту многолетних трав – 24,7 и 35,4 мг/кг почвы соответственно.

Минеральные удобрения повысили к началу вегетационного периода содержание подвижных форм питательных веществ по всем культурам испытываемого севооборота (на 0,9–31,7 мг/кг почвы). Наибольшие изменения (на 27,5–128,3 %) произошли под посевами ячменя с подсевом эспарцета (при наибольшей удалённости от многолетних трав).

На посевах эспарцета изучалось последействие удобрений, внесённых под покровную культуру – ячмень. Вследствие высокого коэффициента использования азота удобрений в первый год (под ячмень) различия по вариантам опыта по содержанию нитратов в почве были менее значительными и составили в годы исследований: по эспарцету 1 года пользования – 14,1–23,2 мг/кг почвы, 2-го года пользования – 9,0–11,1 мг/кг почвы.

Ко времени запашки пожнивно-корневых остатков на поле эспарцета 2-го года пользования отмечено накопление нитратов, по сравнению с наблюдениями в весенний период (с 9,0–11,1 до 17,0–23,4 мг/кг почвы).

Наиболее стабильным и малозависимым от культуры, используемых в опытах доз вносимых удобрений и времени взятия образцов на анализы, являлось содержание в почве подвижных фосфатов. Без удобрений этот показатель плодородия по отдельным культурам севооборота составил 205–217 мг/кг почвы. Также незначительными в сравнении с контролем были изменения в содержании P_2O_5 на делянках с минимально необходимым и средним, общепринятым уровнем применения минеральных удобрений.

Ко времени посева их количество возросло на поле, занятом ячменем, на 7–12 мг/кг почвы, под яровой пшеницей – на 10–14 мг/кг почвы.

Наиболее высокое содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы по всем культурам зафиксировано при интенсивном уровне минерального питания (228–246 мг/кг почвы). Количество его в почве оставалось высоким и довольно стабильным в течение всего периода вегетации.

Также достаточно независимым от культуры, удобрений и фазы развития растений было и содержание в почве обменного калия.

Общий уровень урожаев по культурам севооборота в годы исследований составил: ячменя – 1,17–3,80 т/га, яровой пшеницы – 0,83–2,90 т/га, эспарцета 1-го года пользования 5,5–32,4 т/га, эспарцета 2-го года пользования – 4,9–19,2 т/га.

Без внесения удобрений, за счёт использования средств биологизации, урожай ячменя после яровой пшеницы возрос с 2,00 т/га в зернопаровом севообороте до 2,40 т/га в зернопаропропашном севообороте, яровой пшеницы с 1,56 до 1,66 т/га (табл. 1).

Применение минеральных удобрений повысило продуктивность культур севооборота на 7,2–24,6 %. Наиболее значимые прибавки урожаев получены на посевах ячменя (19,2–24,6 %) при внесении средних и повышенных доз азотно-фосфорно-калийных удобрений. Урожайность яровой пшеницы по этим вариантам составила 1,93–1,94 т/га, прирост от удобрений – 16,3–16,9 %.

В результате последействия минеральных удобрений, внесённых под предшественник – ячмень и прикорневых подкормок, урожай эспарцета на удобренных делянках за 10 лет возрос на 0,92–3,21 т/га зелёной массы.

Яровая пшеница по пласту многолетних трав сформировала более высокие урожаи, чем при посеве после озимой пшеницы в зернопаровом севообороте с чистым паром (1,66–1,94 т/га). Прирост урожаев от внесения удобрений составил от 7,2 до 16,9 %.

Прибавки урожаев от удобрений за ротацию севооборота, в благоприятные по погодным условиям годы превысили показатели засушливых лет (2005–2007 гг.) на 3,83–7,32 т/га КЕ (на 0,96–1,83 т/га ежегодно).

Влияние многолетних трав на образование гумусовых веществ установлено путём сравнения исходного содержания гумуса в почве и после прохождения трёх ротаций севооборота (табл. 2).

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в зернотравяном севообороте, т/га (2010–2014 гг.)

Уровни интенсивности использования пашни	Культуры			
	Ячмень + эспарцет	Эспарцет 1 года пользования	Эспарцет 2 года пользования	Яровая пшеница
Без удобрений	2,4	12,79	11,84	1,66
Минимальный	2,63	13,71	12,84	1,78
Средний	2,86	14,72	14,5	1,93
Интенсивный	2,99	15,08	15,1	1,94
$НСР_{05}$ т/га	0,12–0,42	0,60–1,70	0,68–4,02	0,06–0,24

Таблица 2

Баланс гумуса в зернотравяном севообороте, 2010–2014 гг.

Варианты опыта (внесено удобрений за ротацию)	Содержание гумуса, %		Убыль гумуса		
	исходное	через 12 лет	%	всего, т/га	ежегод-но, т/га
1	2	3	4	5	6
Контроль (без удобрений)	4,02	3,76	0,26	7,80	0,650
Минимальный фон ($N_{30}P_{30}$ – припосевное $N_{30}P_{30}$ – подкормка)	3,92	3,71	0,21	6,30	0,525
Средний фон ($N_{30}P_{30}$ – припосевное $+N_{30}P_{30}$ – подкормка $+N_{80}P_{60}K_{60}$ – основное)	4,01	3,86	0,15	4,50	0,375
Интенсивный фон ($N_{30}P_{30}$ – припосевное $+N_{30}P_{30}$ – подкормка $+N_{130}P_{80}K_{80}$ – основное)	4,31	4,21	0,10	3,00	0,250

Окончание табл. 2

Восстановление гумуса за счёт пожнивно-корневых остатков (ПКО) и соломы				Истинная минерализация гумуса, т/га	
поступило в почву за 12 лет, ц/га		восстановление гумуса			
пожнивно-корневых остатков	соломы	за 12 лет, ц/га	ежегодно, т/га	за 12 лет	ежегодно
7	8	9	10	11	12
633,6	109	111,4	0,928	18,94	1,578
664,2	126	118,5	0,988	18,15	1,512
705,3	136	126,2	1,052	17,12	1,427
720	143	129,4	1,079	15,24	1,270

Наибольшее количество воздушно-сухого органического вещества заделывалось в почву при распашке многолетних трав – 7,70–8,64 т/га, что в 1,9–2,0 раза больше, чем после наиболее урожайной в зернопаровом севообороте культуры – озимой пшеницы.

В сидеральном севообороте наибольшее количество органики, из возделываемых культур севооборота поступило от выращивания горохо-овсяной смеси – 55,7–67,7 ц/га (на 38,2–27,6 % меньше, чем от многолетних трав). Заслуживает внимания тот факт, что на удобренном фоне поступление органического вещества в разных севооборотах выравнивается.

В целом при прохождении ротации зернотравяного севооборота количество поступивших в почву пожнивно-корневых остатков составило 211–240 ц/га, в сидеральном севообороте – 165–200 ц/га и в зернопаровом – 96,4–107,3 ц/га.

Убыль гумуса в зернотравяном севообороте составила 0,650 т/га ежегодно, что на 0,125–0,400 т/га меньше, чем в вариантах при внесении удобрений. На интенсивном агрофоне баланс гумуса вплотную приблизился к равновесному состоянию: убыль гумуса составила всего 0,250 т/га. Восполнение гумуса при этом составило 1,079 т/га ежегодно.

При включении в структуру посевных площадей многолетних бобовых трав важным является вопрос влияния этой культуры на обогащение почвы азотом, азотфиксацию атмосферного азота, долевое участие фиксированного азота в урожае. При расчётах баланса азота в опытах установлены отчуждение азота с урожаем надземной массы и баланс азота пожнивно-корневых остатков.

Общий вынос азота урожаем сена в наших опытах составил 142,8 кг/га или 60,4 % от выноса азота всеми культурами севооборота. Из почвы эспарцет использовал 42,8 кг/га азота, остальное – 100 кг/га поступило в урожай за счёт атмосферного фиксированного растениями азота.

Потребление азота из почвы эспарцетом было или меньше в сравнении с другими культурами – 42,8 и 43,7–56,7 кг/га (без удобрений и при минимальном уровне интенсивности использования пашни) или равным ему – 55,1–58,2 и 57,7–72,5 кг/га.

Исключение из общего фиксированного атмосферного азота пожнивно-корневых остатков почвенного азота, использованного на формирование надземной биомассы (42,8 кг/га) указывает на обогащение почвы биологическим азотом за счёт посева бобовых трав. В наших опытах этот показатель составил: за ротацию севооборота – 20,1–23,6 кг/га; за период исследований – 60,3–70,8 кг/га.

С учётом фиксированного растениями, биологического азота на формирование наземной массы и обогащения почвы симбиотически связанным азотом ПКО, критерий интенсивности баланса зафиксирован на уровне 22,8–68,3 %.

Слабая подвижность и доступность почвенных фосфатов обычно приводит к высокой эффективности фосфорных удобрений.

В связи с генетически обусловленным соотношением элементов питания в урожае содержание и вынос урожаем фосфатов возрастает и при улучшении азотного питания и других факторов, направленных на повышение продуктивности культуры.

На естественном по плодородию фоне вынос фосфора урожаями сельскохозяйственных культур был зависимым от их продуктивности и составил за ротацию севооборота 78,5 кг/га.

На удобренных делянках происходило одновременно увеличение содержания фосфора в биомассе и общий вынос, обусловленный формированием дополнительного урожая. При этом вынос фосфора возрастал по вариантам опыта более высокими темпами, чем его содержание в продукции. Так, на посевах яровой пшеницы при увеличении P_2O_5 в зерне на 2,6 % общий вынос урожаем возрастал на 10,8 %, по эспарцету соответственно – на 2,9–5,7 % и на 10,3–14,4 %.

Дефицит этого элемента при возделывании, выраженный через интенсивность баланса, составил 68,1–131,6 %.

Коэффициент использования за ротацию севооборота фосфора удобрений был равен – 20,2–22,3 %.

Анализируя влияние калийных удобрений на урожай и его качество, П.А. Чекмарёв, С.В. Лукин, Ю.В. Сискевич и др. (2011) /1/ отмечают, что их эффективность значительно возрастает во времени и отчётливо проявляется на фоне высоких доз фосфора и азота. Установлены оптимальные уровни концентрации подвижного калия в пахотных почвах: для обыкновенных чернозёмов – 170–180 мг/кг почвы /2/ .

В наших исследованиях, в многолетних стационарах эффективность калийных удобрений возрастала в зависимости от влагообеспеченности, биологических особенностей культуры, содержания подвижного калия в почве.

В отдельные годы, при ГТК вегетационного периода, превышающем 1,2–1,4 (2004 г.), мобилизация калия почвенных запасов превышала потребление растениями, что отразилось на динамике подвижного фосфора и калия в почве и повысило эффективность азотных удобрений.

Коэффициент использования калия из удобрений сформировался на уровне: по ячменю – 65,3–47,4 %, яровой пшенице – 40,3–37,5 %, эспарцету – 52,0–64,3 % и был наибольшим при использовании минимальных в опыте доз калийных удобрений. Интенсивность баланса калия за ротацию зернотравяного севооборота составила – 36,4–38,2 %.

Результаты расчётов экономической эффективности возделывания культур в зернотравяном севообороте показали, что применение удобрений в сочетании с насыщением структуры посевов до 50 % многолетними травами является высокоэффективным средством увеличения производства зерна, кормов и стабилизации почвенного плодородия.

Нормативный прирост урожайности зерновых культур на 1 кг д.в. минеральных удобрений в Среднем Заволжье составляет 3–4 кг/кг д.в. В наших опытах при среднем уровне удобренности культур севооборота (65 кг/га азота, фосфора и калия) получена максимальная в опыте прибавка урожайности в расчёте на 1 кг д.в. удобрений.

При улучшении обеспеченности почв элементами минерального питания и повышении доз минеральных удобрений, оплата питательных веществ удобрений снижалась. Наибольшим этот показатель получен при внесении туков одновременно с посевом – 2,33–4,00 кг/кг д.в. азота, фосфора и калия.

Экономический анализ эффективности использования пашни в зернотравяном севообороте показал, что применение удобрений в современных условиях является экономически оправданным агроприёмом. С 1 га севооборотной площади за ротацию севооборота в годы исследований с учётом последействия удобрений получено дополнительно продукции на сумму 538–1759 руб./га. Каждый вложенный в зернотравяном севообороте рубль затрат обеспечил получение продукции на 2,15–2,54 руб./руб. затрат.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о значительном влиянии средств биологизации на уровень урожайности культур, оплату урожаем питательных веществ удобрений, окупаемость дополнительных затрат. Одновременно с этим, введение в севооборот многолетних трав является одним из важнейших факторов воспроизводства и сохранения на высоком уровне плодородия почв (содержание гумуса, биогенных элементов и др.). Полученные данные позволяют перейти к разработке нормативно-регулируемых систем земледелия, значительно повысить конкурентоспособность отрасли.

Список литературы

1. Чекмарёв П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П.А. Чекмарёв // Агрохимический вестник. – 2012. – № 1. – С. 2–4.

2. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность чернозёмов / П.Г. Акулов. – М.: Колос, 1992. – 223 с.