



СОДЕРЖАНИЕ

Последствия отчуждения соломы при возделывании пшеницы и ячменя: обзор литературы.....2

Чему нас учат длительные полевые опыты?.....6

Индустрия минеральных удобрений: соответствие концепции «4-х правил».....10

Обзор научных публикаций.....14

Обзор научных публикаций (журнал Better Crops).....18

Уважаемый Читатель! В последнее время проблеме сохранения запасов гумуса в почвах уделяется огромное внимание. Поэтому в данный Выпуск мы включили материал по влиянию отчуждения соломы зерновых колосовых культур на содержание органического углерода в почве. В соответствующей статье обобщены результаты многолетних и краткосрочных полевых результатов, проведенных в разных регионах мира. Дается оценка минимального поступления углерода с надземной биомассой пшеницы, которое необходимо для поддержания содержания органического углерода в почвах в условиях неорошаемого земледелия. Кроме того, обеспеченность почвы элементами питания растений была также проанализирована в данной работе. Важно подчеркнуть, что при отчуждении соломы из почвы выносятся большое количество элементов питания, что ведет к истощению почвенного плодородия. Вынос элементов питания с соломой, безусловно, необходимо компенсировать за счет внесения удобрений.



Содержание органического углерода в почве и баланс элементов питания обсуждается и в следующей статье, где всесторонне анализируются результаты длительного полевого опыта, проводимого в Австралии с 1916 г. (севообороты с зерновыми колосовыми культурами). В работе дана оценка поступлению азота за счет минерализации органического вещества почвы. Согласно результатам изучения группового состава фосфатов в вертисоли, почти весь внесенный с удобрениями фосфор перешел в труднодоступные для растений формы. Как отмечается, наиболее эффективное применение фосфорных удобрений достигается при его внесении в дозах, эквивалентных выносу фосфора урожаем зерна. Хотелось бы особо отметить, что длительные полевые опыты – это ценный источник информации, благодаря которому мы можем проанализировать устойчивость систем земледелия во времени.

Основные научные принципы, лежащие в основе концепции «4-х правил» применения удобрений, также освещаются в данном Выпуске. Специальная концептуальная статья посвящена таким 4-м взаимосвязанным элементам, как формы, дозы, сроки и способы внесения удобрений. Действительно, если один из этих элементов определен неправильно, то и систему применения удобрений в целом нельзя считать оптимальной. Мы приводим конкретный пример того, как следование концепции «4-х правил» применения удобрений помогает решать экологические проблемы, связанные с эвтрофикацией водоемов.

Надеемся, что сравнительно большой обзор наиболее интересных, на наш взгляд, публикаций по питанию растений, вышедших в отечественных журналах, будет также полезен в Вашей работе.

С уважением,
Владимир Носов
Региональный директор по Югу и Востоку России

Международный Институт Питания Растений

Иванова С.Е., вице-президент программы по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку
e-mail: sivanova@ipni.net

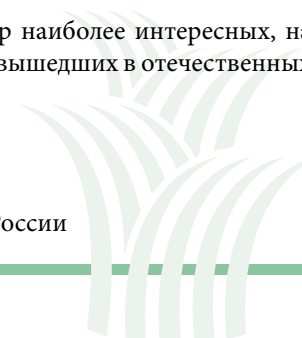
Носов В.В., директор программы на Юге и Востоке России
e-mail: vnosov@ipni.net

Бесплатная подписка: ipni-eeca@ipni.net

125466 Россия, Москва,
ул. Ландышева, д. 12, вл. 17В
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>
<http://eeca-ru.ipni.net>
e-mail: ipni-eeca@ipni.net

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений



Последствия отчуждения соломы при возделывании пшеницы и ячменя: обзор литературы

Д.Д. Таркалсон, Б. Браун, Г. Кок и Д.Л. Бьорнберг

Рациональность отчуждения соломы пшеницы и ячменя вызывает ряд вопросов, связанных как с плодородием почвы, так и с круговоротом элементов питания. Недавно проведенный обзор публикаций показал, что отчуждение соломы зерновых колосовых культур, возделываемых при орошении, не оказывает негативного влияния на содержание органического углерода в почве ($C_{орг.}$). В условиях неорошаемого земледелия результаты были более вариабельны и зависели от продуктивности культур. При отчуждении соломы из почвы выносятся большое количество элементов питания, что усиливает истощение почвенного плодородия и увеличивает расходы, связанные с возмещением выноса элементов питания из почвы за счет внесения удобрений.

Вопрос о влиянии отчуждения соломы зерновых колосовых культур на плодородие почвы и круговорот элементов питания остается весьма актуальным. Важно также понимать, как использование соломы на подстилку и корм животным, а также при производстве биоэтанола влияет на стоимость удобрений и топлива.

Солома таких зерновых колосовых культур, как пшеница и ячмень служит источником целлюлозы при производстве биотоплива. В 2001-2006 гг. объем надземной биомассы пшеницы и ячменя в США оценивался в среднем в 64.3 млн. т/год (абсолютно сухое вещество). В 2000 г. суммарная надземная биомасса пшеницы и ячменя в США составила лишь 25% от надземной биомассы кукурузы¹.



Последствия отчуждения соломы зависят от орошения и других элементов агротехнологии.

Поступление растительных остатков в почву имеет большое значение, поскольку это основной источник органического углерода. Поступление органического углерода улучшает такие показатели почвенного плодородия, как структура, плотность и водоудерживающая способность почвы, скорость инфильтрации влаги, а также микробиологическая активность почвы. Надземные растительные остатки выполняют

1 - Листья, стебель с метелкой, обертки початков (здесь и далее – прим. переводчика).

и ряд других важных функций. Они предотвращают водную и ветровую эрозию, поскольку играют роль физического барьера между почвой и атмосферой. Кроме того, растительные остатки снижают эвапотранспирацию, улучшают инфильтрацию влаги в почве, а также служат источником элементов питания.

Основное внимание в данном обзоре уделено следующим аспектам: влиянию отчуждения соломы на содержание $C_{орг.}$ в почве и на обеспеченность почвы элементами питания растений. Для ответа на вопрос, как изменяется содержание $C_{орг.}$ в почве при внесении и отчуждении соломы зерновых колосовых культур были проанализированы опубликованные опытные данные.

Орошаемое земледелие

В течение 11-ти летнего периода исследований, проводившихся Бордовским с соавт. (Bordovsky et al., 1999) в штате Техас (США) в условиях орошения, определялось содержание $C_{орг.}$ в слое почвы 0-8 см под бессменной пшеницей, возделываемой как при минимальной, так и при традиционной обработке почвы, а также в севообороте пшеница – сорго (пожнивная культура)². Согласно полученным данным, содержание $C_{орг.}$ в почве повышалось вне зависимости от того, оставались или отчуждались растительные остатки. Однако в том случае, когда солома оставлялась в поле, содержание $C_{орг.}$ в почве повышалось сильнее. При обеих системах обработки почвы средняя урожайность зерна пшеницы и надземной биомассы растений за указанный период были на 6% выше при поступлении растительных остатков в почву, чем при их отчуждении.

Трехлетние полевые опыты, проведенные Бахрани с соавт. (Bahrani et al., 2002) в Иране в условиях полива по бороздам, выявили тенденцию повышения содержания $C_{орг.}$ в слое почвы 0-30 см при заделке растительных остатков в почву. Однако даже в том случае, когда растительные остатки отчуждались, содержание $C_{орг.}$ в почве в течение указанного периода не снижалось. Средняя урожайность зерна

2 - Минимальная обработка почвы.

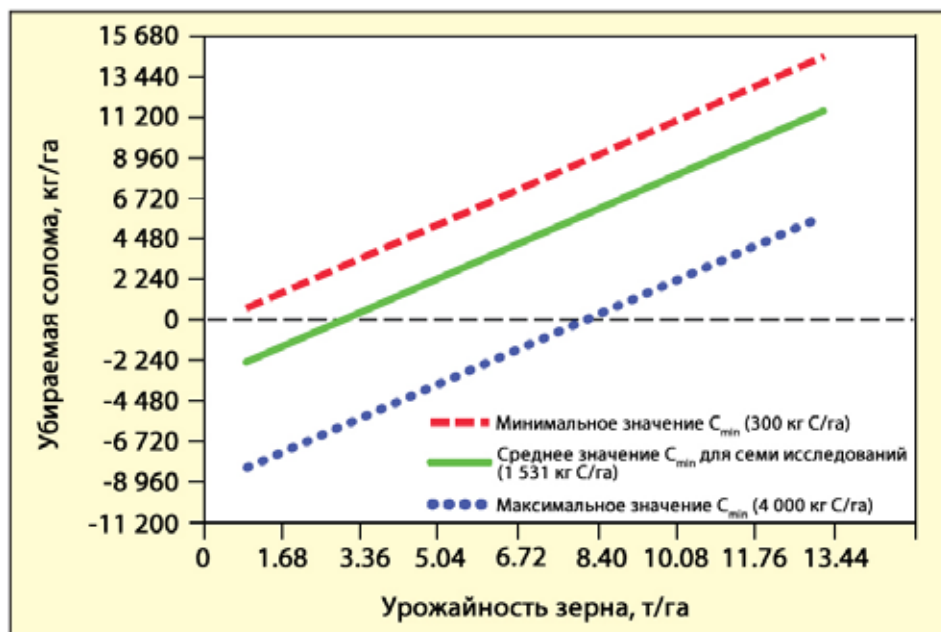


Рис. 1. Количество пшеничной соломы, которое может ежегодно отчуждаться при разных уровнях урожайности зерна при условии сохранения содержания $C_{орг.}$ в почве (исходя из величины C_{min}). Сплошная линия отображает усредненные результаты 7-ми исследований. Пунктирные линии отображают верхнюю и нижнюю границы – построены исходя из данных, которые не использовались при усреднении. Авторы данной статьи готовы предоставить информацию по всем использованным источникам.

и соломы пшеницы были значительно выше в тех вариантах опыта, где растительные остатки отчуждались или сжигались по сравнению с вариантами с заделкой растительных остатков в почву.

За 14 лет исследований, проведенных в штате Техас (США) при поливе по бороздам, Андерсандер и Рейгер (Undersander, Reiger, 1985) не выявили различий в содержании $C_{орг.}$ в почве между вариантами опыта с разным использованием растительных остатков³. Было установлено, что за период с 1967 г. по 1980 г. среднее по всем вариантам содержание $C_{орг.}$ в слое почвы 0-15 см повысилось с 0.76 до 1.24%, а в слое почвы 15-30 см осталось на уровне 0.67%. За указанный период наблюдений не было выявлено различий в урожайности зерна пшеницы (в среднем 3.36 т/га) и надземной биомассы растений (в среднем 4.15 т/га) между вариантами опыта.

По окончании 6-ти летнего периода исследований, проводившихся в Новой Зеландии в условиях полива дождеванием, Куртин и Фрейзер (Curtin, Fraser, 2003) также не наблюдали различий в содержании $C_{орг.}$ в почве между вариантами опыта с разным использованием растительных остатков. За указанный период не было выявлено изменений в урожайности зерна и соломы зерновых колосовых культур⁴ по вариантам опыта за исключением одного года, когда заделка соломы в почву привела к снижению урожайности зерна.

В течение 5-ти лет полевых опытов⁵ с поливом напуском по полосам Фоллетт с соавт. (Follett et al., 2005)

3 - Заделывались в почву, отчуждались и сжигались.

4 - Пшеница, ячмень, овес.

5 - Севообороты: озимая пшеница – кукуруза, озимая пшеница – фасоль (кукуруза и фасоль – пожнивные культуры).

наблюдали повышение содержания $C_{орг.}$ в слое почвы 0-30 см при всех изученных способах использования соломы, если в почву вносилось азотное удобрение. Содержание $C_{орг.}$ в почве повышалось сильнее при поступлении растительных остатков в почву, чем при их отчуждении или сжигании. Следует также отметить, что содержание $C_{орг.}$ в почве росло сильнее при оставлении растительных остатков на поверхности почвы (нулевая обработка) по сравнению с их заделкой в почву (традиционная вспашка) и сжиганием. Средняя урожайность зерна пшеницы была значительно выше при сжигании растительных остатков с последующей заделкой (6.52 т/га), чем в варианте с заделкой растительных остатков в почву без сжигания (5.71 т/га).

Следует отметить, что в вышеуказанном исследовании содержание $C_{орг.}$ в почве поддерживалось и даже повышалось при отчуждении или сжигании растительных остатков. По-видимому, это связано с поступлением органического вещества за счет отмирания корневой системы растений и микробной биомассы. Как показывают исследования, подземная биомасса растений способствует накоплению $C_{орг.}$ в почве. По оценкам ряда исследователей, в подземной биомассе растений сосредоточено 25-50% углерода.

Анализ подземной биомассы растений имеет свои сложности из-за проблем, связанных с отбором образцов, а также трудностей при оценке поступления углерода из корневой системы растений и из корневых выделений. Кроме того, из-за невозможности полного удаления надземной биомассы растений при проведении полевых операций часть послеуборочных остатков все-таки остается в поле. Эти растительные остатки никак не учитываются, и их количество может варьировать в широких пределах.

Минимальное ежегодное поступление углерода с надземной биомассой растений, необходимое для поддержания содержания $C_{орг.}$ в почве

Минимальное поступление углерода с надземной биомассой пшеницы (C_{min}), необходимое для поддержания содержания $C_{орг.}$ в почве, было определено для условий неорошаемого земледелия, однако данная информация может быть полезна сельхозпроизводителям при принятии решений по использованию соломы и в условиях орошения.

На основе литературных данных Джонсон с соавт. (Johnson et al., 2006) рассчитали значения C_{min}



Рациональное использование соломы приобретает все большее значение.

для пшеницы, выращиваемой в разных севооборотах (табл. 1). Большая часть полевых опытов была проведена в неорошаемых условиях, то есть при варьировании влагообеспеченности растений. При орошении продуктивность растений в целом более высока и стабильна, поэтому для орошаемых систем земледелия приведенные величины C_{min} могут быть использованы только как ориентировочные.

Мы взяли за основу значения C_{min} , полученные Джонсоном с соавт. (Johnson et al., 2006), чтобы рассчитать количество растительных остатков пшеницы, которое можно отчуждать при разных уровнях урожайности зерна при условии поддержания содержания $C_{орг}$ в почве (рис. 1). Средняя линия на графике отображает усредненные данные 7-ми исследований, согласно которым для поддержания содержания $C_{орг}$ в почве ежегодное поступление углерода должно составлять 1531 кг С/га. Данная линия показывает, что для сохранения содержания $C_{орг}$ в почве солома не должна отчуждаться, если урожайность зерна составляет менее 3,09 т/га. При урожайности зерна, равной, например, 6,72 т/га, запасы $C_{орг}$ в почве не истощаются при отчуждении по-

рядка 3920 кг соломы/га. Пунктирные линии отражают верхнюю и нижнюю границы, исходя из опубликованных данных. Авторы данной статьи готовы предоставить более подробную информацию по проведенным расчетам и использованной методологии.

Вынос элементов питания с соломой

Солома пшеницы и ячменя содержит важнейшие элементы питания растений, поэтому отчуждение соломы с поля усиливает истощение почвенного плодородия и вызывает негативные экономические последствия. В табл. 2 дается среднее содержание азота, фосфора и калия в пшеничной и ячменной соломе, исходя из ряда опубликованных данных.

Учитывая среднее содержание элементов питания в соломе и диапазон цен на минеральные удобрения, в пересчете на доллары США удобрительная ценность пшеничной соломы составляет 7.77-24.31 долл./т, а ячменной – 8.64-27.57 долл./т (табл. 3).

В системах земледелия, где солома отчуждается, происходит более сильное истощение почвенных запасов элементов питания растений, чем в системах земледелия, где убирается только зерно. В соломе содержится меньше азота и фосфора и больше – калия по сравнению с зерном. В среднем соотношение между содержанием основных элементов питания в соломе и зерне пшеницы составляет 0.47, 0.26 и 4.12, а в соломе и зерне ячменя – 0.49, 0.35 и 5.04 для азота, фосфора и калия соответственно. Истощение запасов элементов питания в почве (особенно калия) усиливается, когда с поля убираются и зерно, и солома.

Удобрительная ценность соломы

При оценке реальной ценности соломы должна учитываться потребность почвы во внесении элементов питания на перспективу. Например, почвы с

Таблица 1. Ежегодное поступление пшеничной соломы и непосредственно углерода, необходимое для поддержания содержания $C_{орг}$ в почве: результаты опубликованных исследований (адаптировано из Johnson et al., 2006).

Регион	Продолжительность опытов, лет	Способ обработки почвы	Севооборот	Орошение	C_{min}	$Солома_{min}$
					-- кг/га/год --	
Монтана	6	Плоскорезная обработка (9-12 см)	Пшеница	Б/О	300	750
Вашингтон	30	Отвальная вспашка	Пар – пшеница	Б/О	4000	10000
Небраска	22	Отвальная вспашка	Пар – пшеница	Б/О	899	2248
Колорадо	84	Отвальная вспашка	Пар – пшеница	Б/О	1100	2750
Вашингтон	23	Отвальная вспашка	Пар – пшеница	Б/О	1200	3000
Мексика	5	Отвальная вспашка	Пшеница – кукуруза	О	1449	3623
Швеция	31	Ручная обработка	Пшеница – ячмень	Б/О	1500	3750
Вашингтон	30	Отвальная вспашка	Пшеница	Б/О	1999	4998
Канзас	42	Отвальная вспашка	Пшеница	Б/О	1999	4998
Орегон	45	Отвальная вспашка	Пар – пшеница	Б/О	2100	5250

О – орошение, Б/О – без орошения.

C_{min} – минимальное ежегодное поступление углерода с надземной биомассой растений (за минусом углерода, содержащегося в зерне), необходимое для поддержания содержания $C_{орг}$ в почве. При расчетах учитывались надземные послеуборочные остатки и не учитывались подземные корневые остатки. Данные получены в научных исследованиях.

$Солома_{min}$ – минимальное ежегодное поступление надземной биомассы (за вычетом биомассы зерна), необходимое для поддержания содержания $C_{орг}$ в почве. $Солома_{min} = C_{min}/0.4$.

Таблица 2. Среднее содержание элементов питания в соломе пшеницы и ячменя (использовались разные источники).

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- кг/т -----		
Пшеница	8.1	1.2	10.3
Ячмень	6.4	0.8	16.5

Таблица 3. Экономическая оценка удобрительной ценности соломы пшеницы и ячменя с учетом минимальных и максимальных цен на минеральные удобрения в период 2001-2008 гг.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
	----- ам. долл./кг -----			
----- ам. долл./т -----				
Низкие цены	0.49	0.55	0.31	
----- ам. долл./т -----				
Пшеница	3.92	0.66	3.17	7.77
Ячмень	3.11	0.44	5.09	8.64
----- ам. долл./кг -----				
Высокие цены	1.39	1.98	1.04	
----- ам. долл./т -----				
Пшеница	11.25	2.38	10.67	24.31
Ячмень	8.88	1.59	17.10	27.57

высокой обеспеченностью обменным калием могут не сразу нуждаться в применении калийных удобрений для возмещения выноса калия с соломой. Однако в долгосрочной перспективе для обеспечения устойчивой урожайности уже потребуются компенсировать вынос калия с соломой за счет внесения калийных удобрений.

Значительно труднее определить ценность соломы по азоту. Когда растительные остатки оставляются в поле, из-за временной иммобилизации азота микроорганизмами рекомендуется дополнительно вносить азотные удобрения. Применение азотных удобрений может способствовать увеличению скорости накопления C_{орг.} в почве. Однако при отчуждении соломы под последующую культуру севооборота может потребоваться меньшее внесение азота до установления нового равновесного состояния органического вещества в почве.

Земельные отношения в сельском хозяйстве часто строятся на основе договоров аренды земли между землевладельцами и арендаторами. Фермеры-арендаторы могут быть более заинтересованы в краткосрочных вложениях, в то время как землевладельцев больше интересует долгосрочный экономический эффект и рациональное использование земель. Обе стороны при принятии решений должны учитывать



При орошении образуется большое количество **соломы**.

важную роль элементов питания в жизни растений.

Многопольные орошаемые севообороты, включающие пшеницу и ячмень, могут отличаться от севооборотов, рассмотренных в данной статье. Например, на Севере Тихоокеанского прибрежного региона США севообороты с зерновыми колосовыми культурами обычно включают люцерну, кукурузу, картофель или сахарную свеклу. Для таких разнообразных орошаемых севооборотов имеется очень мало данных, связанных с поддержанием содержания C_{орг.} в почве.

Заключение

Согласно проанализированным данным, отчуждение соломы зерновых колосовых культур, возделываемых при орошении, не оказывает негативного влияния на содержание C_{орг.} в почве. Однако в условиях неорошаемого земледелия для сохранения содержания C_{орг.} в целом необходимо поступление в почву определенного количества надземных растительных остатков. В условиях высокопродуктивного орошаемого земледелия, по-видимому, формируется достаточное количество подземной растительной биомассы для поддержания или постепенного повышения содержания C_{орг.} в почве. При отчуждении соломы с поля из почвы выносятся значительное количество элементов питания. Для определения реальной ценности соломы сельхозпроизводителям необходимо учитывать затраты на удобрения при последующем возмещении выноса элементов питания из почвы с соломой.

Д-р Таркалсон (e-mail: david.tarkalson@ars.usda.gov) – почвовед-агроном по системам земледелия, а д-р Бьорнберг – сельскохозяйственный инженер, Служба сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США, г. Кимберли, штат Айдахо (США). Д-р Браун – специалист по агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур, Айдахский университет, г. Парма. Д-р Кок – специалист по ресурсосберегающим обработкам почвы, Вашингтонский университет – Айдахский университет, г. Москоу, штат Айдахо.

Литература

- Bahrani, M.J., M. Kheradnam, Y. Emam, H. Ghadiri, and M.T. Assad. 2002. *Exper. Agric.* 38:389-395.
- Bordovsky, D.G., M. Choudhary, and C.J. Gerard. 1999. *Soil Sci.* 164:331-340.
- Curtin, D. and P.M. Fraser. 2003. *Aus. J. Soil Res.* 41:95-106.
- Follett, R.F., J.Z. Castellanos, and E.D. Buenger. 2005. *Soil Tillage Res.* 83:148-158.
- Johnson, J.M.-F., R.R. Allmaras, and D.C. Reicosky. 2006. *Agron. J.* 98:622-636.
- Rasmussen, P.E., R.R. Allmaras, C.R. Rohde, and N.C. Roager, Jr. 1980. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44:596-600.
- Tarkalson, D., B. Brown, H. Kok, and D.L. Bjerneberg. 2009. *Western Nutrient Management Conf. Proc.* 8:32-37.
- Undersander, D.J. and C. Reiger. 1985. *Agron. J.* 77:508-511

Перевод с английского и адаптация: В.В. Носов.

Чему нас учат длительные полевые опыты?

Р. Нортон, Р. Перрис и Р. Армстронг

Длительный полевой опыт, заложенный в 1916 г. в п. Лонгеренонг (Австралия) – это источник данных для оценки многолетних тенденций урожайности при разных системах земледелия, а также здоровья почвы за длительный период наблюдений. Опыт в Лонгеренонге дает нам в сущности такую же информацию, как и другие длительные агрономические опыты. Основным выводом заключается в том, что высокая и устойчивая продуктивность сельскохозяйственных культур достигается в таком севообороте, где оптимизируется борьба с сорняками и болезнями растений, улучшается структура почвы и возмещается вынос элементов питания с урожаем.

В длительных агрономических опытах отрабатываются новые разработки и технологии земледелия. Самые продолжительные из действующих многолетних опытов были заложены в 1843 г. Ротамстедским исследовательским центром в Великобритании, где до настоящего времени проводится 7 таких опытов (Rasmussen et al., 1998). В мире сохранилось только 10 классических длительных опытов (с продолжительностью более 50-ти лет), включая полевой опыт в Австралии, который называется «Севообороты в Лонгеренонге №1».

Опыт в Лонгеренонге – это старейший из действующих полевых опытов в Австралии. Он был заложен в 1916 г. в юго-восточной части страны вблизи г. Хоршам. Почва – вертисоль (Grey Vertisol) со щелочной реакцией среды, имеющая самомульчирующий верхний горизонт. Среднегодовое количество осадков составляет около 420 мм. Опыт в Лонгеренонге закладывался для того, чтобы с учетом урожайности сельскохозяйственных культур установить наиболее оптимальный севооборот. Со временем в рамках данного полевого опыта стали проводиться новые исследования, например, по применению суперфосфата. В опыте в 1-кратной повторности (ежегодно выращиваются все культуры севооборота) изучается 7 севооборотов: бесменная пшеница, пар – пшеница, пар – пшеница – овес (сравливаемый скоту), пшеница – ячмень – горох, пшеница – овес – горох, пар – пшеница – овес и пар – пшеница – овес – овес (сравливаемый скоту). Азотные удобрения не применяются, фосфорные удобрения вносятся в дозе 10 кг P¹/га под зерновые культуры и 5 кг P/га – под остальные культуры. Посев, борьба с сорняками и защита растений осуществляются в соответствии с зональными рекомендациями.

В почве азот и фосфор находятся в разных формах, различающихся по доступности растениям. Большая часть азота в почве сосредоточена в составе органического вещества, которое подвергается минерализации, и, в конечном итоге, азот становится доступным для поглощения растениями в нитратной форме. Внесенный с удобрениями фосфор переходит в почве в формы, различающиеся по скорости десорбции, растворения и минера-



Обучение ученых и фермеров на полевом опыте в Лонгеренонге имеет длительную историю. Эта фотография была сделана в 1930 г. на ежегодном «Дне поля».

лизации² фосфатов, а, следовательно, и по доступности растениям. При анализе почвы определяется содержание наиболее доступных растениям форм фосфора [извлекаемых, например, ионообменными смолами, растворами NaHCO₃ и NaOH] (Hedley et al., 1982). При разработке систем применения фосфорных удобрений на перспективу очень важно понимать, в какие формы в почве переходит внесенный с удобрениями фосфор.

Исследования, проведенные в течение более 90 лет, «дали» нам ряд уроков по урожайности зерновых культур, выносу элементов питания из почвы растениями, а также по устойчивости земледелия в целом.

Урок 1: Устойчивые урожаи можно получать в течение долгого времени

На **рис. 1** показана средняя урожайность пшеницы за многолетний период наблюдений. На графике выделяются определенные этапы, например, повышение урожайности, начавшееся в 1975 г., связано с началом применения гербицидов в опыте (Hannah and O'Leary, 1995). В течение последних 10-ти лет много проблем доставляет корневая нематода рода *Pratylenchus*, а также засорение посевов кострецом, но тенденция снижения урожайности, наблюдаемая примерно с 2000 г., объясняется недостаточным выпадением осадков в данный период. Только при

1 - В пересчете на элемент – P (здесь и далее – прим. переводчика)

2 - Минерализация органических фосфатов

Таблица 1. Хозяйственный баланс азота и фосфора для 7-ми севооборотов длительного полевого опыта в Лонгеренонге (1986-2008 гг.).

Севооборот, 1986-2006 гг.	Средняя урожайность пшеницы ³ , т/га	Баланс фосфора, Δ кг P/га/год	Баланс азота, Δ кг N/га/год
Бессменная пшеница	0.64±0.52	7.3	-7.3
Пар – пшеница	1.50±0.76	0.9	-11.8
Пар – пшеница – овес (стравливаемый скоту)	2.05±0.97	-0.3	-10.6
Пшеница – ячмень – горох	1.46±1.31	3.2	2.9
Пшеница – овес – горох	1.39±1.24	1.2	1.8
Пар – пшеница – овес	1.86±0.95	3.0	-13.9
Пар – пшеница – овес – овес (стравливаемый скоту)	2.11±0.96	-0.1	-12.1

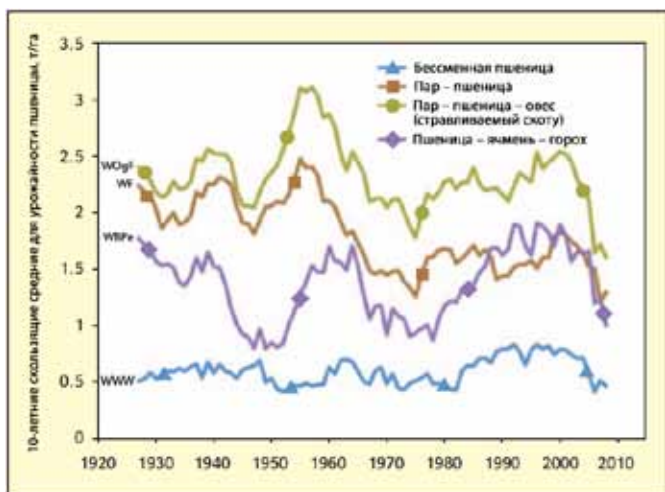


Рис. 1. Урожайность зерна пшеницы в 4-х из 7-ми севооборотов длительного полевого опыта в Лонгеренонге. Представлены 10-летние скользящие средние за период 1916-2008 гг.

монокультуре пшеницы не отмечается тенденции снижения урожайности, поскольку она с самого начала была низкой.

В опыте в Лонгеренонге самая высокая продуктивность культур достигнута в севообороте пшеница – ячмень – горох. Продуктивность культур в данном севообороте, выраженная в биоэнергетических эквивалентах, в 2.5 раза превысила продуктивность бессменной пшеницы (2.22 и 0.87 т/га/год в пересчете на глюкозу соответственно). Использование биоэнергетических эквивалентов позволяет оценить накопление энергии зерном и, кроме того, сравнить продуктивность сельскохозяйственных культур с разным накоплением энергии. В севообороте пшеница – ячмень – горох средняя урожайность пшеницы в течение последних 90 лет составила 1.52 т/га, гороха – 1.53 т/га, а ячменя – 1.57 т/га. Это наиболее рентабельный севооборот с учетом текущих цен на зерно. Включение в севообороты парового поля привело к ухудшению структуры почвы, но способствовало меньшему варьированию урожайности, особенно в годы с низким количеством осадков, которые наблюдались в течение последнего десятилетия (табл. 1).

Для успешной борьбы с сорняками и эффективной защиты растений от болезней необходимо

3 - И ошибка среднего

биологическое разнообразие культур в севообороте. Севооборот – это фундаментальный фактор, обеспечивающий устойчивое функционирование систем земледелия. Он способствует созданию оптимальных условий выращивания растений, поскольку обеспечивает необходимый перерыв в возделывании одной и той же культуры, что сдерживает распространение болезней. Кроме того, чередование культур в севообороте позволяет разработать альтернативные способы борьбы с сорняками и способствует улучшению физико-химических свойств почвы.

Урок 2: Необходимо учитывать баланс элементов питания

Стабильное получение продукции растениеводства в течение длительного периода времени все же требует определенных затрат. В табл. 1 приведен баланс азота и фосфора за последние 25 лет опыта в Лонгеренонге. Мы выбрали именно этот отрезок времени, поскольку в 1984 г. в опыте произошли небольшие изменения. Кроме того, в юго-восточной части Австралии затем наступил длительный за-



День открытых дверей в Лонгеренонгском Колледже в 1930 г.: ознакомление фермеров с новыми сортами.

сушливый период, когда количество выпадающих осадков было ниже среднемноголетних значений.

Данные по урожайности зерна имеются за все годы исследований, а содержание белка (и азота) в зерне стало определяться не так давно. Поступление фосфора с семенами не анализируется – используются результаты, полученные в других опытах. Хозяйственный баланс азота и фосфора рассчитывался следующим образом:

Таблица 2. Соотношение C:N, содержание общего азота, валового и подвижного фосфора (метод Олсена: 0.5 М NaHCO₃), а также частичные результаты определения группового состава фосфатов в почве: многолетний опыт в Лонгеренонге и залежь (образцы почвы отбирались в 2005 г.)

	Бессменная пшеница	Пар – пшеница	Пар – пшеница – овес (стравливаемый скоту)	Пшеница – ячмень – горох	Пшеница – овес – горох	Пар – пшеница – овес	Пар – пшеница – овес (стравливаемый скоту)	Залежь
Общий азот, %	0.070	0.056	0.063	0.085	0.087	0.061	0.066	0.162
C:N	13.3	16.2	14.9	13.0	12.9	13.9	13.8	13.1
Валовой фосфор, мг P/кг почвы	486	367	307	341	329	330	322	295
Подвижный фосфор, мг P/кг почвы	69	52	40	40	47	66	50	18
Фосфор, извлекаемый 1 М HCl, % от валового фосфора	39	25	18	25	22	23	19	7
Фосфор, не растворившийся в 4-х растворителях ⁴ , % от валового фосфора	35	43	47	49	52	50	61	75

N: Поступление с удобрениями + Фиксация бобовыми культурами - Вынос с зерном

P: Поступление с удобрениями - Вынос с зерном

Мы не учитывали поступление азота за счет азотфиксации свободноживущими микроорганизмами и абиотической фиксации азота, а также газообразные потери азота из почвы и потери азота в результате вымывания и эрозии почвы. Фиксация N₂ из атмосферы горохом определялась исходя из урожайности зерна и максимального накопления биомассы растений при индексе урожайности⁵, равном 0.3. Биомасса растений пересчитывалась на фиксированный азот с учетом фиксации 25 кг N/т биомассы (Peoples et al. 2001). Вынос азота с зерном был рассчитан исходя из содержания азота в зерне пшеницы, ячменя, овса и гороха и урожайности зерна данных культур. Пожнивные растительные остатки и растения овса после стравливания оставались на опытных делянках. Содержание фосфора в зерне было проанализировано в 2005 г., и вынос фосфора с зерном рассчитывался на основе этих данных. Безусловно, содержание фосфора в зерне зависит от конкретных условий обеспеченности почвы подвижными формами фосфора.

Как следует из **табл. 1**, с 1984 г. баланс азота в севооборотах без бобовой культуры был отрицательным и составил в среднем -12 кг N/га/год, но при включении гороха в севообороты баланс азота был положительным.

Исходные почвенные образцы, отобранные перед закладкой опыта более 90 лет назад, не были сохранены, поэтому был отобран образец почвы с залежного участка поблизости от опыта. Содержание общего азота и углерода в залежи (слой 0-10 см) в целом согласуется с отрицательным балансом

4 - Отношение массы зерна к надземной биомассе растений [абсолютно сухое вещество]

5 - Ионообменная смола, растворы NaHCO₃, NaOH и HCl

азота. С учетом схемы опыта более глубокий анализ данных не представляется возможным, однако результаты указывают на более высокое соотношение C:N в почве для севооборотов с паровым полем, отражая тем самым постепенное снижение содержания органического вещества в почве и изменение его состава в данных системах земледелия.

В **табл. 1** приводится также баланс фосфора для севооборотов, изучаемых в Лонгеренонге. Тэнг с соавт. (Tang et al., 2006) определяли групповой состав фосфатов в почве в данном опыте. Результаты исследований частично представлены в **табл. 2**. Положительный баланс фосфора отмечается для всех севооборотов, за исключением двух, где есть поля стравливаемого скоту овса. Содержание в почве валового фосфора и труднодоступных фосфатов, извлекаемых раствором соляной кислоты, повыси-



Лонгеренонгский Колледж одним из первых в Юго-Восточной Австралии стал проводить опыты по внесению суперфосфата под зерновые культуры.

лось во всех севооборотах, но сильнее всего – под бессменной пшеницей. Положительный баланс фосфора был выше всего именно при монокультуре пшеницы. Систематическое применение фосфорных удобрений в полевом опыте в Лонгеренонге повышало валовое содержание фосфора в почве, но снижало относительное содержание доступных растениям форм фосфора.



Роджер Перрис (слева) со студентами 2-го курса, обучающимися агрономии в Мельбурнском университете, на опытной делянке в Лонгеренонге.

Что служит источником азота в почве для растений? К сожалению, в опыте в Лонгеренонге, как уже отмечалось, не были сохранены исходные почвенные образцы, но для сравнения можно использовать результаты почвенных анализов для залежного участка. В табл. 2 дается содержание общего азота и соотношение C:N в почве. Если принять содержание общего азота в залежи за исходную точку, то можно оценить величину ежегодного снижения данного показателя. Полученные значения по большей части согласуются с расчетами баланса азота и указывают на то, что снижение содержания общего азота в почве происходит в основном в результате минерализации органического вещества. Поэтому вывод один – азот для питания растений поступает за счет реакций окисления органического вещества почвы, то есть при этом происходит снижение запасов органического углерода в почве. Таким образом, следует понимать, что для сохранения запасов органического углерода необходимо вносить в почву азот (и фосфор).

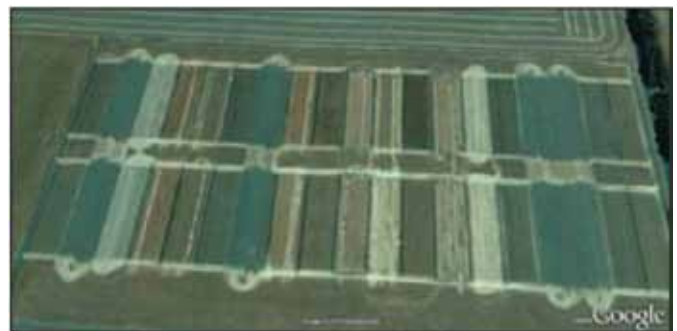
Какова судьба фосфора, внесенного в почву с удобрениями? Как показали исследования, длительное применение фосфорных удобрений повышает валовое содержание фосфора в почве, что в целом согласуется с приходными и расходными статьями баланса фосфора, приведенного в табл. 1. Группы почвенных фосфатов различаются по доступности растениям. Согласно полученным результатам, почти весь внесенный с удобрениями фосфор перешел в труднодоступные для растений формы (группа кислоторастворимых фосфатов и фосфатов, не растворяющихся в использованных вытяжках). Тэнг с соавт. (Tang et al., 2006) отобрали почву со всех полей опыта и изучили отзывчивость разных сельскохозяйственных культур на применение фосфорных удобрений в условиях вегетационного павильона. Несмотря на достаточную обеспеченность почвы подвижным фосфором (метод Олсена), была выявлена отзывчивость растений на внесение фосфорных удобрений. Поэтому вывод один – в изученных щелочных почвах процессы фикса-

ции фосфатов протекают быстро, и общепринятые методы анализа содержания подвижного фосфора в почве не очень надежны для прогнозирования отзывчивости растений на применение фосфорных удобрений. Кроме того, протестированные в вышеуказанном исследовании культуры по-разному отзывались на внесение фосфора. Авторы пришли к выводу, что на изученных почвах эффективность использования фосфора из удобрений можно повысить, если применять фосфорные удобрения исходя из выноса фосфора урожаем.

Содержание углерода в почве. При минерализации органического вещества содержание органического углерода в почве снижается. Учитывая всеобщую заинтересованность в сохранении запасов органического углерода в почвах, в таких длительных агрономических опытах, как опыт в Лонгеренонге, в реальных условиях – при разных системах земледелия можно получать уникальные данные по запасам углерода в почве. Об этом не задумывались в 1916 г., когда закладывался опыт, но теперь в рамках нового научно-исследовательского проекта в опыте будут определяться запасы углерода по профилю почвы, а также плотность почвы.

Выводы

Результаты длительных агрономических опытов имеют фундаментальное значение, поскольку свидетельствуют о том, что функционирование систем земледелия, включая пастбищные системы, может осуществляться в течение многих десятилетий. В зависимости от используемых стратегий данные системы земледелия будут и дальше продолжать обеспечивать нас пищей и растительными волокнами без причинения ущерба природным ресурсам. Имитационные компьютерные модели, разработанные для разных систем земледелия, в том числе и для пастбищных систем, помогают нам анализировать информацию, но для калибровки подобных моделей необходимы реальные экспериментальные данные. Выводы, сделанные на основе 10-20-летних и 50-летних полевых опытов, могут быть принципиально разными. Длительные агрономические



Спутниковый снимок полевого опыта в Лонгеренонге от картографического сервиса Google Earth и компании «ДиджиталГлоуб» (DigitalGlobe), показывающий расположение делянок. Площадь опытной делянки изначально составляла 0,4 га. В 1986 г. было проведено расщепление делянок: на их южной половине стали выращиваться современные сорта пшеницы, а на северной – остался старый сорт Гурха (Ghurkha).

опыты позволяют нам проанализировать тенденции изменения продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от их чередования в севообороте и систем обработки почвы. С самого начала функционирования длительных агрономических опытов мы используем их результаты для установления факторов, от которых зависят устойчивость земледелия и качество окружающей среды, а также адаптация сельскохозяйственных культур к изменяющимся условиям выращивания.

Несмотря на то, что мы уже много знаем о влиянии систем земледелия на здоровье почвы («известные» параметры), есть и показатели, которые пока ещё не были подвергнуты параметризации («известные неизвестные», например, содержание углерода в почве). Существуют, безусловно, и другие показатели, которые мы еще даже и не принимаем во внимание. Спланировать изучение этих «неизвестных неизвестных» и оценить стоимость исследований достаточно трудно. Однако наличие хорошо спланированных и обеспеченных надлежащими ресурсами длительных полевых опытов может сыграть очень важную роль в подобных исследованиях. Как замечено Рассмуссеном с соавт. (Rasmussen et al., 1998), «чтобы лучше предсказать будущее, необходимо иметь целостное представление о прошлом».

Г-н Перрис – технический специалист Департамента базовых отраслей промышленности штата Виктория (г. Хоршам, Австралия) и руководитель длительного полевого опыта в Лонгеренонге.
Д-р Армстронг – Главный агроном Департамента

базовых отраслей промышленности штата Виктория, г. Хоршам. Д-р Нортон – Региональный директор Международного института питания растений по Австралии и Новой Зеландии, г. Хоршам; e-mail: rnorton@ipni.net.

Благодарности

Работа по определению баланса элементов питания была проведена при поддержке Корпорации по исследованиям и разработкам в области зерновых культур (Grains Research and Development Corporation), Проект UM00023. Авторы преклоняются перед дальновидностью специалистов, заложивших многолетние полевые опыты, и признательны поколениям сотрудников, участвовавшим в проведении опытов с момента закладки.

Литература

- Hannah, M. and G.J. O'Leary. 1995. *Aust. J. Exp. Agric.* 35, 951-60.
Hedley, M.J., J.W.B. Stewart, and B.S. Chauhan. 1982. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:970-976.
Peoples, M.B., A.M. Bowman, R.R. Gault, et al. 2001. *Plant and Soil* 228, 29-41.
Rasmussen, P.E., K.W.T. Goulding, et al. 1998. *Science* 282, 893-896.
Tang, C., L. Dart, C. Rogers, et al. 2006. *Phosphorus fractions in a Vertosol after 88-year crop rotations, The 3rd International Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Continuum, May 14-19, 2006, Uberlandia, Brazil.*

Перевод с английского и адаптация: В.В. Носов.

Индустрия минеральных удобрений: соответствие концепции «4-х правил»

Т. Бруулсема

Концепция «4-х правил» применения удобрений принята подавляющей частью производителей минеральных удобрений, а также их партнерами в области сельского хозяйства, в правительственных кругах и экологическом движении. Данная концепция освещает основные аспекты ответственного управления питанием растений и предназначена для использования всеми заинтересованными сторонами, осуществляющими как производственную, так и непроизводственную деятельность. Концепция «4-х правил» учитывает условия каждого конкретного региона – система применения удобрений разрабатывается с учетом региональной специфики. Согласно основному положению концепции, для устойчивого ведения сельскохозяйственного производства необходима оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений. Адаптивные подходы к разработке системы применения удобрений должны поддерживаться промышленностью минеральных удобрений на всех уровнях. Слаженная работа всех сегментов, включая производителей минеральных удобрений, оптовиков и ритейлеров, поставщиков услуг в сфере сельского хозяйства, а также инвесторов помогает сельхозпроизводителям принимать правильные решения и, следовательно, повышать эффективность используемых систем земледелия.

Примерно 25 лет назад Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию выпустила доклад «Наше общее будущее». В данном докладе были заложены основы концепции устойчивого развития, в том числе и

для сельского хозяйства. В течение последних нескольких лет тема устойчивости стала очень важной для крупных корпораций, включая компании сельскохозяйственного и продовольственного секторов экономики. Для повышения эффективности

своей деятельности крупнейшие продовольственные ритейлеры разрабатывают программы, в том числе и по развитию системы поставок вплоть до уровня фермерских хозяйств, включая средства химизации и семена, используемые данными хозяйствами. Эти крупные продовольственные ритейлеры привлекают агробизнес к участию в работе таких организаций, как Консорциум за устойчивое развитие (The Sustainability Consortium) и «Кистоунский» альянс за устойчивое развитие сельского хозяйства (The Keystone Alliance for Sustainable Agriculture).

Концепция «4-х правил» и устойчивое развитие

Использование концепции «4-х правил» применения удобрений способствует выработке рациональных решений по формам, дозам, срокам и способам внесения удобрений. Например, «Кистоунским» альянсом за устойчивое развитие сельского хозяйства разработан «Полевой экспресс-калькулятор» (“Fieldprint Calculator”) с компонентой по парниковым газам, которая использует основные элементы концепции «4-х правил». Вполне вероятно, что разрабатываемый в настоящее время «Индекс качества воды» (Water Quality Index) будет также увязан с положениями концепции «4-х правил».

Существует множество определений понятия «устойчивое сельское хозяйство», однако в большинстве из них делается акцент на удовлетворении растущего спроса на продовольствие при отсутствии негативного влияния на состояние природных ресурсов. При этом должны приниматься сбалансированные решения с учетом последствий для экономики, социальной сферы и окружающей среды.

Как показано на **рис. 1**, правила применения удобрений, то есть выбор оптимальных форм, доз, сроков и способов их внесения для конкретной системы земледелия, тесно увязаны с целями устойчивого развития сельского хозяйства. Система применения удобрений считается «оптимальной», если она помогает всем заинтересованным сторонам в достижении поставленных задач по эффективности функционирования конкретной системы земледелия, ее продуктивности, влиянию на качество питьевой воды и воздуха и т.д.

Научные принципы, лежащие в основе концепции «4-х правил»

С развитием таких наук, как физика, химия и биология были разработаны фундаментальные принципы минерального питания растений. Применение полученных знаний на практике способствовало развитию научных принципов регулирования почвенного плодородия и питания растений. Формы, дозы, сроки и способы внесения удобрений – основные компоненты системы управления питанием растений, каждый из которых имеет глубокое науч-

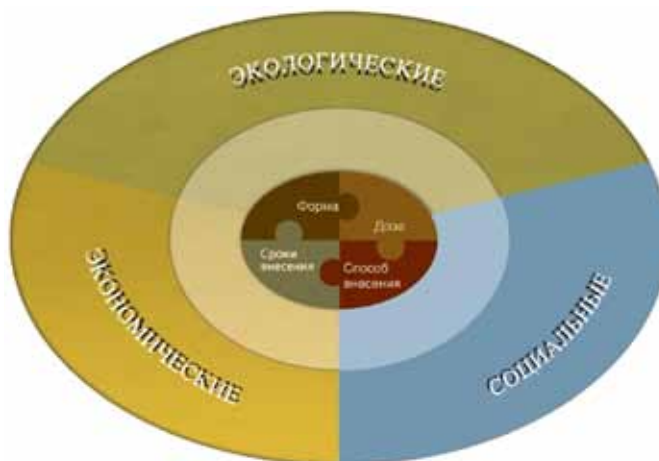


Рис. 1. Концепция «4-х правил» применения удобрений подразумевает, что оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений для конкретной экосистемы помогает всем заинтересованным сторонам решать экономические, социальные, а также экологические задачи.

ное обоснование, исходя из наших представлений о питании растений. Все это можно изложить в виде ключевых принципов, как сделано в **табл. 1**. Для специалистов, консультирующих сельхозпроизводителей по вопросам питания растений, очень важно понимать научные основы, на которых базируются данные ключевые принципы.

Формы, дозы, сроки и способы внесения – полностью взаимосвязанные элементы в системе применения удобрений. Если один из них определен неправильно, то и систему в целом нельзя считать оптимальной. Вполне возможно, что в каждой конкретной ситуации может быть не одна оптимальная комбинация данных четырех элементов. Однако если один из них меняется, то и остальные также могут меняться. Все «4 правила» должны соблюдаться одновременно и соответствовать применяемой системе земледелия и агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур. Для повышения устойчивости растениеводства концепция «4-х правил» применения удобрений акцентирует особое внимание на том, как принятые решения влияют на выходные параметры или на эффективность функционирования системы земледелия. Например, когда недостаток калия лимитирует урожайность, применение калийных удобрений повышает эффективность использования азота и фосфора из удобрений.

Адаптивное управление питанием растений

Процесс адаптивного управления питанием растений состоит из нескольких циклов – принятие решений, их выполнение и оценка результатов (**рис. 2**). Данные циклы прорабатываются на разных уровнях – от хозяйства и региона до государства в целом. Для производителей минеральных удобрений все указанные уровни одинаково важны.

Поставщики услуг в сфере сельского хозяйства, в

Таблица 1. Основные научные принципы, лежащие в основе концепции «4-х правил» применения удобрений (IPNI, 2012).			
Форма	Доза	Сроки внесения	Способы внесения
Содержание важнейших элементов питания	Потребность растений в элементах питания	Динамика поглощения элементов питания	Динамика развития корневой системы
Доступные для растений формы удобрений	Доступность элементов питания из почвы	Периоды максимального поглощения элементов питания	Реакция почвенной среды
Физико-химические свойства почвы	Поступление элементов питания из всех возможных источников	Доступность элементов питания из почвы во времени	Система обработки почвы
Синергизм элементов питания	Прогноз эффективности использования элементов питания из удобрений	Динамика потерь элементов питания из почвы	Внесение удобрений с учетом разного почвенного плодородия полей
Совместимость удобрений в тукомесях	Поддержание почвенного плодородия	Логистика полевых работ	Дифференцированное внесение удобрений с учетом внутривидовой пестроты почвенного плодородия
Сопутствующие элементы	Экономика		

том числе ритейлеры, часто консультируют сельхозпроизводителей на уровне конкретного хозяйства. Сельхозпроизводители прорабатывают опции для каждой культуры и следуют тем рекомендациям по формам, дозам, срокам и способам внесения удобрений, которые больше всего соответствуют конкретным условиям. Специфичные для конкретных условий факторы включают не только почвенное плодородие, рельеф, но и вопросы регионального нормативно-правового регулирования и землепользования.

На региональном уровне поставщики минеральных удобрений принимают решения по формам удобрений (видам продукции), которые они будут реализовывать, и прорабатывают логистику поставок, чтобы отгрузить удобрения в конкретное хозяйство или на конкретное поле в наиболее оптимальные сроки. Для проведения полевых опытов на полях фермеров и интерпретации полученных результатов агрономы, ассоциированные с производителями минеральных удобрений, взаимодействуют непосредственно с сельхозпроизводителями и консультантами по растениеводству. Это помогает апробировать разработанные технологии на практике.

На политическом уровне (отдельное государство или международное сообщество в целом) производители удобрений, инвесторы и правительства принимают решения по разработке конкретных видов продукции и инвестициям в новые производственные мощности и транспортную инфраструктуру. От подобных решений зависит наличие конкретных форм удобрений, а также сроки их внесения сельхозпроизводителями.

Поставленные задачи должны быть согласованы на всех трех вышеуказанных уровнях, поскольку в соответствии с этими задачами оцениваются выходные параметры. Формы, дозы, сроки и способы внесения удобрений важны на всех уровнях, однако необходимо иметь целостное представление о той структуре, которую мы имеем в виду, когда говорим о концепции «4-х правил» применения удобрений или непосредственно о самих практиках.

Контроль и учет

Системы повышения устойчивости растениеводства и системы сертификации на соответствие критериям устойчивого развития в целом нуждаются в контроле и учете. Для контроля и учета на уровне фермерского хозяйства необходимо наличие плана применения удобрений. В отличие от нормативного плана применения удобрений план, составленный в соответствии с концепцией «4-х правил», базируется на следующих основных принципах:

- 1) сельхозпроизводитель указывает задачи устойчивого развития и показатели эффективности для хозяйства;
- 2) гибкость при осуществлении адаптивного управления питанием растений при условии, что информация о применяемых технологиях подробно документируется для каждого поля и для каждой культуры и сохраняется сельхозпроизводителем для внутреннего использования;
- 3) открытая отчетность по применяемым индикаторам или критериям эффективности, которые отражают экономическую, социальную и экологическую составляющие устойчивого развития.

Это ключевые принципы, формирующие ядро системы управления агротехнологиями в соответствии с международными стандартами отчетности в области устойчивого развития.

Пример: Система применения фосфорных удобрений на водосборе озера Эри

Фосфор (P) – важнейший элемент питания сельскохозяйственных культур. Однако избыточная концентрация фосфора в ручьях, реках и озерах может привести к бурному развитию водорослей – «цветению» воды. В период с 1995 по 2011 гг. на водосборе озера Эри в штате Огайо и соседних штатах США на-

«4П»: адаптивное управление питанием растений

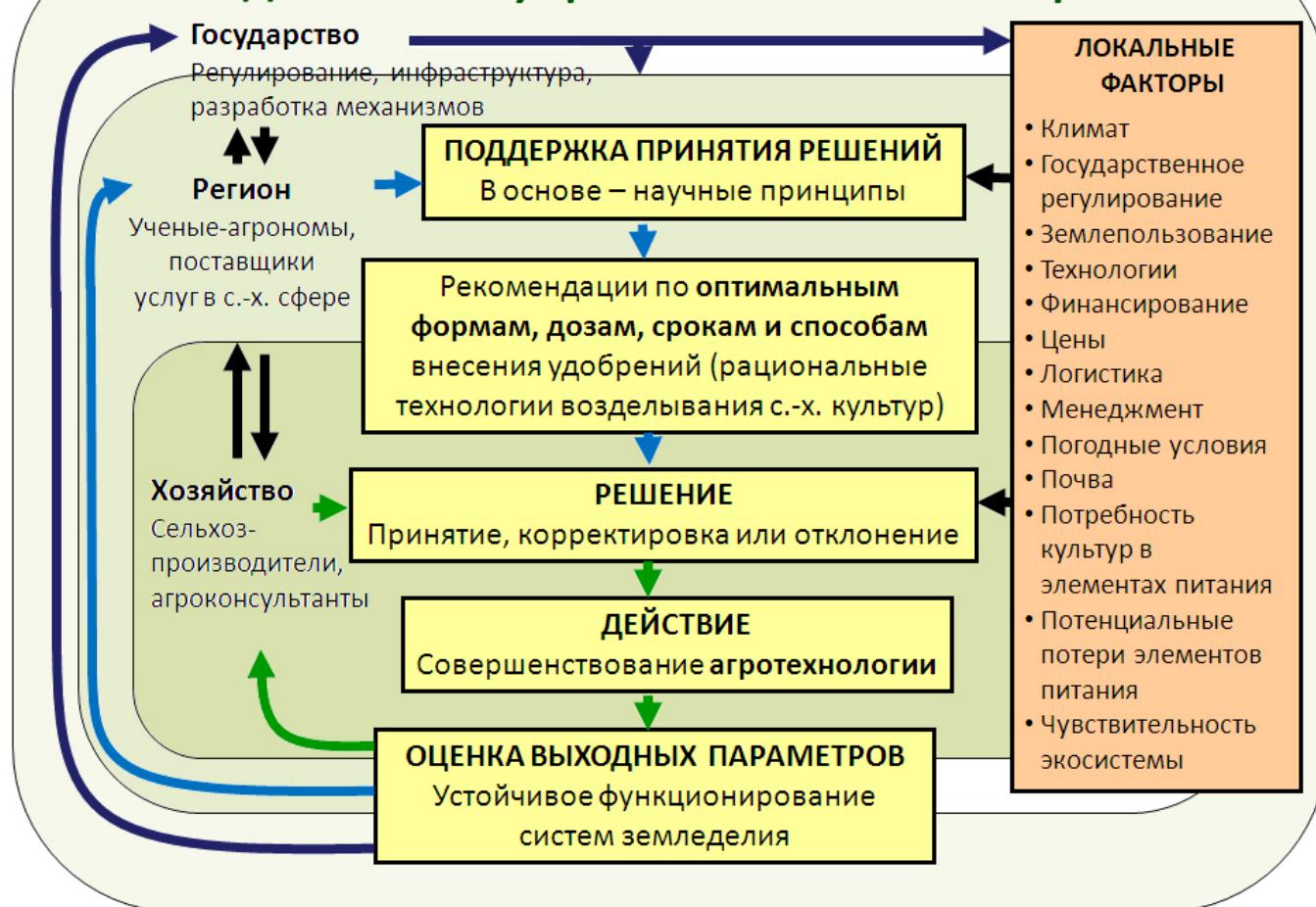


Рис. 2. «4 правила» применения удобрений учитываются при адаптивном управлении питанием растений – в циклах непрерывного совершенствования агротехнологий на уровне хозяйства, региона и государства в целом, исходя из локальных факторов, специфичных для конкретных условий.

блюдалась тенденция роста содержания растворенного фосфора в реках и интенсивности «цветения» воды в озерах. В данной зоне преобладает севооборот кукуруза – соя, и вносимые в почву фосфорные удобрения – это одна из многих возможных причин «цветения» воды.

Согласно результатам исследований, ливневые дожди, выпадающие в течение нескольких дней после внесения фосфорных удобрений вразброс без заделки в почву, обогащают поверхностный сток растворенным фосфором до уровней, значительно превышающих величины, при которых начинается «цветение» воды. При этом потери фосфора из почвы составляют не более 5-10% от внесенного с удобрениями фосфора. В соответствии с концепцией «4-х правил» для уменьшения потерь фосфора из почвы внесение удобрений в указанном регионе должно проводиться в «оптимальные сроки» и «оптимальным способом». В тех случаях, когда это возможно, рекомендуется внутрипочвенное внесение фосфорных удобрений или внесение вразброс с последующей заделкой в почву. Когда заделка удобрений в почву невозможна, например, при нулевой обработке почвы, сельхозпроизводителям рекомендуется внимательно отслеживать прогнозы погоды и избегать внесения фосфорного

удобрения вразброс, если вероятность выпадения сильного дождя в течение ближайших нескольких дней превышает 50%.

Проведение образовательных программ и информирование общественности о том, как использование концепции рационального применения удобрений способствует снижению потерь фосфора из почвы в растворенном виде, осуществляется совместными усилиями в рамках партнёрской группы, охватывающей компании агробизнеса, правительственные агентства и экологические организации. В данную группу входят: организация «Охрана природы», Ассоциация агробизнеса штата Огайо, департаменты сельского хозяйства и природных ресурсов Правительства штата Огайо, Консультационная служба университета штата Огайо, а также ряд ритейлеров в сегменте агробизнеса и сельхозпроизводителей. Ведется постоянная работа по разработке наиболее обоснованных критериев оценки используемых агротехнологий, основанная на научных исследованиях – мониторинге потерь элементов питания на конкретных полях. Информация о программе доступна на интернет-ресурсе «Охрана природы» (The Nature Conservancy). Разработка адаптивных технологий применения удобрений, исходя из концепции «4-х правил», когда

одновременно преследуются как экономические, так и экологические цели, обеспечивает постоянный прогресс в области повышения урожайности сельскохозяйственных культур в этом высокопродуктивном регионе, охватывающем водосборный бассейн озера Эри.

Д-р Бруулсема – Региональный директор Международного института питания растений по Северо-Восточному региону Северной Америки (г. Гуэльф, провин-

ция Онтарио, Канада); e-mail: tom.bruulsema@ipni.net.

Литература

IPNI. 2012. *4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version*, (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.

Перевод и адаптация: В.В. Носов.

Обзор научных публикаций

В этом разделе приводится краткий обзор наиболее интересных, на наш взгляд, публикаций в отечественных научных изданиях

Управление азотным питанием растений в почве

*А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, Л.С. Чернова, Н.Я. Шмырева, *Агрехимический вестник*, № 4, 2012*

Отмечается, что ежегодный вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур в РФ составляет 3.26 млн. т (в среднем за 2007-2011 гг.). Хозяйственный баланс азота при этом отрицательный (-0.97 млн. т/год). Прогнозируемое к 2020 г. расширение площадей, занимаемых бобовыми культурами, увеличение их урожайности и повышение долевого участия бобового компонента в травосмесях многолетних трав до 50%, может способствовать накоплению около 1.7 млн. т фиксированного азота. Это превышает объем применяемых в настоящее время азотных удобрений.

В статье дана оценка газообразным потерям азота из почвы и удобрений и предлагаются основные пути их сокращения, включая приближение сроков внесения азотных удобрений к посеву, а также к периоду начала активного потребления азота растениями; глубокую заделку и локальное внесение азотных удобрений; применение медленнодействующих азотных удобрений; известкование кислых почв.

Влияние удобрений на продуктивность и накопление радионуклидов при возделывании мятликовых трав в одновидовых посевах

*Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Н.К. Симоненко, Е.В. Смольский, *Агрехимический вестник*, №5, 2012*

В Брянской обл. на аллювиальной луговой почве был проведен полевой опыт (2009-2011 гг.) по изучению влияния минеральных удобрений на продуктивность и накопление ^{137}Cs зеленой массой и сеном многолетних трав (ежа сборная, овсяница луговая и двухкосточник тростниковый). Плотность загрязнения ^{137}Cs в период проведения работ по перезалужению (2008 г.) составила 559-867 кБк/м². Независимо от видового состава многолетних трав максимальная

продуктивность зеленой массы (44.2-46.6 т/га) и минимальное содержание в ней ^{137}Cs (72-78 Бк/кг) отмечаются при внесении максимальной дозы удобрений ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$). Аналогичные выводы получены при анализе урожайности сена и накопления в нем ^{137}Cs по вариантам опыта. Согласно результатам исследований, получение зеленой массы и сена мятликовых трав, соответствующих нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs (В.П.13.5.13/06-01), возможно при применении высоких доз калийных удобрений.

Движение ^{137}Cs по цепи «почва – растение – продукция животноводства – человек» также оценивалось в данной работе.

Продуктивность зернопаропропашного севооборота и агрохимические свойства темно-серой лесной почвы в зависимости от зернобобовых культур, удобрений и способов основной обработки почвы

*Л.А. Нечаев, Г.Н. Черкасов, В.И. Коротеев, *Агрехимия*, №1, 2013*

Работа основана на материалах почвенно-агрохимических и мелиоративных обследований земель Орловской обл. (1960-2004 гг.), а также на результатах стационарных опытов, заложенных на темно-серой лесной остаточно-карбонатной среднесуглинистой почве в 1989 и 1983 годах в зернопаропропашных севооборотах. Выявлено четкое положительное действие комплексного окультуривания почвы (применение органических и минеральных удобрений, использование мелиорантов, возделывание зернобобовых культур, оптимизация структуры севооборота) на основные агрохимические свойства пахотного слоя: снижалась кислотность, повышалось содержание доступных растениям форм азота, фосфора и калия. Это способствовало росту продуктивности сельскохозяйственных культур на 8-53%.

При минимизации обработок почвы (опыт с 1983 г.) наблюдалась дифференциация пахотного горизонта по содержанию подвижного калия (по Кирсанову) под всеми культурами в звене севооборота

горох – озимая рожь – гречиха. При безотвальных системах обработки почвы калий, поступавший с удобрениями и растительными остатками, накапливался в слое почвы 0-10 см.

Влияние технологии внесения минеральных удобрений на устойчивость сортов яровой пшеницы к дефициту воды

В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Г.Р. Кудоярова, Агрохимия, №1, 2013

В полевых и микрополевых опытах на выщелоченном черноземе Республики Башкортостан изучена отзывчивость 9-ти генотипов яровой пшеницы на внесение нитрофоски взброс и ленточным способом (в середину междурядий шириной 15 см). При благоприятных гидротермических условиях разбросное внесение нитрофоски обеспечивало прирост урожайности зерна в среднем на 26%. Локализация удобрения способствовала дальнейшему повышению продуктивности (в среднем на 7%).

Однако при острой засухе в мае-июне прибавка урожайности зерна от разбросного внесения удобрения была в среднем в 4 раза меньше, чем при ленточном его распределении. Более того, при внесении удобрения взброс у ряда сортов продуктивность в условиях засухи оставалась на уровне контроля. При данном способе применения удобрения абсолютное и относительное снижение урожайности от засухи в среднем было выше, чем в контроле и при ленточном внесении удобрения. В статье подробно обсуждается, как эволюционно выработанные механизмы адаптации растений к локальному высокосолевому воздействию обеспечивают меньшую зависимость от дефицита воды.

Методические основы диагностики азотного режима чернозема типичного в зерносвекловичном севообороте

В.В. Никитин, Агрохимия, №2, 2013

Рассматриваются результаты полевых опытов, проведенных на черноземах типичных в юго-западной части ЦЧР: стационарного опыта в 5-польном севообороте (горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на силос) и краткосрочного опыта, в котором на протяжении 3-х лет также изучался азотный режим почвы под озимой пшеницей. Урожайность сельскохозяйственных культур в опытах наиболее тесно коррелировала с содержанием нитратного азота в почве и величиной нитрифицирующей способности почвы. Данные, полученные в течение 50-ти опыто-лет, свидетельствуют о том, что в почве происходит миграция нитратного азота на большую глубину. В связи с этим при проведении диагностики азотного режима почвы рекомендуется отбор почвенных образцов до глубины 1 м. Позднеосенние и ранневесенние сроки отбора образцов почв показали одинаковые результаты по содержанию нитратного азота в метровой колонке, поэтому для

оптимизации почвенной диагностики рекомендуется проводить отбор образцов осенью при переходе среднесуточной температуры воздуха через 5°C.

Взаимодействие азота и фосфора почвы и удобрений в питании озимой пшеницы в различных почвенно-экологических условиях

В.И. Никитишен, В.И. Личко, Агрохимия, №2, 2013

Рассматриваются результаты стационарных опытов на серой лесной почве (9-польный севооборот) и краткосрочных полевых опытов на типичном черноземе.

Применение азотного удобрения в посевах озимой пшеницы на серой лесной почве при недостатке фосфора обеспечивало повышение урожайности зерна на 0.19-0.89 т/га, а в посевах, имевших более высокий уровень фосфорного питания – на 0.69-1.85 т/га. В свою очередь, отзывчивость озимой пшеницы на внесение фосфора сильно снижалась при недостатке азота и существенно возрастала при устранении дефицита азота – прирост урожайности составил соответственно 0.37-1.15 и 0.99-2.05 т/га.

Типичный чернозем, имеющий такое же, как и серая лесная почва, или более высокое содержание подвижного фосфора (вытяжка 0.2 М HCl), поддерживал удовлетворительный уровень питания озимой пшеницы фосфором за счет рядкового внесения фосфорного удобрения. Наблюдалась такая же эффективность азота в посевах озимой пшеницы, как и на серой лесной почве, однако взаимодействие азота с фосфором не проявлялось.

Оптимизация азотного питания льна-долгунца при его возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве

А.Н. Налиухин, Агрохимия, №3, 2013

В 4-летних (2008-2011 гг.) полевых опытах, проведенных в Вологодской обл., изучено влияние возрастающих доз азота на урожайность и технологические свойства волокна льна-долгунца. Почва – дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая. Действие азота изучалось на 3-х фонах: P_0K_0 , $P_{60}K_{90}$ и $P_{60}K_{90}Zn_{2.0}B_{1.0}$. В среднем за 4 года исследований наибольшая урожайность волокна (1.01 т/га) получена при внесении азота в дозе 30 кг/га на фоне $P_{60}K_{90}Zn_{2.0}B_{1.0}$. Внесение в почву В и Zn способствовало стабилизации содержания длинного льноволокна в тресте на уровне 16.0-17.4% и ослабляло отрицательное влияние возрастающих доз азота на данный показатель. Наилучшее качество чесаного льноволокна (с относительной разрывной нагрузкой пряжи 13.1-13.3 гс/текс) формировалось при применении фосфорно-калийных удобрений и при их сочетании с В и Zn. Внесение возрастающих доз азота снижало данный показатель.

Изучение доз и способов ранневесенней подкормки озимой пшеницы на черноземе обыкновенном

А.Ф. Донцов, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, Д.А. Шевченко, *Агрохимический вестник*, №6, 2012

Изложены результаты 3-летних (2008-2011 гг.) полевых опытов, проведенных на черноземе обыкновенном в засушливой зоне Ставропольского края. Изучались дозы и способы проведения ранневесенней подкормки озимой пшеницы аммиачной селитрой. Установлено, что эффективность азотной подкормки в большой степени предопределяется погодными условиями, чем дозой и способом внесения удобрений.

На естественном агрохимическом фоне средняя продуктивность сорта Нота составила 3.91 т/га, а сорта Есаул – 3.75 т/га. Внесение аммиачной селитры в дозах 35, 52.5 и 70 кг д.в./га повышало урожайность пшеницы на 0.56, 0.67 и 0.76 т/га соответственно (в среднем для двух сортов). Вне зависимости от сорта и способа внесения азотных подкормок наибольшая прибавка урожайности наблюдалась в оптимальном по погодным условиям 2010-2011 с.-х. году.

Способы внесения удобрений не оказали существенного влияния на урожайность изученных сортов озимой пшеницы, но по экономической эффективности поверхностный способ внесения аммиачной селитры имел неоспоримое преимущество перед прикорневым.

Влияние длительного применения удобрения на физико-химические и агрохимические свойства почвы, урожайность и качество сои

А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Ю.А. Исупова, *Плодородие*, №1, 2013

Стационарный полевой опыт по изучению эффективности применения минеральных удобрений и их влиянию на показатели почвенного плодородия проводится на черноземе выщелоченном легкоголистом в Краснодарском крае. Содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) в контрольном варианте в 2000 г. составило соответственно 82.8 мг P_2O_5 /кг почвы (средняя обеспеченность) и 132.1 мг K_2O /кг почвы (высокая обеспеченность). За время проведения опыта соя возделывалась 2 раза (2000 г. и 2010 г.). Схема опыта включает 16 вариантов с возрастающими дозами НРК под все культуры севооборота. Под сою вносились следующие дозы удобрений: $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$ и $N_{60}P_{120}K_{60}$. Согласно полученным результатам, внесение двойной дозы удобрений под сою ($N_{40}P_{80}K_{40}$) было оптимальным и способствовало повышению урожайности в среднем на 43%. Максимальное накопление белка в зерне получено в вариантах $N_{40}P_{80}K_{40}$ и $N_{60}P_{120}K_{60}$ – в среднем 38.5 и 39.0% соответственно.

Отмечено, что минеральная система удобрения

полевых культур не способствует сохранению содержания гумуса в почве.

Режим минерального питания сахарной свеклы в зависимости от глубины основной обработки и уровня увлажнения чернозема южного

И.В. Сатункин, А.И. Гуляев, *Плодородие*, №1, 2013

В полевых опытах на черноземе южном тяжело-суглинистом (2005-2009 гг., г. Оренбург) проанализировано содержание нитратного азота, а также подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину) в почве в зависимости от режимов орошения (60-65, 70-75 и 80-85% НВ), глубины основной обработки почвы (17-20, 22-25 и 27-30 см) и применения минеральных удобрений (контроль и $N_{170}P_{140}K_{290}$). Полив проводился дождевателем шланговым. Максимальная урожайность корнеплодов (86.1 т/га в среднем за годы исследований) была получена в удобренном варианте опытов при глубине основной обработки почвы 27-30 см и поддержании предполивной влажности почвы в диапазоне 80-85% НВ.

Эффективность применения микроэлементов в формировании продуктивности риса

С.В. Кизинек, А.Х. Шеуджен, А.Н. Бурунов, *Агрохимический вестник*, №4, 2012

Представлены результаты изучения некорневых подкормок риса жидким комплексным микроудобрением в Краснодарском крае. Удобрение содержит растворенные в воде N, P, K, Mg, Mn, Mo, Cr, B и Se в виде солей, а также Cu, Zn, Ni, Co и Fe в виде хелатов. Полевой опыт, проведенный на лугово-черноземной почве, показал, что при применении данного удобрения на фоне внесения $N_{120}P_{90}K_{60}$ прибавка урожайности зерна составляет 0.45-0.57 т/га (7-9%) за счет увеличения длины метелки, массы 1000 зерен и снижения пустозерности.

Формирование урожая и качество клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания

А.В. Шитикова, А.С. Черных, *Плодородие*, №2, 2013

В полевых опытах на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (2011-2012 гг., г. Москва) изучалась подкормка картофеля азотными удобрениями в фазе полных всходов. Карбамид, кальциевая селитра и сульфат аммония вносились в следующих дозах: 45, 60 и 90 кг д.в./га. Под действием подкормок сульфатом аммония наблюдалось ухудшение условий почвенного и воздушного питания и ослабление ассимиляционной деятельности растений, что привело к снижению урожайности. Максимальная урожайность картофеля (в среднем 22.1 т/га) получена

в варианте с подкормкой карбамидом в дозе 45 кг д.в./га. Повышение доз азота (карбамид, кальциевая селитра) было нецелесообразным.

Превышение предельно допустимой концентрации нитратов в клубнях картофеля отмечено в вариантах с подкормкой карбамидом (и сульфатом аммония) в максимальной дозе, а также при использовании для подкормки кальциевой селитры.

Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства чернозема южного и продуктивность культур зернопарового севооборота

М.П. Чуб, В.В. Пронько, Т.М. Ярошенко, Н.Ф. Климова, Н.И. Никонорова, Проблемы агрохимии и экологии, №2, 2013

В условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 1968-1970 гг. на черноземе южном тяжелосуглинистом Саратовского Правобережья, изучалось влияние азотных и фосфорных удобрений, а также соломы на содержание нитратного азота и подвижного фосфора в почве, ее биологическую активность, баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота (пар черный – озимая пшеница – яровая пшеница – просо – ячмень – овес).

С учетом урожайности зерновых культур, окупаемости 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая и уровня рентабельности в 6-й ротации севооборота наиболее эффективным было внесение $N_{190}P_{40}$ в сумме за ротацию или $N_{31,7}P_{6,7}$ на 1 га севооборотной площади. Среднегодовая прибавка урожайности при этом составила 0.82 т з.е./га, а оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая зерна – 21.4 кг з.е.

В полевом опыте наблюдается резко отрицательный среднегодовой баланс калия: -37 кг K_2O /га в контроле и от -48 до -66 кг K_2O /га по остальным вариантам опыта (6-я ротация).

Генотипическая специфичность минерального питания гибридов *Zea mays* в зависимости от агротехнических приемов

В.Н. Багринцева, Проблемы агрохимии и экологии, №2, 2013

Обобщены результаты полевых опытов, которые проводились в 2002-2011 гг. на черноземах обыкновенных карбонатных в Ставропольском крае. Показано, что при применении полного минерального удобрения прибавка урожая зерна у ряда гибридов кукурузы достигает 25% (при возделывании по озимой пшенице). Согласно исследованиям, для зерновой кукурузы в Ставропольском крае озимая пшеница – лучший предшественник по сравнению с яровым ячменем. Эффективность применения удобрений также была значительно выше при выращивании кукурузы после озимой пшеницы.

Отмечено, что в зоне неустойчивого увлажнения при замене отвальной обработки почвы безотвальной и поверхностной урожайность зерна снижалась, особенно у гибридов кукурузы с более продолжительным периодом вегетации.

Согласно сделанным выводам, различия между генотипами по реакции на предшественники, способы обработки почвы, а также на применение минеральных удобрений требуют изучения до внедрения новых гибридов кукурузы в производство.

Действие состава удобрения и доз азота при систематическом применении в севообороте и на монокультуре пшеницы

В.И. Волынкин, О.В. Волынкина, Плодородие, №2, 2013

Рассматриваются результаты многолетнего полевого опыта, заложенного в 1971 г. на черноземе выщелоченном в Курганской области. Исходное содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) было соответственно очень низким (38-40 P_2O_5 /кг почвы) и очень высоким (200-250 мг K_2O /кг почвы). Согласно сделанным выводам, оптимальная доза азота для пшеницы составляет 40-50 кг/га, для кукурузы – 70-80 кг/га, а оптимальная доза фосфора – 20 кг P_2O_5 /га. Отмечается, что последствие фосфорно-калийных удобрений, вносившихся систематически в течение 25-ти лет в среднегодовой дозе P40K40, проявлялось в течение последующих 17-ти лет.

Действие удобрений на окультуривание подпахотного слоя дерново-подзолистой суглинистой почвы и его влияние на продуктивность озимой ржи

А.С. Башков, Т.Ю. Бортник, М.Н. Загребина, А.Ю. Карпова, Плодородие, №2, 2013

Приведены результаты многолетнего полевого опыта, заложенного в 1979 г. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в Удмуртской Республике. Севооборот: занятый пар – озимая рожь – пропашные культуры – ячмень. В опыте изучается известкование, применение навоза и минеральных удобрений, которые вносятся дифференцированно под все культуры севооборота (в варианте N1P1K1 средняя суммарная доза удобрений составляет 105 кг д.в./га севооборотной площади).

Согласно полученным результатам (VII и VIII ротации севооборота), органоминеральная система применения удобрений на фоне известкования способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных культур на 150-161% по сравнению с контролем. Отмечается, что данная система земледелия ведет к окультуриванию как пахотного, так и подпахотного горизонтов почвы. Сделано предположение, что растения озимой ржи в засушливых условиях 2010 г. активно поглощали воду и элементы

питания из подпахотного слоя. Таким образом, варианты, где систематически совместно вносили известь, навоз и минеральные удобрения, имели преимущество в связи с окультуренностью не только пахотного, но и подпахотного горизонта почвы.

Вегетационно-полевой опыт, проведенный в 2009-2010 гг., показал, что в зависимости от степени окультуренности подпахотного горизонта урожайность зерна ржи повышается на 19-37%.

Взаимодействие азотного и фосфорного удобрений в посевах ячменя на серой лесной почве Ополья

В.И. Никитишен, В.И. Личко, Агрехимия, №1, 2013

Обобщены данные, которые были получены за 2 ротации 9-польного севооборота в стационарных полевых опытах, проведенных на серых лесных почвах ополей Центральной России. Показано, что эффективность применения азотных и фосфорных удобрений под ячмень в значительной степени определяется взаимодействием между азотом и фосфо-

ром. Данное взаимодействие проявлялось сильнее при выращивании ячменя с подсевом клевера в условиях умеренного дефицита влаги и крайне низкого исходного содержания подвижных фосфатов в почве. Чистые посевы ячменя в аналогичных условиях не реагировали на внесение фосфора в почву и отзывались на внесение азота независимо от обеспеченности почвы фосфором. При выращивании ячменя в чистом посеве на почве с более высоким содержанием подвижных фосфатов в условиях достаточного увлажнения отмечено заметное преимущество азотного удобрения. Сильный дефицит влаги в сочетании с очень низким фосфатным уровнем почвы полностью ограничивали действие азотного удобрения в чистых и совместных с клевером посевах ячменя и обостряли его потребность в фосфоре.

Отзывчивость чистых посевов ячменя на азотное удобрение была примерно в 2 раза выше, чем ячменя, возделываемого с подсевом клевера. Предположительно, это связано с тем, что растения ячменя, произрастающие совместно с клевером, используют часть симбиотически связанного азота за счет корневых выделений клевера.

Обзор научных публикаций

BETTER CROPS with plant food, № 4 2012

Ежеквартальный журнал

Международного института питания растений

(онлайн в свободном доступе <http://www.ipni.net/bettercrops>)

Влияние форм и способов внесения азотных удобрений на эмиссию закиси азота почвами при возделывании кукурузы в условиях орошения в штате Колорадо

А.Д. Халворсон, С.Дж. Дель Гроссо

Исследования в штате Колорадо показывают, что при возделывании кукурузы в условиях орошения эмиссия N_2O почвой за вегетационный сезон зависит от формы азотного удобрения. Применение азотных удобрений пролонгированного действия с контролируемым высвобождением азота и азотных удобрений с ингибитором нитрификации и ингибитором уреазы при нулевой и полосовой обработке почвы под кукурузу снижает эмиссию N_2O по сравнению с традиционно применяемым карбамидом и растворами КАС. Данное снижение достигает 66% и 43% соответственно. Добавление ингибитора уреазы и ингибитора нитрификации в карбамид и растворы КАС приводило к значительному снижению эмиссии N_2O . Аналогичным образом действовал и карбамид в полимерной оболочке. При поверхностном разбросном внесении изученных форм азота эмиссия N_2O

почвой была ниже по сравнению с поверхностным ленточным внесением. С помощью таких составляющих агротехнологий, как формы и способы внесения азотных удобрений, можно разработать эффективные альтернативные приемы снижения эмиссии N_2O в атмосферу в полусасушливых регионах.

Влияние минимальной обработки почвы и применения минеральных удобрений на продуктивность кукурузы и сои в Кении

Дж. Кихара и С. Нджороге

В странах Африки южнее Сахары внедрение технологий ресурсосберегающего земледелия в мелких фермерских хозяйствах, выращивающих кукурузу, идет с переменным успехом в основном из-за снижения урожайности сельскохозяйственных культур в первые годы после перехода от традиционной системы обработки почвы к ресурсосберегающей. Результаты данного исследования подтверждают снижение урожайности кукурузы в первые годы при переходе на ресурсосберегающие технологии обработки почвы и свидетельствуют о том, что, по меньшей мере, через

6 сезонов урожайность восстанавливается до уровня, наблюдаемого при традиционной системе обработки почвы. Способы обработки почвы, однако, не оказывали влияния на урожайность сои, что позволяет использовать данные преимущества ресурсосберегающих технологий при возделывании сои в севообороте с кукурузой и при совместных посевах.

Рекомендации по применению минеральных удобрений под масличную пальму для мелких хозяйств, разработанные с учетом почвенно-климатических условий и базы данных крупных плантаций

М.Дж. Уэбб, П.Н. Нельсон, Л.Г. Роджерс, Дж.Н. Карри, Дж.М.С. Пасуквин, А.М. Джонстон

Исследования, проведенные в Папуа-Новой Гвинее, заложили основы для использования рекомендаций по применению удобрений под масличную пальму мелкими хозяйствами. Данные рекомендации были разработаны для соседних больших плантаций исходя из результатов опытов с удобрениями. Используемые подходы представлены в виде концептуальной модели, которая может применяться и для других регионов. Кроме того, по мере получения новых данных данную модель можно корректировать.

Экономика применения минеральных удобрений под зерновые культуры, возделываемые при орошении на Индо-Гангской равнине

В.Б. Шахи, А. Кумар, Н. Гупта, К. Маджумдар, М.Л. Джет, Т. Сатьянараяна, М. Памполино, С. Датта, Х.С. Хурана, А.М. Джонстон

Опыты, проведенные на полях фермеров на Индо-Гангской равнине (ИГР), отчетливо продемонстрировали отзывчивость зерновых культур (риса, пшеницы и кукурузы) на применение НРК-удобрений. Экономический анализ, выполненный с учетом текущих и прогнозируемых цен на удобрения и зерно (минимальных закупочных цен на зерно), показал хорошую окупаемость затрат на приобретение азотных, фосфорных и калийных удобрений в ИГР-регионе при различных сценариях.

Отзывчивость кукурузы на сбалансированное применение минеральных удобрений в Северо-Западном Китае

Ш. Ли, Цз. Цзинь, Ю Дуань, Т. Джуо, Я. Чжан и Ю. Ли

Опыты, проведенные на полях фермеров в регионе, где обычно применяются только азотно-фосфорные удобрения, выявили положительное влияние калийных удобрений на продуктивность кукурузы. Сбалансированное применение азотных,

фосфорных и калийных удобрений способствовало приросту урожайности зерна в среднем на 1.2 т/га и повышало доход фермеров на 300 ам. долл./га по сравнению с традиционной практикой применения удобрений. Данный пример, когда в почву в течение длительного времени вносились только азот и фосфор и не вносился калий, демонстрирует серьезные последствия несбалансированного применения удобрений в Китае.

Текущее и прогнозируемое содержание обменного калия в почвах Уругвая

М. Барбазан, К. Ботес, Л. Беукс, Дж.М. Бордоли, А. Калифра, Дж.Д. Кано, А. дель Пино, О. Эрнст, А. Гарсия, Ф. Гарсия, С. Маззилли и А. Квинке

Обследования посевов, которые были недавно проведены в Уругвае, выявили недостаток калия у основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в стране. Предварительный анализ данных указывает на то, что растения испытывают недостаток калия почти на 5 млн. га посевных площадей. Исходя из результатов 50-ти полевых опытов, проведенных на 6-ти основных сельскохозяйственных культурах, критическое содержание обменного калия в почве было определено как 0.34 ммоль (экв)/100 г почвы (133 мг К/кг почвы).

Роль азотного удобрения в сохранении содержания органического вещества в пахотных почвах

Дж. К. Ладха, С.К. Редди, А.Т. Падре и К. ван Кессель

В данной статье обобщаются результаты исследований, опубликованные Ладхой с соавт. (2011), и используются данные длительных полевых опытов, которые проводятся в разных регионах мира для изучения влияния азотных удобрений на содержание органического вещества в почве. Показано, что применение азотных удобрений замедляет снижение содержания органического вещества в почве или же способствует небольшому приросту данного показателя с установлением нового равновесного состояния органического вещества в почве после применения азотных удобрений.

Питание зерновых колосовых культур калием на каштановых почвах

В.Н. Багринцева и В.В. Носов

Анализ тенденций изменения плодородия почв по калию и содержания разных форм калия в почвах Юга России свидетельствует о том, что содержание доступного калия снижается быстрее в каштановых почвах, чем в черноземах. Применение калийных удобрений на каштановых почвах в засушливой зоне Ставропольского края повышает урожайность и качество зерна зерновых колосовых культур (озимой пшеницы и озимого ячменя).