

## СОДЕРЖАНИЕ

Влияние безводного аммиака на свойства почвы и продуктивность полевых культур.....	2
Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы в условиях ЦЧР.....	6
Агроэкологическая эффективность различных систем удобрения ярового рапса в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан.....	10
Экологическая оценка питания кукурузы на черноземе обыкновенном Ростовской области.....	13
Обзор научных публикаций.....	16

## Международный Институт Питания Растений

**Иванова С.Е.**, вице-президент программы по Восточной Европе и Центральной Азии  
e-mail: [sivanova@ipni.net](mailto:sivanova@ipni.net)

**Носов В.В.**, директор программы на Юге и Востоке России  
e-mail: [vnosov@ipni.net](mailto:vnosov@ipni.net)

Бесплатная подписка: [ipni-eeeca@ipni.net](mailto:ipni-eeeca@ipni.net)

125466 Россия, Москва,  
ул. Ландышевая, д. 12, пом. 17а  
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>  
<http://eeeca-ru.ipni.net>

e-mail: [ipni-eeeca@ipni.net](mailto:ipni-eeeca@ipni.net)

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений  
© Международный институт питания растений 2014

Уважаемый читатель, каждый год Международный Институт Питания Растений (IPNI) проводит конкурс научных работ аспирантов и студентов «IPNI Scholar Award». В 2014 году победителями конкурса стали 30 аспирантов и студентов из разных стран мира: России, Украины, Индии, Китая, Аргентины, Австралии, Уругвая, Бразилии, Венесуэлы, Египта, Марокко, Малайзии, США и Канады. Более подробная информация о всех победителях доступна на сайте IPNI <http://www.ipni.net/article/IPNI-3376>. В нашем регионе (Восточная Европа и Центральная Азия) победителями конкурса стали Александра Ореховская из Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина за научную работу на тему «Азотный режим чернозема типичного и продуктивность озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов», Алина Ревтьев из Института почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского (г. Харьков, Украина) за научную работу на тему «Почвенно-экологические аспекты применения безводного аммиака в земледелии» и Гульназ Юсупова из Башкирского государственного аграрного университета за научную работу на тему «Агроэкологическая эффективность применения различных систем удобрения ярового рапса в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан». Краткие биографии региональных победителей доступны на нашем русскоязычном сайте <http://eeeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2252>.



**Торжественное вручение** сертификатов IPNI победителям конкурса «IPNI Scholar Award - 2014».

В дополнение к сертификату IPNI мы предоставляем победителям конкурса возможность опубликовать свою научную статью на страницах нашего вестника. Этот выпуск вестника как раз полностью состоит из статей победителей конкурса. Лучшие публикации будут переведены на английский язык и опубликованы в журнале Better Crops with Plant Food.

Каждый год документы на конкурс принимаются с 1 января по 30 апреля. Вся информация о конкурсе доступна на нашем русскоязычном сайте <http://eeeca-ru.ipni.net/topic/award>.

Мы искренне поздравляем наших победителей! Желаем им успехов в научной карьере и благополучия!

С уважением,  
Светлана Иванова.

Московский офис МИПР (IPNI) объявляет о вакансии на должность специалиста по сопровождению агрономических проектов.

Обязательное условие – высшее образование по специальностям: агрономия, агрохимия или почвоведение, а также опыт практической работы по закладке и проведению опытов с удобрениями. Наличие ученой степени приветствуется.

Обязательно проживание в ЦФО.

Присылайте Ваше резюме на [ipni-eeeca@ipni.net](mailto:ipni-eeeca@ipni.net)

# Влияние безводного аммиака на свойства почвы и продуктивность полевых культур

Мирошниченко Н.Н., Гладких Е.Ю., Ревтье А.В.

Несмотря на технологический прогресс в агропромышленном производстве, дефицит продуктов питания остается глобальной неразрешенной проблемой мирового масштаба. В ее решении одним из наиболее действенных и до сих пор полностью не использованных резервов является оптимизация минерального питания растений. В рамках 4R-стратегии возможны различные решения для оптимизации видов, форм и доз удобрений, а также сроков и способов их внесения (IPNI, 2012). Однако для выбора наиболее правильного решения необходимо учитывать не только прямой эффект повышения продуктивности выращиваемых культур, но и отдаленные последствия длительного применения удобрений для плодородия и качества почв. При внедрении новых технологий объективный и профессиональный мониторинг не только обеспечит стабильность производства и снижение эколого-экономических рисков, но и будет способствовать решению таких задач, как гармонизация взаимосвязи между интенсивным земледелием и состоянием окружающей среды, распространение научных знаний о питании растений, ответственное отношение к основному средству производства.

В структуре минеральных удобрений, вносимых под посевы полевых культур в Украине, доминирующим элементом выступает азот, объемы применения которого с каждым годом возрастают, что, соответственно, обуславливает широкий ассортимент азотных удобрений (табл. 1). Наиболее концентрированным и дешевым (рис. 1) в этом ассортименте является жидкий безводный аммиак, преимущества которого уже давно оценили в США и Канаде. На территории Украины, как и ее ближайших соседей – России и Белоруссии, эта форма азотных удобрений пока применяется в небольших объемах. При существующих объемах производства безводного аммиака, составляющих 200-250 тыс. т, лишь 12% от этого количества используется украинскими сельхозпроизводителями.

С одной стороны, это можно объяснить высокими стартовыми затратами на создание инфраструктуры в цепи «завод-поле», а это экономически нецелесообразно для небольших хозяйств (Завалин, 2014). С

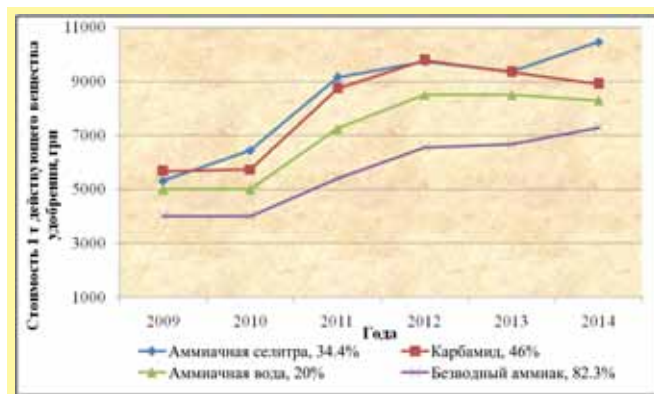


Рис. 1. Динамика стоимости азотных удобрений в Украине в 2009-2014 гг.

другой стороны, вполне понятны опасения многих сельхозпроизводителей в отношении возможного ухудшения плодородия почвы из-за высокой токсичности и химической агрессивности аммиака. Именно высокие требования к технике безопасности при несовершенстве технологии внесения ограничили применение безводного аммиака в земледелии бывшего СССР. К сожалению, в отечественной научной литературе крайне мало сведений о воздействии аммиака на качество почвы, а длительных наблюдений в Украине не проводилось вообще. Между тем, объемы применения безводного аммиака в земледелии неуклонно расширяются. Жидкий безводный аммиак имеет существенные преимущества перед гранулированными азотными удобрениями: меньшие энергозатраты на производство единицы азота; полная механизация всех технологических процессов; более равномерное распределение по полю. По расчетам Н. Zhang (2006), затраты на применение 1 кг азота в виде жидкого аммиака на 57% ниже, чем при использовании карбамида и аммиачной селитры.

Для комплексной оценки влияния безводного аммиака на свойства чернозёмных почв, которые занимают около 65% пахотных земель Украины, был заложен производственный полевой опыт на базе демонстрационного опытного поля АО «Райз-Максимко» в Лохвицком районе Полтавской области.

Исследуемая почва – чернозем оподзоленный слабогумусированный среднесуглинистый на лес-

Таблица 1. Структура внесенных минеральных удобрений под посевы сельскохозяйственных культур в Украине за период 2011-2013 гг. (данные государственной службы статистики Украины)

Года	Внесено минеральных удобрений (в действующем веществе)							кг/га посевной площади
	всего, тыс. т	в том числе						
		азотные		фосфорные		калийные		
		тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	
2011	1263.3	898.9	71.2	195.2	15.4	169.2	13.4	68
2012	1343.0	928.3	69.1	220.5	16.4	194.2	14.5	72
2013	1489.5	1040.9	69.9	235.8	15.8	212.8	14.3	79

свидном суглинке. Исходные параметры в верхнем генетическом горизонте: содержание физической глины – 36.1%, емкость поглощения – 210 ммоль/кг почвы, степень насыщения кальцием – 79%, общее содержание гумуса – 2.3%, содержание щелочногидролизруемого азота – 114 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 115 мг/кг почвы, подвижного калия – 65 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 5.3, гидролитическая кислотность – 21.1 ммоль/кг.

Согласно схеме опыта, сравнивалось действие безводного аммиака и аммиачной селитры, которые вносили три года подряд на одни и те же участки в дозе 100 кг д.в./га на фоне двух способов основной обработки почвы – дискование в 2 следа на глубину 12 см и вспашка на глубину 20 см. Исследования проводили в звене севооборота кукуруза на зерно (гибриды НС 251 – ФАО 250 и ДК 291 – ФАО 280) – озимая пшеница (сорт «Богдана») – подсолнечник (гибрид НС-Х-6046). Безводный аммиак вносили в ленты на глубину 18 см с шириной 56 см между лапами инжектора с помощью автоматизированного комплекса: культиватор Blu-Jet Land Runner II в комбинации с полевой бочкой Max Field Twin 2000 gal, агрегатированные с трактором John Deere мощностью 300 л.с. Аммиачную селитру вносили всплошную взброс осенью под основную обработку.

Утверждения об ухудшении ряда почвенных показателей, таких как структура почвы, содержание гумуса, уровень рН, состояние микрофлоры, высказывались с самого начала внедрения технологии использования безводного аммиака на удобрение. Еще полвека назад Parendick R.I. and Parr J.F. (1966, 1969) высказывали опасения относительно возмож-

ности разрушения почвенных агрегатов при внесении безводного аммиака, которое объясняли процессами сольюбилизации (коллоидного растворения) органического вещества почвы. В нашем случае не выявлено существенных изменений в устойчивости микроструктуры чернозема оподзоленного, который сохранял высокую потенциальную способность к оструктурированию, микроагрегированность и водостойчивость. Глубокая обработка почвы оказала более разрушительное действие на микроструктуру, чем внесенные удобрения, что подтверждается исследованиями В. Медведева (1988), Г. Петерсона (2006), В. Зинченко (2011).

Наряду с этим, внесение безводного аммиака приводит к усилению подвижности органического вещества почвы. Первые дни после внесения безводного аммиака непосредственно в ленте отмечается максимальное содержание лабильного гумуса, постепенно снижающееся в направлении междурядья. Однако уже через месяц содержание лабильного гумуса в пахотном слое после внесения безводного аммиака и аммиачной селитры было практически одинаковым, превышая неудобренную почву на 70%. С увеличением периода после внесения удобрений содержание лабильного гумуса еще снизилось, что позволило сделать вывод о равнозначности влияния обеих форм удобрений (рис. 2). За этот период доля лабильных форм в составе гумуса сократилась с 17% до 12%, что связано с изменением рН почвы и содержания аммиачного азота. Эти данные опровергают мнение о том, что гумус «плывет» при внесении безводного аммиака, хотя, безусловно, он оказывает пептизирующее воздействие.

Изменение кислотности почвенного раствора является одним из наиболее дискуссионных вопросов применения безводного аммиака. Хотя это удобрение и считается физиологически щелочным, его вклад в подкисление почвы бесспорный. Известно, что первые 2-4 дня после применения безводного аммиака в ленте внесения происходит подщелачивание, но в дальнейшем кислотность почвенного раствора стабилизируется и повышается (Bouman O.T. et al., 1995; Chien S.H. et al., 2008; Norman R.J. et al., 1987). Тридцатилетние наблюдения Schroder J.L. et al. (2011) показали постепенное подкисление почвенного раствора при ежегодном внесении безводного аммиака до значений рН 4.2-4.4 по сравнению с рН 5.1 в варианте без внесения удобрений, что сопровождалось значительным снижением урожайности пшеницы. Наши исследования подтверждают подкисление почвы при применении безводного аммиака на черноземе оподзоленном, которое имеет сезонную динамику (рис. 3) с частичным накопительным эффектом. Колебания обменной кислотности составляли 1-7 % к контрольному варианту (рН=4.95-5.30), а гидролитической кислотности – 4-5% по сравнению с контролем (рН = 2.76-3.09).

Подкисление было вызвано преобразованием  $\text{NH}_4^+$  в  $\text{NO}_3^-$  под действием нитрифицирующих бактерий и вытеснением обменно-поглощенных катионов высвобождающимся ионом водорода. Наибольшие изменения в почвенном поглощающем комплексе

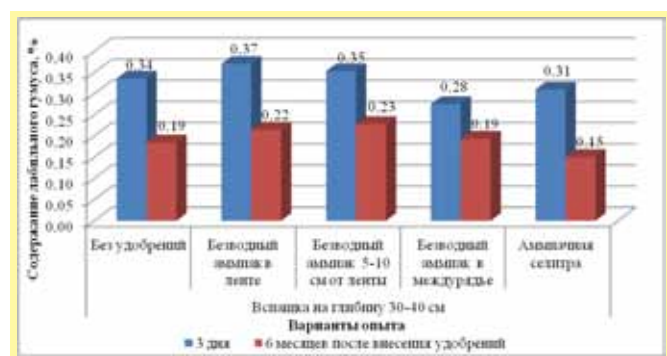


Рис. 2. Изменение содержания лабильного гумуса в пахотном слое чернозема оподзоленного в зависимости от формы азотных удобрений и способа основной обработки почвы

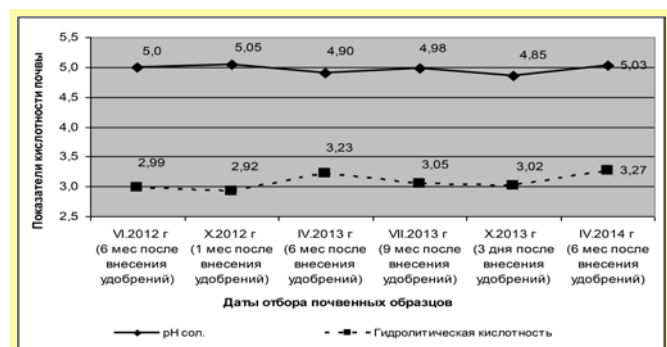
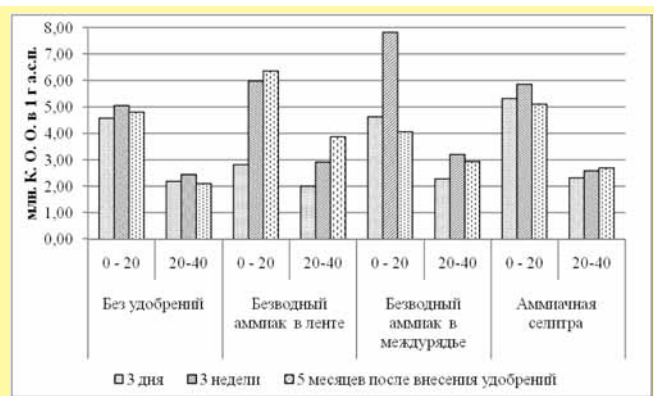


Рис. 3. Динамика изменений показателей кислотности чернозема оподзоленного в пахотном слое в течении трехлетнего применения безводного аммиака

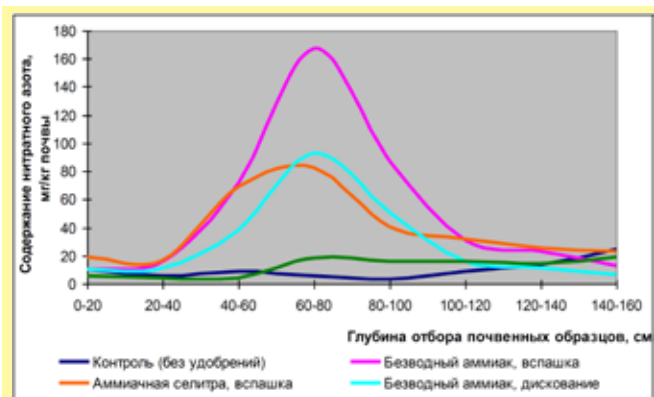


**Таблица 2.** Содержание минерального азота в черноземе оподзоленном при применении различных форм азотных удобрений

Варианты опыта	Глубина отбора проб, см	Содержание минерального азота в почве, мг/кг	
		3 дня после внесения удобрений (X.2013 г.)	6 мес. после внесения удобрений (IV.2014 г.)
Контроль (без удобрений)	0-20	6.6	6.6
	20-40	8.3	10.8
Безводный аммиак (N=100 кг/га)	в ленте	0-20	44.5
		20-40	20.2
	в междурядье	0-20	11.5
		20-40	28.0
Аммиачная селитра (N=100 кг/га)	0-20	13.7	
	20-40	21.4	



**Рис. 4.** Изменение уровня биогенности чернозема оподзоленного при внесении безводного аммиака



**Рис. 5.** Миграция нитратных форм азота по профилю почвы под влиянием применения разных форм удобрений и способов основной обработки почвы

характерны для локальной зоны внесения аммиака, объем которой составляет всего лишь 1.3% пахотного слоя почвы. Подкисляющий эффект аммиачной селитры менее выражен, что обусловлено меньшей концентрацией ионов аммония в этой форме удобрений.

Первые дни после внесения безводного аммиака в ленте происходит депрессия микробного ценоза, и численность микроскопических грибов, актиномицетов, а также микроорганизмов, ассимилирующих минеральные и органические формы азота, снижается практически вдвое (рис. 4). Стрессового влияния не отмечено только на олигонитрофильных и олиготрофных микроорганизмов, для которых, вероятно,  $N-NH_4^+$  является потенциальным источником нитрификации. Через три недели после внесения аммиака происходит возобновление активности микроорганизмов, поэтому утверждать о катастрофических не-

обратимых изменениях в структуре эколого-трофических групп, по меньшей мере, некорректно.

Наряду с более сильным влиянием безводного аммиака на физико-химические и биологические свойства почвы, более выражены изменения агрохимических свойств почвы. В первую очередь следует отметить, что в зоне внесения безводного аммиака значительно повышается содержание минерального азота, достигая концентраций порядка 200-250 мг/кг на почвах суглинистого гранулометрического состава (Effect of ammonia..., 1990). В нашем опыте через 3 дня после внесения безводного аммиака концентрация минерального азота в ленте составляла 44.5 мг/кг почвы, что более чем втрое выше, чем при разбросном внесении аммиачной селитры (табл. 2). Соответственно, в междурядье содержание минерального азота было ниже, чем при внесении аммиачной селитры, которая обеспечивает его более равномерное распределение в почве. Вследствие вышеупомянутого снижения микробиологической активности в ленте минеральный азот, внесенный осенью, остается до весны преимущественно в аммонийной форме. В период возобновления вегетации соотношение  $NH_4:NO_3$  составляло 1.7:1, тогда как при внесении аммиачной селитры было противоположным – 1:1.4.

Замедление процессов нитрификации при позднеосеннем внесении аммиака положительно влияет на закрепление азота почвенным поглощающим комплексом, что сокращает миграцию азота за пределы почвенного профиля. Однако при благоприятных для нитрификации гидротермических условиях разовое внесение высоких доз азотных удобрений ленточным способом может привести к формированию очагов накопления нитратов и усилению их миграции в грунтовые воды. На черноземе оподзоленном легкосуглинистого гранулометрического состава максимальное накопление нитратов при внесении безводного аммиака в 2013 г. наблюдалось на глубине 60-80 см, а в 2014 г. – на глубине 100-120 см, где их концентрация была вдвое выше, чем при внесении аммиачной селитры. Существенную роль в процессе миграции азота играет способ основной обработки почвы. Замена вспашки дискованием сокращает зону выщелачивания азота (рис. 4).

При этом следует отметить, что концентрация нитратного азота непосредственно в ленте внесения жидкого безводного аммиака на глубине 80-120

Таблица 3. Содержание подвижного фосфора и калия в почве (слой 0-20 см) в зависимости от внесения различных форм азотных удобрений				
Содержание подвижного фосфора и калия (метод Чирикова), мг/кг почвы				
Варианты опыта	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	1 мес. после внесения удобрений	6 мес. после внесения удобрений	1 мес. после внесения удобрений	6 мес. после внесения удобрений
Контроль (без удобрений)	230	237	141	136
Дискование в 2 следа	Безводный аммиак	286	251	167
	Аммиачная селитра	279	262	152
Вспашка	Безводный аммиак	284	250	154
	Аммиачная селитра	296	236	137
НСР <sub>0.05</sub>	7.0	6.9	11.0	9.5

Таблица 4. Урожайность культур звена севооборота при применении различных форм азотных удобрений и способов основной обработки почв, т/га					
Способы обработки	Формы удобрений	Кукуруза на зерно		Пшеница озимая	Подсолнечник
		гибрид НС 251	гибрид ДК 291		
Контроль	Без удобрений	-	-	4.4	3.3
Дискование	Безводный аммиак	4.9	5.5	5.2	-
	Аммиачная селитра	4.8	4.9	4.9	-
Вспашка	Безводный аммиак	4.9	8.4	5.3	3.8
	Аммиачная селитра	4.6	5.2	4.9	4.6
НСР <sub>0.05</sub>		0.9	1.0	0.4	0.3

см была выше в 1.7 раза, чем в почвенных образцах, отобранных в междурядье (рис. 5).

Наряду с определенными рисками и ограничениями, которые, безусловно, нужно контролировать, специфика взаимодействия безводного аммиака с почвой обуславливает ряд преимуществ этой формы удобрений. Об этом свидетельствуют расчеты коэффициента мобилизации азотного фонда почвы, который в 1.7-1.9 раза превышает соответствующие показатели на вариантах с применением аммиачной селитры. Использование растениями азота из безводного аммиака также выше, достигая 69-89% против 40% при применении аммиачной селитры.

В свое время некоторые исследователи (F.A. Stanley et al., 1956; D. Smith et al., 1960) отмечали также увеличение содержания растворимых форм фосфора и калия в зоне внесения аммиака, хотя существуют и противоположные взгляды (L.R. Darusman et al., 1991). Результаты наших исследований показывают, что содержание подвижного фосфора и калия через месяц после внесения безводного аммиака действительно несколько возрастает, но в дальнейшем этот эффект практически полностью исчезает (табл. 3). Вероятной причиной этого является подкисление почвы и повышение концентрации водорастворимого органического углерода, а последствием – улучшение фосфорно-калийного питания растений (коэффициенты использования фосфора и калия из почвы были выше в 1.3 раза).

Многочисленными исследованиями доказано, что действие безводного аммиака на урожай сельскохозяйственных культур равноценно действию твердых азотных удобрений (H. Ukrainetz et al., 1996; C.A. Campbell et al., 1993; A.E. Russell et al., 2006). Есть и противоположное мнение о снижении урожайности культур вследствие подкисления почвенного раство-

ра и повышения растворимости Al, токсичного для растений (S.K. Kariuki et al., 2007; D.J. Tomasiewicz et al., 1985). Урожайность культур звена севооборота в нашем опыте подтверждает высокую эффективность внесения жидкого безводного аммиака в качестве азотных удобрений (табл. 4). Полученные прибавки урожайности кукурузы гибрида НС 251 (0.3 т/га), гибрида ДК 291 (0.6-3.2 т/га), пшеницы озимой (0.3-0.4 т/га) мы связываем, прежде всего, с лучшей позиционной доступностью азота. Азот, внесенный ленточным способом на глубину в три раза ниже глубины высева, позволяет корням растений поглощать его быстрее, особенно в условиях засухи. Урожайность подсолнечника в 2014 г., напротив, была выше (на 0.8 т/га) при внесении аммиачной селитры, что объясняется достаточным количеством осадков в течение вегетации, которое обеспечивало равномерное перераспределение азота вглубь по профилю почвы и повышало его доступность корням растений.

Таким образом, экономическая эффективность применения безводного аммиака достигается как за счет снижения затрат на приобретение удобрений, так и за счет повышения урожайности культур. Чистый доход от применения безводного аммиака был выше, чем при внесении аммиачной селитры (в среднем на 20-25%). Уровень рентабельности выращивания культур звена севооборота составлял 46-110%, в то время как применение аммиачной селитры под пшеницу озимую в 2012-2013 гг. дало убыточность 21-26 %.

**Выводы.** Применение жидкого безводного аммиака при выращивании полевых культур на черноземах оподзоленных имеет ряд агрономических и экономических преимуществ над традиционной аммиачной селитрой, позволяя повысить эффективность использования элементов питания из почвы и удобрений. В то же время, экологические риски при-

менения безводного аммиака в земледелии требуют систематического контроля кислотности почвы, ее гумусового состояния и вымывания азота в подпочвенные воды.

Авторы – сотрудники Национального научного центра «Институт почвоведения та агрохимии имени А.Н. Соколовского» (г. Харьков, Украина):

Мирошниченко Н.Н. – доктор биологических наук, заместитель директора по научной части, заведующий отделом агрохимии; e-mail: ecosoil@meta.ua

Гладких Е.Ю. – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: ye.hladvkikh@ukr.net.

Ревтьев А.В. – аспирант; e-mail: alina\_rev@mail.ru.

Авторы выражают благодарность Главе Филиала некоммерческой негосударственной организации «Международный институт питания растений» Ивановой С.Е. за содействие в подготовке статьи.

## Литература

- Завалин А.А. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии / А.А. Завалин, Е.Н. Ефремов, А.А. Алферов и др. // Агрохимия. – 2014. – № 5. – С. 20-26.
- Зинченко В.С. Оценка экологического состояния серой лесной почвы в агроэкосистемах в зависимости от приемов основной обработки почвы: автореф. дис. на соискание научной степени канд. биолог. наук: спец. 03.02.08 – экология (биология), 03.02.13 – почвоведение / В.С. Зинченко. – Владимир, 2011. – 22 с.
- Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
- Петерсон Г. Невспаханая земля. Сохраненная влага / Г. Петерсон // Журнал «Зерно». – 2006. – №5. – С. 66-74.
- Bouman O.T., Curtin D., Campbell C.A., Biederbeck V.O. (1995). Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea [Electronic version]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, p. 1488-1494.
- Campbell C.A., Zentner R.P., Selles F., McConkey B.G. and Dyck F.B. (1993). Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: yields and N use efficiency. - *Agron. J.*85: 107-114.
- Chien S.H., Collamer D.J., and Gearhart M.M. (2008). The effect

of different ammonia nitrogen sources on soil acidification [Electronic version]. *Soil Sci. J.* p. 173:544–551.

- Darusman L.R. Stone, D.A. Whitney, K.A. Janssen and J.H. Long. (1991). Soil properties after twenty years of fertilization with different nitrogen sources. - *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1097-1100.
- Effect of ammonia on soil properties and relevance to soil and water quality. Agriculture Canada. Research Branch Harrow, Ontario. (1990). P. 47.
- Kariuki S.K., H. Zhang J.L. Schroder J. Edwards, Payton M., Carver B.F., Raun W.R. and Krenzer E.G. (2007). Hard red winter wheat cultivar responses to pH and aluminum concentration gradients. - *Agron. J.* 99:88–98.
- Norman R.J., Kurtz L.T. and Stevenson F.J. (1987). Solubilization of soil organic matter by liquid anhydrous ammonia [Electronic version]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, p. 809-812.
- Papendick R.I. and Parr J.F. (1966). Retention of anhydrous ammonia by soil: Dispensing apparatus and resulting ammonia distribution [Electronic version]. *Soil Sci.* 102:193-201.
- Parr J.F. (1969). Retention of anhydrous ammonia by soil: Recovery of microbiological activity and effect of organic amendments [Electronic version]. *Soil Sci.* 107:94-104.
- Russell A.E., Laird D.A., and Mallarino A.P. (2006). Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil quality in midwestern Mollisols. - *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:249–255.
- Schroder J. L., Zhang H., Girma K., Raun W.R., Penn C.J., Payton M. E. (2011). Soil Acidification from Long-Term Use of Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat [Electronic version]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, p. 957–964.
- Smith D., Clark F. (1960) Volatile losses of nitrogen from acid or neutral soil or solutions containing nitrate and ammonium ions // *Soil Sci. N 2.* – P. 86-92.
- Stanley F.A. and Smith G.E. (1956). Effect of soil moisture and depth of application on retention of anhydrous ammonia. - *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* - 20:557-561.
- Tomasiewicz D.J. and Henry J.L. (1985). The effect of anhydrous ammonia applications on the solubility of soil organic carbon. - *Can. J. Soil. Sci.* 65:737-747.
- Ukrainetz H., Campbell C.A., Biederbeck V.O., Curtin D., and Bouman O.T. (1996). Yield and protein content of cereals and oilseed as influenced by long-term use of urea and anhydrous ammonia. - *Can. J. Plant Sci.* 76: 27-32
- Zhang H. and Raun W.R. (2006). Oklahoma soil fertility handbook. - 6th ed. Oklahoma Coop. Ext. Serv., Oklahoma State Univ., Stillwater.
- 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

## Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы в условиях ЦЧР

А.А. Ореховская, А.Г. Ступаков

**И**нтенсификация сельскохозяйственного производства требует применения минеральных удобрений в повышенных дозах, иначе снижается плодородие почвы и урожайность культур (Мальцев, 2000; Назарюк, Калимуллина, 2010).

В последние годы для удовлетворения потребно-

сти растений в питательных элементах удобрения применяют явно недостаточно, что сильно сдерживает проявление потенциальных возможностей генотипа сорта (Никитишен, 2002). В таких условиях особенно актуальным становится вопрос о применении минеральных удобрений в рациональных

дозах (Ягодин и др., 2002), использования приемов повышения их эффективности (Лукин, 1999).

Исследования проводились в 2011-2013 годах в лаборатории плодородия почв и мониторинга ГНУ Белгородский НИИСХ Россельхозакадемии. Почва опытного участка – чернозем типичный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на лесовидном суглинке. Территория места проведения исследований расположена в зоне умеренно-континентального климата. Среднегодовая температура воздуха в годы исследований составляла +10.4°C, среднесуточная температура самого холодного месяца – -10.6 °С, а самого тёплого месяца – +23.4 °С. Летом преобладает малооблачная погода. В стационарном полевом опыте, заложенном в 1987 году, изучалось влияние длительного применения способов основной обработки почв, а также различных доз органических и минеральных удобрений на азотный режим чернозема типичного и продуктивность озимой пшеницы. Чередование культур в севооборотах: зернопропашной – горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; плодосменный – эспарцет 1 года пользования, эспарцет 2 года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + эспарцет. В опыте изучались три способа основной обработки почвы: отвальная вспашка ПЛН-5-35 на глубину 20-22 см, которой предшествует дисковое лушение на глу-

бину 8-10 см; безотвальная обработка плугом типа «Параплау» на глубину 20-22 см; минимальная обработка дисковой бороной БДТ-7 на глубину 10-12 см. Органические удобрения вносили один раз в ротацию севооборота под сахарную свеклу в дозе 80 т/га, что соответствовало насыщенности 16 т на 1 га севооборотной площади. Минеральные удобрения вносились ежегодно под каждую культуру в одинарной и двойной дозах. Одинарная доза удобрений рассчитана на простое воспроизводство почвенного плодородия и двойная – на расширенное.

Цель исследования – изучение влияния длительного применения способов основной обработки почвы, минеральных и органических удобрений в севообороте на азотный режим чернозема типичного, а также на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Об обеспеченности растений почвенным азотом судят по содержанию в почве минерального азота, который в пахотном слое составляет небольшую часть (1-5%), главным образом в виде нитратов и аммония (В.Г. Минеев, 2001). Нитратный азот не закрепляется в почвенном поглощающем комплексе и вертикально мигрирует по профилю, поэтому о динамике содержания нитратного азота в почве нужно судить не только по его содержанию в гумусово-аккумулятивном горизонте, но и в более нижних

**Таблица 1.** Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на содержание нитратного азота в почве, мг/кг

Дозы удобрений		Глубина отбора образцов почвы, см	Плодосменный севооборот			Зернопропашной севооборот		
Навоз, т/га	НPK, кг д.в./га		В*	Б*	М*	В	Б	М
0	0	0-10	2.4	6.5	4.6	6.0	4.5	9.3
		10-20	4.6	5.5	5.4	6.2	7.2	7.2
		20-30	3.8	4.8	4.5	5.1	4.1	4.3
		0-30	3.6	5.6	4.8	5.8	5.3	6.9
		30-50	4.6	3.6	5.2	9.8	4.3	4.1
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0-10	2.6	27.5	6.3	7.8	5.8	2.1
		10-20	2.6	20.0	17.4	10.5	3.5	2.8
		20-30	2.3	15.1	12.6	5.0	3.3	2.6
		0-30	2.5	20.9	12.1	7.8	4.2	2.5
		30-50	2.0	8.3	4.4	5.8	3.2	3.3
80	0	0-10	7.8	5.0	4.0	3.4	3.0	5.5
		10-20	6.3	5.0	4.3	5.5	5.8	5.2
		20-30	6.0	3.9	3.6	8.3	5.2	7.8
		0-30	6.7	4.6	4.0	5.7	4.7	6.2
		30-50	3.1	3.2	2.0	4.8	6.0	5.1
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	0-10	9.1	16.2	5.0	5.4	4.7	3.7
		10-20	6.5	11.5	8.9	8.9	3.2	6.8
		20-30	6.0	4.2	4.3	6.0	4.6	8.9
		0-30	7.2	10.6	6.1	6.8	4.2	6.5
		30-50	4.9	13.8	3.7	4.4	5.4	6.3

НСР<sub>0.05</sub> для слоя 0-30 см Фактор А = 0.2  
Фактор В = 0.3  
Фактор С = 0.2

\*Способы обработки почвы: В – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка.



**Таблица 2.** Урожайность озимой пшеницы в зависимости от севооборотов, способов обработки почвы и удобрений, ц/га

Дозы удобрений		Плодосменный севооборот	Зернопропашной севооборот
Навоз, т/га	НРК кг д.в./га		
<b>Вспашка</b>			
0	0	35.2	36.7
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	41.4	44.7
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	48.6	52.0
80	0	44.0	44.3
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	49.3	49.3
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	52.7	55.0
<b>Безотвальная обработка</b>			
0	0	34.0	36.7
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39.7	44.0
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	44.7	47.0
80	0	41.3	43.7
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44.3	50.0
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	51.7	52.3
<b>Минимальная обработка</b>			
0	0	37.0	33.3
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44.7	37.3
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	51.7	44.3
80	0	47.0	42.0
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	52.0	48.3
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	55.7	49.0

слоях. Кроме того, процессы миграции нитратного азота всегда сопровождаются активной минерализацией органического вещества в верхних горизонтах почвы и выносом минерального азота урожаем сельскохозяйственных культур (Г.И. Уваров, В.Д. Соловиченко, 2009).

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-10 см в плодосменном севообороте в варианте без удобрений было выше при безотвальной обработке (6.5 мг/кг), чем при вспашке и минимальной обработке (2.4 и 4.6 мг/кг соответственно) (табл. 1). Внесение минеральных удобрений в двойной дозе как без внесения органических удобрений, так и при последствии навоза повышало содержание азота при вспашке на 0.2 и 1.3 мг/кг, при безотвальной обработке – на 21.0 и 11.2 мг/кг, при минимальной обработке – на 1.7 и 1.0 мг/кг соответственно. Такая же закономерность наблюдалась и в зернопропашном севообороте, в котором прибавка составила 1.8 и 2.0 мг/кг при вспашке, 1.3 и 1.7 мг/кг – при безотвальной обработке. При минимальной обработке, наоборот, наблюдалось снижение на 7.2 и 1.8 мг/кг соответственно. В целом по двум севооборотам можно сказать, что содержание нитратного азота было выше по вспашке в зернопропашном севообороте, а по безотвальной и минимальной обработках – в плодосменном. Содержание нитратного азота сильно изменялось по слоям почвы, что связано с его высокой подвижностью и миграцией вниз по профилю почвы.

Доказано, что озимая пшеница больше других культур требовательна к условиям питания. На об-

**Таблица 3.** Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от севооборотов, способов обработки и удобрений в 2013 году

Дозы удобрений		Плодосменный севооборот		Зернопропашной севооборот	
Навоз, т/га	НРК кг д.в./га	Сырой протеин, %	Клейковина, %	Сырой протеин, %	Клейковина, %
<b>Вспашка</b>					
0	0	12.2	26.6	13.9	38.4
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12.4	26.1	14.1	37.6
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	12.7	25.8	14.4	37.2
80	0	13.0	29.9	14.3	39.8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13.2	28.2	14.1	38.0
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	13.4	26.5	13.9	36.0
<b>Безотвальная обработка</b>					
0	0	13.1	28.6	14.3	39.5
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13.1	27.6	13.6	36.3
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	13.1	26.6	13.0	33.5
80	0	13.7	31.5	14.3	39.8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13.1	28.0	14.0	37.7
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	12.5	24.7	13.7	35.5
<b>Минимальная обработка</b>					
0	0	14.4	31.4	14.4	39.8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	14.4	30.3	14.0	37.3
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	14.4	29.2	13.7	35.3
80	0	13.1	30.1	13.8	38.4
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13.5	28.8	13.0	35.0
	N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	13.9	27.5	12.1	31.3
НСР <sub>0.05</sub> сырой протеин		НСР <sub>0.05</sub> клейковина			
для фактора А = 0.5		для фактора А = 1.3			
для фактора В = 0.9		для фактора В = 2.2			
для фактора С = 0.5		для фактора С = 1.1			

разование одного центнера зерна с соответствующим количеством соломы и половины озимая пшеница выносит из почвы с урожаем 3-3.5 кг азота, 1-1.3 кг фосфора и 2-3 кг калия (Найдин, 1963). Аналогичные результаты были получены и в условиях Белгородской области (Доманов, 1999).

В результате проведенных исследований было установлено, что удобрения оказывали существенное влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, в отличие от способов основной обработки почвы (табл. 2, 3).

В плодосменном севообороте прибавка урожайности от минеральных удобрений при минимальной обработке несколько превзошла прибавку при вспашке: соответственно 14.7 и 13.4 ц/га. При безотвальной обработке прибавка составила 10.7 ц/га. Наибольшая прибавка урожайности от минеральных удобрений в зернопропашном севообороте наблюдалась при проведении вспашки и внесении двойной дозы – 15.3 ц/га. При безотвальной обработке прибавка составила 10.3 ц/га, при минимальной – 11.0 ц/га. При внесении минеральных удобрений в двойной дозе по фону 80 т/га навоза (максимальная насыщенность удобрениями) подобная закономерность сохранилась.



Прибавка урожайности при вспашке, безотвальной и минимальной обработках составила соответственно 10.7, 8.6 и 7.0 ц/га. Урожайность озимой пшеницы в зернопропашном севообороте без применения удобрений превысила урожайность в плодосменном севообороте по вспашке на 1.5 ц/га и безотвальной обработке – на 2.7 ц/га, но уступила при минимальной обработке на 3.7 ц/га. Также в плодосменном севообороте при сравнении с зернопропашным севооборотом прибавка урожайности была несколько выше от последействия 80 т/га навоза: 1.2 ц/га при вспашке и 1.3 ц/га при минимальной обработке.

Содержание сырого протеина и клейковины в варианте без применения удобрений было выше в зернопропашном севообороте по сравнению с плодосменным: соответственно при вспашке – на 1.7 и 11.8% и при безотвальной – на 1.2 и 10.9%. При минимальной обработке содержание сырого протеина было одинаковым в обоих севооборотах. В плодосменном севообороте с ростом дозы удобрений наблюдалось повышение содержания сырого протеина как в варианте без внесения навоза, так и по фону последействия навоза при вспашке. В зернопропашном севообороте подобная закономерность отмечена только при увеличении доз минеральных удобрений. По фону последействия навоза при увеличении доз минеральных удобрений содержание сырого протеина стало снижаться на 0.2-0.4%.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона наиболее эффективным способом для достижения высокой урожайности и качества озимой пшеницы является безотвальная обработка.

*Ступаков А.Г. – д.с.-х.н., профессор кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru*

*Ореховская А.А. – аспирант кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, e-mail: sangvisorba@rambler.ru*

*Авторы выражают благодарность Главе Филиала некоммерческой негосударственной организации «Международный институт питания растений» Ивановой С.Е. за содействие в подготовке статьи.*

## Литература

*Доманов М.Н. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений в Центральном Черноземье: диссертация на соискание ученой степени канд. с/х наук. Спец. 06.01.01 / Доманов М.Н. - Белгород, 1999. - 161 с.*

*Лукин С.В. Эколого-агрохимические основы адаптивных систем земледелия для эрозионно-опасных и загрязненных тяжелыми металлами агроландшафтов в ЦЧР России: Автореф. дис... доктора с.-х. наук. М.: ВИУА, 1999. - 46 с.*



**Соавтор статьи – А.Ореховская**

*Мальцев В.Т. Условия азотного питания полевых культур и применение азотных удобрений на почвах приангарья: Автореф. дис... д-ра с.-х. наук. Омск: изд-во ОмГАУ, 2000. - 33 с.*

*Минеев В.Г. Практикум по агрохимии: Учебное пособие. - М.: МГУ, 2001. - 689 с.*

*Назарюк В.М. Влияние удобрений и растительных остатков на плодородие почвы, продуктивность и химический состав зерновых культур / В.М. Назарюк, Ф.Р. Калимуллина // Агрохимия, 2010. - №6. - с. 18-27*

*Найдин П.Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур / П.Г. Найдин. - М.: Сельхозгиздат, 1963. - 264 с.*

*Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы / В.И. Никитишен. - М.: Наука, 2002. - 258 с.*

*Уваров Г.И. Азотный режим чернозема типичного при возделывании культур в севооборотах / Г.И. Уваров, В.Д. Соловченко // Агрохимия, 2009. - №4. - С. 5-10*

*Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.К. Кобзаренко. - М.: Колос, 2002. - 583 с.*

# Агроэкологическая эффективность различных систем удобрения ярового рапса в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан

Юсупова Г.М., Кириллова Г.Б.

Проведена экспериментальная проверка возможности получения плановых урожаев семян ярового рапса хорошего качества при возделывании в севообороте на выщелоченных черноземах в южной лесостепной зоне Республики Башкортостан. Изученные системы применения удобрений в 2011-2013 гг. позволили получить 2.00-2.14 т/га семян или 80-86% планируемого уровня урожайности. Среднее содержание сырого протеина в семенах составило 19.8%. При этом на каждый кг д.в. удобрений было получено 1.9-2.2 кг семян, долевое участие удобрений в формировании урожая составило 22-26%, а энергетический КПД равнялся 1.12-1.50 ед. Максимальная эффективность применения удобрений была достигнута при расчете доз с применением балансовых коэффициентов использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы, равными 100, 70-100 и 150% соответственно.

**Р**апс – одна из перспективных масличных культур в мировом земледелии. Он широко используется в производстве рапсового масла и биодизельного топлива, а также в качестве зеленого корма, фитосанитара полей и раннего междоносца (Коваленко и др., 2010). За последние годы производство рапса в России значительно возросло. В 2013 г. посевная площадь культуры превысила показатели 2010 г. более чем в 1.5 раза и достигла 1.3 млн га (РОССТАТ, 2014), из которых 85% приходилось на яровую рапс. Площади посевов ярового рапса в Республике Башкортостан также увеличивались и к 2012 г. достигли почти 39 тыс. га, однако снизились в последующие годы.

Основной путь увеличения урожайности и валовых сборов сельскохозяйственных культур, улучшения качества продукции и сохранения (или повышения) почвенного плодородия – рациональное применение удобрений (Кириллова и Жуков, 2008). В последние десятилетия уровень применения удобрений как в России, так и в Республике Башкортостан был на низком уровне. Применение минеральных удобрений в России за последние четыре года практически оставалось на одном уровне и составляло 38-39 кг д.в./га. В Республике Башкортостан этот показатель был более чем в 2 раза ниже.

Низкий уровень обеспеченности посевов элементами питания – одна из главных причин низкой



Опытное поле, 2011 г.

**Таблица 1.** Урожайность семян ярового рапса при применении расчетных доз удобрений, т/га.

Вариант опыта	2011	2012	2013	В среднем за 2011-2013 гг.	Прибавка урожайности, т/га
Контроль	2.28	0.81	1.66	1.58	-
N <sub>125</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	2.82	1.12	2.04	1.99	0.41
N <sub>125</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>	2.80	1.10	2.08	1.99	0.41
N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>	3.04	1.14	2.12	2.10	0.52
Сидерат	2.23	0.86	1.79	1.63	0.05
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	2.90	1.12	2.00	2.01	0.43
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>	2.99	1.16	2.09	2.08	0.50
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>	3.12	1.15	2.16	2.14	0.56
НСР <sub>0.05чр</sub>	0.29	0.09	0.19		
НСР <sub>0.05А</sub>	0.17	0.05	-		
НСР <sub>0.05В и АВ</sub>	0.14	0.05	-		

**Примечание:** фактор А – тип системы удобрения, фактор В – дозы удобрений, рассчитанные на разный баланс фосфора, фактор АВ – взаимодействие факторов А и В.

урожайности семян ярового рапса. В связи с этим, целью наших исследований стала экспериментальная проверка возможности получения плановых урожаев семян хорошего качества при возделывании ярового рапса в севообороте на выщелоченных черноземах с использованием разных систем применения удобрений. Исследования проводились в пятипольном зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: пар, озимая пшеница, яровая пшеница, яровой рапс и кукуруза на силос. Возделывался сорт ярового рапса Юбилейный.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Пахотный слой почвы характеризовался средним содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием подвижного калия по методу Чирикова (92-94 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/кг почвы и 115-120 мг K<sub>2</sub>O/кг почвы соответственно), достаточно высоким содержанием гумуса (6.8-7.2%) и слабнокислой реакцией среды (рН<sub>KCl</sub> = 5.2). Повторность опыта – трехкратная. Общая площадь деля-



нок составила 108 м<sup>2</sup>. Учет урожайности проводился сплошным методом (учетная площадь – 50 м<sup>2</sup>).

Нами изучались два типа систем применения удобрений – минеральная и органоминеральная (с заделкой гороха в качестве зеленого удобрения). Схема опыта включала контрольный вариант (без удобрений), вариант с заделкой сидерата и 6 вариантов с расчетными дозами удобрений на планируемую урожайность семян 2,5 т/га: 2-4 варианты – минеральная система применения удобрений, 6-8 – органоминеральная (изучался 3-й год последствия зеленого удобрения). Варианты 2 и 6, 3 и 7, 4 и 8 рассчитаны исходя из соответственно отрицательного (-20 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га), нулевого и положительного (20 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га) баланса фосфора. Дозы азотных и калийных удобрений рассчитаны исходя из соответственно нулевого баланса азота и отрицательного баланса калия (-25 кг K<sub>2</sub>O/га).

Дозы удобрений (Д) рассчитывались балансовым методом с применением балансовых коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы (БК) по следующей формуле (Жуков, 1977):

$$D = \frac{B}{BK} \cdot 100,$$

где В – вынос азота, фосфора и калия с планируемым урожаем семян.

Балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений были приняты за 100, 150-100-70 и 150% соответственно.

Климатические условия зоны проведения исследований благоприятны для возделывания ярового рапса, но в отдельные годы ущерб посевам наносит засуха или же ливневые осадки. Метеорологические условия в 2011 и 2013 гг. были достаточно благоприятными для выращивания ярового рапса: обеспеченность теплом была на уровне среднеголетней, сумма осадков – выше нормы. В 2012 г. обеспеченность теплом была выше среднеголетней, но по сумме осадков в апреле, мае и июле отмечен резкий недостаток влаги, а в августе – избыток. Таким образом, вегетационный период 2012

г. был засушливым и жарким, что оказало негативное влияние на урожайность ярового рапса. На урожайность семян рапса влияет множество факторов, однако, как свидетельствуют многочисленные исследования, наиболее значительное влияние оказывают такие факторы, как погодные условия и применение удобрений (Исмагилов и др., 2007).

Урожайность семян ярового рапса значительно колебалась по годам исследований и во многом зависела от погодных условий (табл. 1). Так, в 2012 г. на удобренных вариантах было получено только 1.10-1.16 т/га семян, что соответствовало 44-46% от планируемого уровня и было в 2.4-2.7 раза ниже максимальных уровней урожайности, полученных в 2011 г. В этом году урожайность семян достигла 2.8-3.12 т/га и составила 112-125% от планируемой. Низкая урожайность семян в 2012 г. и низкая эффективность применения удобрений объясняются тем, что фактором, лимитирующим урожайность стала обеспеченность посевов влагой.

Во все годы исследований применение минеральных удобрений значительно повышало урожайность семян. В среднем за 3 года прибавка урожайности за счет применения максимальных доз минеральных удобрений (N125P80K50 и N115P80K50) составила 0.52-0.56 т/га или 33-35%. При этом достигнутая урожайность (в среднем 2.12 т/га) была близка к планируемому уровню и составила 85% от последнего.

Следует отметить, что в 2012 и 2013 гг. все изученные системы применения удобрений оказали равноценное влияние на урожайность семян. Однако в наиболее урожайном 2011 г. увеличение доз фосфора до 80 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га (при планировании положительного баланса фосфора) привело к существенному повышению урожайности до уровня, превышающего 3 т/га. Заделка гороха в качестве зеленого удобрения в севообороте позволила снизить дозу азота под яровой рапс на 8% (10 кг/га). Однако необходимы более детальные исследования для установления оптимальной дозы азота при использовании зеленого удобрения и без него.

Эффективность изучаемых систем применения удобрений определяется не только их влиянием на величину урожая, но и на его качество. По хими-

**Таблица 2.** Содержание азота, фосфора, калия и сырого протеина в семенах ярового рапса в среднем за 2011-2013 гг., % на абсолютно сухое вещество.

Вариант опыта	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Сырой протеин
Контроль	2.74	1.68	0.85	16.2
N <sub>125</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	3.34	1.72	0.98	19.4
N <sub>125</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>	3.33	1.70	0.96	19.5
N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>	3.38	1.76	1.00	19.8
Сидерат	2.81	1.69	0.87	16.6
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	3.35	1.72	0.98	19.6
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>	3.36	1.73	0.99	19.7
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>	3.38	1.75	1.00	19.8



Внесение минеральных удобрений



**Таблица 3.** Баланс элементов питания в среднем за 2011-2013 гг.

Вариант опыта	Баланс, кг д.в./га			Балансовые коэффициенты использования элементов питания из удобрений и почвы*, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Контроль	-55	-31	-45	-	-
N <sub>125</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	+38	-1.4	-22	70	104	140
N <sub>125</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>	+37	+19	-21	70	69	138
N <sub>125</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>	+32	+36	-26	75	55	149
Сидерат	-50	-28	-51	-	-	-
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	+31	-6.3	-26	75	105	140
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>60</sub> K <sub>50</sub>	+28	+16	-27	79	72	145
Сидерат + N <sub>115</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>	+24	+34	-31	82	57	151

\* Процентное соотношение между выносом элемента питания с урожаем семян к поступлению элемента питания с удобрениями.

ческому составу судят об обеспеченности растений питательными элементами. Данные, представленные в **табл. 2**, показывают, что применение различных систем удобрений ежегодно повышало содержание азота и калия в семенах ярового рапса. В среднем за 3 года при применении минеральных удобрений содержание азота и калия в семенах выросло соответственно на 0.59-0.64% и 0.11-0.15% и достигло 3.33-3.38% и 0.96-1.00% (на абсолютно сухое вещество). Изученные системы применения удобрений оказали равноценное влияние на содержание азота и калия в семенах ярового рапса. При этом во все годы исследований применение удобрений не оказывало статистически значимого влияния на содержание фосфора в семенах.

Для оценки качества растениеводческой продукции часто используют такой показатель, как содержание «сырого протеина» в семенах (Середа и др., 2009). Данные, представленные в **табл. 2**, показывают, что применение различных систем удобрений ежегодно повышало содержание сырого протеина в семенах ярового рапса. При этом в среднем за 3 года содержание сырого протеина в семенах повысилось на 3.2-3.6% и достигло максимальной величины в 19.8%. Увеличение доз фосфорных удобрений не влияло на содержание сырого протеина в семенах ярового рапса. Следует отметить, что наиболее высокое содержание азота, фосфора, калия и сырого протеина в семенах отмечено в наиболее сухом и жарком 2012 г.

Климат в условиях Республики Башкортостан достаточно переменчив. При этом, как уже отмечалось, наблюдаются периодические засухи, что негативно влияет на урожайность и качество семян ярового рапса. Мы провели оценку влияния на урожайность и содержание азота, фосфора и калия в семенах таких факторов, как погодные условия

и используемые системы применения удобрений с помощью дисперсионного анализа. Анализ вариативности урожайности семян ярового рапса показал, что на 91% она определялась погодными условиями и только на 7% – системой применения удобрений. Содержание азота в семенах зависело почти в равной степени от погодных условий и от системы применения удобрений, содержание фосфора – в основном от погодных условий. Содержание калия в семенах на 55% зависело от используемой системы применения удобрений и лишь на 39% – от погодных условий.

Важным показателем для оценки изменений в состоянии почвенного плодородия служит баланс элементов в системе «почва – растение». В среднем за период исследований по всем вариантам опыта наблюдался положительный баланс азота и отрицательный баланс калия (**табл. 3**). Баланс фосфора в вариантах с внесением 60-80 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га был положительным, а при внесении минимальной дозы – слабо отрицательным. Как видно из **табл. 3**, полученные в исследованиях балансовые коэффициенты использования азота из удобрений и почвы (в среднем 70-82%) были заметно ниже запланированной величины (100%). Данный факт, по-видимому, можно объяснить тем, что полученные урожаи были ниже запланированного уровня. Кроме того, возможно, используемые в расчетах нормативные показатели, а именно: вынос азота с 1 т урожая семян при соответствующем количестве соломы, не соответствовал биологическим особенностям возделываемого сорта ярового рапса и почвенно-климатическим условиям.

О потребности культур в питательных элементах судят по их выносу с единицей урожая основной продукции с учетом соответствующего количества побочной продукции (соломы). Как показали наши расчеты, при применении удобрений вынос азота, фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и калия (K<sub>2</sub>O) с 1 т семян ярового рапса увеличивался соответственно на 10-11, 2 и 7-8 кг и составил 52, 25 и 43 кг. При этом следует отметить, что вынос азота и фосфора с единицей урожая семян при соответствующем количестве соломы был на уровне нормативных значений для почвенно-климатической зоны, однако вынос калия оказался выше. Таким образом, при расчете оптимальных доз калия для получения планируемой урожайности семян ярового рапса необходима корректировка используемого при этом показателя – выноса калия 1 т семян при соответствующем количестве соломы в сторону повышения.

На основе полученных результатов была также проведена оценка агрономической и энергетической эффективности применения удобрений. В среднем за 2011-2013 гг. при использовании минеральной системы применения удобрений прибавка урожая семян на каждый кг д.в. удобрений была в диапазоне 1.74-2.04 кг, а долевое участие удобрений в формировании урожая семян при этом составило 21-25% (**табл. 4**). При использовании минеральных удобрений на фоне органических (зеленого удобрения) эти показатели были несколько выше. При

этом максимальная агрономическая эффективность применения минеральных удобрений была получена при максимальных дозах их внесения.

Согласно проведенным оценкам, использование изученных систем применения удобрений под яровой рапс было энергетически эффективным. Так, на каждую единицу затраченной энергии было получено 1.12-1.50 ед. энергии, содержащейся в прибавке урожая семян, а энергозатраты на 1 ц прибавки урожая семян составили 1556-2274 МДж. При этом наиболее энергетически выгодным оказался вариант с планируемыми положительным балансом фосфора, особенно на фоне последствия зеленого удобрения (N115P80K50).

Таким образом, использование различных систем применения удобрений на выщелоченных черноземах южной лесостепной зоны Республики Башкортостан в среднем за 2011-2013 гг. позволило получить 2.00-2.14 т/га семян ярового рапса (80-86% от планируемого уровня) с содержанием сырого протеина 19.8%. При этом на каждый кг д.в. удобрений было получено 1.74-2.20 кг семян, долевое участие удобрений в формировании урожая составило 21-26%, а энергетический КПД равнялся 1.12-1.50 ед. Наиболее эффективным оказался вариант, рассчитанный с применением балансовых коэффициентов использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы, принятыми за 100, 70-100 и 150% соответственно.

Юсупова Г.М. – магистр 1-го года обучения, e-mail: gulnaz-yusupova-93@mail.ru.

Кириллова Г.Б. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: kgbufa@mail.ru.

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет» (г. Уфа).

Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России В.В. Носову за помощь в подготовке статьи.

## Литература

Коваленко Н.А., Нугуманов А.Х., Шириев В.М. и др. 2010. Рапс – культура XXI века. Уфа: БНИИСХ, 63 с.

РОССТАТ, 2014. www.gks.ru

Кириллова Г.Б., Жуков Ю.П. 2008. Агроэкологическая экспертиза применения удобрений в хозяйствах Чекамагушевского района в Башкирии за 1995-2000 гг. Уфа: ФГОУ ВПО БАУ, 164 с.

Жуков Ю.П. 1977. Эффективность балансовых систем удобрения в полевом севообороте. В кн.: Итоги работы Географической сети опытов с удобрениями и пути повышения эффективности применения удобрений в Нечерноземной зоне. М. С. 23-24.

Исмаилов Р.Р., Гайфуллин Р.Р. и Зарипов Р.Г. 2007. Технология производства семян ярового рапса в Республике Башкортостан. Уфа: БашГАУ, 36 с.

Серета Н.А., Валеев В.М., Баязитова Р.И. и Алибаев А.А. 2009. Практикум по агрохимии. Уфа: БашГАУ, 132 с.

## Экологическая оценка питания кукурузы на черноземе обыкновенном Ростовской области

Бирюкова О.А., Божков Д.В., Чепко Ж.А. и Носов В.В.

Исследования, проведенные на черноземе обыкновенном, показали, что в лучшем варианте опыта (N100P80K60 и обработка семян цинком) растения кукурузы были достаточно обеспечены макро- и микроэлементами для получения высокого и качественного урожая. Применение минеральных удобрений повышало содержание как макро, так и микроэлементов в зерне кукурузы. При этом не наблюдалось превышения гигиенических нормативов качества и безопасности зерна. Таким образом, рациональное применение минеральных удобрений позволяет получать экологически безопасную продукцию.

Элементный химический состав растений – один из показателей качества продукции растениеводства, и, соответственно, эффективности технологий выращивания сельскохозяйственных культур. В настоящее время назрела необходимость в разработке методов многоэлементной диагностики, позволяющих оценить не только потребность растений в отдельных элементах, но и экологическую безопасность получаемой продукции (Бирюкова, 2011). Методы многоэлементной диагностики питания растений существенно расширяют возможности сравнительной характеристики разных видов и сортов сельскохозяйственных культур по отношению к почвенным условиям, удобрениям и другим факторам, так как появляется

возможность учитывать уровень обеспеченности растений питательными элементами и экологическое качество растительной продукции (Климашевский, 1991).

Полевые опыты были проведены в 2011-2013 гг. в Целинском районе Ростовской области, территория которого по природно-экономическому делению входит в южную зону обыкновенных черноземов. Подробное описание условий проведения однолетних полевых опытов было опубликовано ранее (Носов и др., 2014).

Определение содержания N, P и K в зерне кукурузы проведено после мокрого озоления. Содержание азота в минерализате определяли по ГОСТ13496.4-93, фосфора – по ГОСТ 26657-97.

**Таблица 1.** Содержание макроэлементов в зерне кукурузы (в расчете на элемент), %

Вариант опыта	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1. Контроль	1.42	0.32	0.45	1.70	0.29	0.42	1.30	0.19	0.29
2. N30P40	1.75	0.38	0.47	2.07	0.38	0.44	1.36	0.23	0.29
3. N100P80K60	2.14	0.52	0.52	2.17	0.53	0.61	1.73	0.48	0.45
4. N18P80K60	1.88	0.48	0.49	1.90	0.49	0.59	1.43	0.36	0.40
5. N100K60	1.77	0.35	0.51	2.11	0.31	0.59	1.55	0.20	0.46
6. N100P80	1.94	0.50	0.47	2.12	0.51	0.47	1.53	0.44	0.31

Примечание: удобрения вносились под предпосевную культивацию; в вариантах 3-6 проводилась обработка семян цинком.

Определение содержания калия проводили на пламенном фотометре ФПА-2. Количество микроэлементов определяли в солянокислом растворе сухой золы атомно-абсорбционным методом (Методические указания по определению тяжелых металлов ..., 1992).

Элементный состав растений кукурузы во многом зависит от почвенно-климатических условий выращивания, сортовых особенностей, а также от технологий возделывания, доз вносимых удобрений и организации севооборотов. В среднем за годы исследований содержание азота в зерне кукурузы варьировало от 1.30 до 2.17%, фосфора – от 0.19 до 0.53%, калия – от 0.29 до 0.61% (табл. 1). Установлено, что с увеличением доз удобрений содержание N, P и K в зерне кукурузы, как правило, повышается. Внесение наибольших доз удобрений в опытах (N100P80K60) повышало содержание макроэлементов в зерне до максимальных значений во все годы исследований. Содержание N, P и K во всех вариантах опыта снизилось в 2013 г. по сравнению с 2011 и 2012 годами. Это объясняется острой продолжительной засухой, наблюдавшейся в критические периоды развития кукурузы в 2013 г.

Наибольшая эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений выявлена при их совместном внесении. Таким образом, в варианте опыта со сбалансированным применением минеральных удобрений растения кукурузы были оптимально обеспечены макроэлементами для получения высокой урожайности зерна.

Аналогичные закономерности выявлены и для накопления биомикроэлементов – Zn и Cu в зерне в результате применения минеральных удобрений (рис. 1-2). В среднем за годы исследований внесение N100P80K60 при обработке семян цинком привело к повышению содержания цинка в зерне на 12.8 мг/кг, а меди – на 1.5 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом опыта. Однако превышение гигиенических нормативов не отмечено ни в одном из вариантов опыта. Данные нормативы для меди составляют 10 мг/кг, а для цинка – 50 мг/кг (Временный максимально-допустимый уровень химических элементов ..., 1987; Гигиенические нормативы ..., 1996).

Полученные трехлетние данные соответствуют среднему содержанию Cu и Zn в зерне кукурузы, наблюдавшемуся в ряде исследований. В работе Б.А. Ягодина с соавт. (1989) содержание цинка в зерне

кукурузы составило 28.3 мг/кг (коэффициент вариации при этом достигал 60%), а меди – 2.21 мг/кг (коэффициент вариации – 37%). В исследованиях, проведенных на черноземе обыкновенном карбонатном (Лукашов, 2006), содержание цинка в зерне различных сортов и гибридов кукурузы варьировало от 14 до 27 мг/кг, а меди – от 2 до 4 мг/кг.

По данным ряда исследователей (Кабата-Пендиас и Пендиас, 1989; Williams и David, 1977), при использовании минеральных удобрений в почву вносится от 7 до 225 мг Pb и от 0.3 до 179 мг Cd на 1 кг воздушно-сухой массы почвы. Высокое поступление данных элементов в почву может приводить к повышению их содержания в растениях. Данные аспекты должны приниматься во внимание для получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

Согласно полученным результатам, внесение удобрений в 2011 и 2012 гг. не способствовало накоплению свинца в зерне кукурузы. Его содержание в зерне по вариантам опыта было на уровне контроля и даже ниже. Однако в 2013 г. было выявлено некоторое увеличение содержания свинца в зерне кукурузы при применении минеральных удобрений (рис. 3). Физиологически нормальной для растений считается концентрация свинца от 0.1 до 5.0 мг/кг сухого вещества (Beker и Chesnm, 1975), критической – 10 мг/кг (Тарабрин, 1980). Предельно допустимая концентрация свинца в зерновых культурах в США, Англии и Франции – 1.5-2.0 мг/кг, а в большинстве стран – 0.3-0.5 мг/кг (Таланов, 1991). Согласно нормативным документам, принятым в нашей стране, концентрация свинца в продукции растениеводства не должна превышать 0.5 мг/кг при ее использовании для пищевых целей и 5.0 мг/кг – на корм. Таким образом, отмеченное в опытах небольшое накопление свинца в зерне кукурузы не превышает самые строгие нормативы.

В отличие от свинца, при применении минеральных удобрений во все годы исследований существенно возрастало содержание кадмия в зерне кукурузы (рис. 4). При исключении фосфорсодержащего удобрения (вариант N100K60) наблюдалось очень слабое накопление кадмия в зерне кукурузы в 2-х из 3-х сезонов. По сводным данным (Кабата-Пендиас и Пендиас, 1989), «нормальное» содержание кадмия в надземной части растений составляет 0.05-0.6 мг/кг сухого вещества, токсичное – 1.0-70 мг/кг сухого вещества. Экспериментальные дан-





Рис. 1. Содержание цинка в зерне кукурузы.



Рис. 2. Содержание меди в зерне кукурузы.

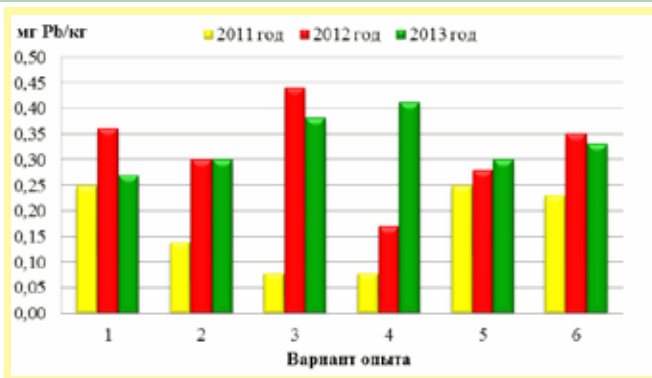


Рис. 3. Содержание свинца в зерне кукурузы.



Рис. 4. Содержание кадмия в зерне кукурузы.

ные за 2011-2013 гг. соответствуют среднему содержанию кадмия в зерне кукурузы при применении минеральных удобрений, по данным других исследований, проведенных в РФ. Как видно из рис. 4, содержание кадмия в зерне не превышает допустимый уровень – 0.1-0.3 мг/кг по имеющимся нормативам. Согласно исследованиям Протасовой Н.А. и Горбуновой Н.С. (2010), концентрация кадмия в растениях изменяется от 0.18 до 0.28 мг/кг. Следует отметить, что по фитотоксичности кадмий занимает первое место среди таких элементов, как Cu, Zn и Pb (Овчаренко и др., 1997).

Анализируя полученные данные по содержанию Cu, Zn, Cd и Pb в зерне кукурузы, можно сделать вывод о том, что отклонений от гигиенических нормативов качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов отмечено не было. Следует отметить избирательность поглощения растениями элементов из почвы и функционирование защитных механизмов, препятствующих проникновению тяжелых металлов в органы растений (Ильин, 1991). Физико-химические свойства почвы также оказывают большое влияние на поступление тяжелых металлов в растения. Подвижность Cu, Pb и Zn в почвах Ростовской области обусловлена преимущественно соединениями этих металлов, удерживаемых карбонатами (4-9% от общего содержания и 53-88% от группы непрочно связанных соединений). Из рассматриваемых тяжелых металлов для цинка характерно самое высокое сродство к карбонатам. Доля специфически сорбированных карбонатами форм цинка в группе непрочно связанных соединений на фоновых почвах составляет 88% (Минкина, 2008).

Содержание элементов в зерне кукурузы мож-

но представить следующими рядами: N>K>P; Zn>Cu>Pb>Cd. Среди макроэлементов наибольшее содержание характерно для азота, среди микроэлементов – для цинка. Следует отметить, что при сбалансированном применении минеральных удобрений растения кукурузы были достаточно обеспечены макро- и микроэлементами для получения высокого и качественного урожая. Оптимальная доза удобрений – N100P80K60 до посева с обработкой семян Zn. Применение минеральных удобрений повышало содержание как макро, так и микроэлементов в зерне кукурузы. Однако превышений гигиенических нормативов качества и безопасности пищевого сырья и продуктов не выявлено. Следовательно, при рациональном применении минеральных удобрений на черноземах обыкновенных получается экологически чистая сельскохозяйственная продукция.

*Бирюкова О.А. – доцент, доктор сельскохозяйственных наук; Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета. e-mail: olga\_alexan@mail.ru.*

*Божков Д.В. – аспирант, Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.*

*Чепко Ж.А. – студент. Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.*

*Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.*

## Литература

- Бирюкова О.А. 2011. Интегрированная диагностика плодородия чернозема обыкновенного Нижнего Дона. Дис. д.с.-х.н. Ростов-на-Дону. 344 с.
- Климашевский Э.Л. 1991. Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат. С. 135-146.
- Носов В.В., Бирюкова О.А., Купров А.В. и Божков Д.В. 2014. Питание растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 5-8.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. 1992. М.: ЦИНАО. 61 с.
- Временный максимально-допустимый уровень химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных, мг/кг. №123 – 41 281 – 87 от 15.07.1987 г.
- Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.560 – 96.
- Ягодин Б.А., Торшин С.П., Кукурин Н.Л. и Савидов Н.А. 1989. Агрохимия, 3: 125-133.
- Лукашов А.Г. 2006. Применение системы ИСОД в сортоиспытании кукурузы. В кн.: Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации. Материалы международной научной конференции. Ростов-на-Дону. С. 324-329.
- Кабата-Пендиас А. и Пендиас Х. 1989. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир. 439 с.
- Williams C., David D. 1977. Austral. J. Soil Res., 15 (1): 59-64.
- Beker D.E., Chesnut L. 1975. Advances in Agronomy, 27: 306-366.
- Тарабрин В.П. 1980. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами. В кн.: Микроэлементы в окружающей среде. Киев: Наукова думка. С. 17.
- Таланов Г.А. 1991. Санитария кормов: Справочник. №4. М.: Агропромиздат. С.76-83.
- Протасова Н.А. и Горбунова Н.С. 2010. Агрохимия, 7: 52-61.
- Овчаренко М.М., Шильников И.А., Вендило Г.Г., Аканова Н.И. и др. 1997. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение. М. 290 с.
- Ильин В.Б. 1991. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. 150 с.
- Минкина Т.М. 2008. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: Автореф. дис. д.б.н. Ростов-на-Дону. 49 с.

## Обзор научных публикаций BETTER CROPS with plant food, № 3 2014

Ежеквартальный журнал  
Международного института питания растений  
(онлайн в свободном доступе <http://www.ipni.net/bettercrops>)



### Адаптивная система применения органических и минеральных форм азота и борьбы с сорняками при выращивании льна в центральной части штата Айова

С.Р. Гайлэнс и М.Х. Виденхофт

Расширение географии выращивания льна за счет районов Среднего Запада США выявило недостаток информации о необходимых формах азотных удобрений и методах борьбы с сорняками в новом для данной культуры регионе. Полевые опыты, недавно проведенные в центральной части штата Айова, выявили хорошую отзывчивость растений на внесение разных форм азота, однако результаты существенно различались для двух лет наблюдений. Внесение навозного компоста в первый год опытов способствовало наибольшему снижению «индекса урожайности» по сравнению с другими источниками азота. Однако в последующем году с менее благоприятными погодными условиями этого не наблюдалось. Конкуренция со стороны сорных растений оказывала большее влияние на урожайность льна, чем дозы и формы азотных удобрений. Био-

масса сорняков также возросла с увеличением доз азота, что указывает на необходимость разработки эффективной системы борьбы с сорняками при выращивании льна.

### Применение технологии высокоточного дистанционного зондирования при внесении азотных удобрений под зерновые культуры в полупустынных районах

Т. Дженсен

Сенсорные технологии настолько хорошо разработаны и достигли такой степени развития, что их использование в сельском хозяйстве стало повсеместным. Недавние исследования по системам выращивания зерновых колосовых культур, проведенные в полупустынном регионе на Северо-Западе США, показали, что усовершенствование и развитие сенсорных технологий дает возможность более точно оценить условия питания растений азотом и позволяет скорректировать рекомендации по применению азотных удобрений.

## **Оптимизация минерального питания кукурузы и сои на Юге России**

*В.В. Носов, О.А. Бирюкова, А.В. Купров и Д.В. Божков*

Прошло три года с момента начала Международным институтом питания растений «Глобального проекта по кукурузе» на Юге России. Разработанная для конкретных почвенно-климатических условий агротехнология, отвечающая критериям экологической интенсификации, оказалась успешной и выявила потенциал роста урожайности и улучшения качественных показателей кукурузы и сои по сравнению с типичной агротехнологией хозяйств.

## **Оптимизация стратегии применения калийных удобрений при выращивании риса за счет использования соломы**

*Дж-Ф. Ли, Дж-В. Лу, Т. Рен, Р-Х. Конг, Кс-К. Ли и Л. Чжоу*

Существование общих для всей территории Китая рекомендаций по применению калийных удобрений связано с отсутствием данных, показывающих недостатки подобного подхода в конкретных почвенно-климатических условиях, а отчасти – и с ограниченностью ресурсов калийных удобрений. Настоящее исследование показывает, что учет удобрительной ценности соломы помогает оптимизировать применение калийных удобрений и отказаться от стратегий земледелия, основанных на общих рекомендациях по использованию удобрений для больших территорий.

## **Создание базы данных по классам обеспеченности почв элементами питания для Австралии**

*С. Спеирс, М. Конайерс, Д. Рейтер, К. Певерилл, К. Дайсон, Г. Уотмафф и Р. Нортон*

Результаты почти 6000 опытов по отзывчивости сельскохозяйственных культур на минеральные удобрения были собраны в единую базу данных и стали общедоступны благодаря интернет-технологиям. Используя данный интернет-ресурс, специалисты могут оценить критические значения для содержания подвижных форм элементов питания в почве с учетом сельскохозяйственной культуры, региона и типа почвы.

## **Повышение урожайности и качества бобовых культур за счет правильного выбора сроков и способов внесения борных удобрений и известки в кислые почвы возвышенностей**

*С. Сингх и Р.Н. Сингх*

Кислотность почвы вызывает ряд серьезных проблем при выращивании сельскохозяйственных культур. В штате Джаркханд в Индии кислые почвы воз-

вышенностей имеют низкое содержание доступных растениям форм бора. Внесение борных удобрений и известки в борозды непосредственно перед посевом оказалось эффективным, поскольку способствовало повышению урожайности и качества семян сои, арахиса, чечевицы, каянуса и маша. Это основные продовольственные культуры данного региона, формирующие доход фермеров.

## **Система земледелия на истощенных почвах Зимбабве, включающая сбалансированное применение удобрений**

*Л. Русинамходжи, М. Корбилс, Ш. Зингор, Дж. Нямангара и К.Е. Гиллер*

Результаты длительных исследований показали, что урожайность кукурузы на истощенных почвах незначительно возрастала при внесении макро- и микроэлементов. В то же время, одностороннее применение азотных удобрений способствовало получению более низкой урожайности как на песчаной, так и на глинистой почве. Однако максимальная урожайность кукурузы за 9 лет опытов была достигнута при сочетании навоза КРС и азотных удобрений.

## **Повышение эффективности поглощения и усвоения калия сельскохозяйственными культурами**

*Ф.Дж. Уайт*

Недавно д-р Уайт выявил несколько неизвестных ранее факторов, оказывающих влияние на поглощение калия растениями. Были установлены значительные генетические различия в эффективности использования калия разными видами сельскохозяйственных культур.

## **Точное земледелие: В поддержку обеспечения глобальной продовольственной безопасности**

*С. Филлипс*

Ожидается, что к 2050 г. численность населения Земли превысит 9 млрд. человек, в связи с чем проблема обеспечения населения продовольствием – одна из главных тем каждой встречи, посвященной производству сельскохозяйственной продукции. Согласно большинству оценок, производство продовольствия необходимо будет увеличить на 50-70%, чтобы удовлетворить мировую потребность в продуктах питания. Производители удобрений должны занять лидирующую позицию в мире по решению этой проблемы, так как уже в данный момент производство продуктов питания на 50% зависит от внесения удобрений, и, вероятно, их роль еще больше возрастет в будущем. Наибольших успехов можно достичь, применяя постоянно совершенствующиеся методы, приемы и информационные технологии точного земледелия.



# BETTER CROPS with plant food, № 4, 2014



## Убеждаем фермеров проводить расчеты, прежде чем реагировать на изменение цен на сельскохозяйственную продукцию

*М. Стюарт и П. Фиксен*

Изменение цен на сельскохозяйственную продукцию часто вызывает вопросы относительно экономической эффективности применения удобрений. Цены на многие сельскохозяйственные культуры, в частности на зерно кукурузы, значительно упали по сравнению с максимальными значениями последних нескольких лет. Такое падение цен вызвало ряд вопросов у фермеров, например: «Не стоит ли уменьшить дозы внесения удобрений в ответ на снижение цен на продукцию растениеводства?» Точный ответ в каждой конкретной ситуации зависит от целого ряда факторов, однако представленный в статье анализ некоторых основных принципов может облегчить решение подобных вопросов.

## Влияет ли длительное применение минеральных удобрений на микробную биомассу почв?

*Д. Гисселер и К.М. Скоу*

Обобщение результатов, полученных в 64-х длительных полевых опытах с удобрениями по всему миру, показало, что при внесении азотных удобрений наблюдался прирост микробной биомассы почвы в среднем на 15%, а также повышение содержания органического углерода в почве в среднем на 13% по сравнению с неудобренным контролем. Влияние применения минеральных удобрений на микробную биомассу во многом зависит от величины рН почвы. Самый большой прирост микробной биомассы почвы был зафиксирован в опытах, где удобрения применялись более 20-ти лет.

## Совершенствование технологий питания лесных культур

*А. Альварардо, Дж. Фернандез-Моя, Ж.М. Сегура, Э.Е. Вэйдес, М. Камачо, М.Дж. Авеллан и К.Е. Авила*

Правильное использование почв и регулирование баланса элементов питания – важнейшие принципы поддержания продуктивности искусственных лесных насаждений и естественных лесов. В статье рассмотрены соответствующие технологии и достижения в лесном хозяйстве Центральной Америки, а также уделено особое внимание таким важным аспектам, как качественная оценка земель, круговорот элементов питания и диагностика дефицита элементов питания. Отмечены и недостат-

ки имеющихся общих рекомендаций по известкованию почв и внесению удобрений.

## Сравнение эффективности использования азота из удобрений старыми и современными гибридами кукурузы

*И.А. Чиампитти и Т.Дж. Вин*

Проведен анализ всех известных исследований (100 научных работ из различных стран мира), в которых имеются данные по урожайности кукурузы, дозам азотных удобрений, густоте стояния растений и потреблению азота надземной биомассой растений. Цель работы заключалась в изучении взаимосвязи между урожайностью зерна и потреблением азота «старыми» (выведенными в 1940-1990 гг.) и «новыми» (1991-2011 гг.) гибридами кукурузы, а также в сравнении эффективности использования азота из удобрений данными группами сортов. Результаты проведенного анализа подтвердили, что высокая эффективность использования азота из удобрений «новыми» гибридами кукурузы была достигнута главным образом благодаря повышению выхода зерна на единицу азота, накопленного растениями к фазе полной спелости. При этом наблюдающееся уменьшение содержания азота в зерне кукурузы с течением времени предполагает, что повышение эффективности использования азота из удобрений растениями не должно идти за счет снижения питательной ценности получаемого зерна.

## Эффективное использование фосфорных удобрений в сельском хозяйстве

*Дж. Джонстон, П. Фиксен и П. Полтон*

Для разных типов почв двух континентов была проведена оценка эффективности использования фосфора из удобрений растениями. При этом результаты проведенных в Англии полевых опытов были объединены с агрегированными данными, полученными для отдельных штатов США. Проведенное обобщение позволяет сделать вывод о том, что поведение фосфора в почве и его доступность растениям можно охарактеризовать исходя из «простых» закономерностей. Это согласуется с концепцией, предполагающей существование четырех групп неорганических соединений фосфора в почве.

## Оценка потенциальной урожайности масличной пальмы с помощью имитационной модели PALMSIM

М.П. Хоффман, А.К. Вера, М.Т. фон Виджк, К.Е. Гиллер, Т. Обертюр, К. Доноуг, Э.М. Витбрэд и М.Дж. Фишер

Удовлетворение растущего спроса на пальмовое масло возможно в случае уменьшения разницы между потенциальной и реальной урожайностью масличной пальмы. Имитационные модели продукционного процесса растений помогают определить потенциальную урожайность и, следовательно, обозначить перспективы дальнейшей интенсификации растениеводства. При разработке модели PALMSIM был использован относительно простой подход, основанный на физиологии растений. Данная модель позволяет с месячным интервалом имитировать рост и развитие растений масличной пальмы в условиях влажного климата в зависимости от количества солнечной радиации. Указанная модель была использована при картировании потенциальной урожайности масличной пальмы в Индонезии и Малайзии. Полученные картограммы позволяют выявить деградированные территории с истощенными почвами, имеющие высокий потенциал урожайности масличной пальмы.

## Повышение урожайности кукурузы за счет сбалансированного применения удобрений при использовании экспертной программы расчета доз (Nutrient Expert)

В.Б. Шахи, С.К. Датта, К. Маджумдар, Т. Сатьянараяна и А. Джонстон

Экспертная программа расчета доз удобрений (Nutrient Expert®, NE) позволяет легко и быстро получить рекомендации по внесению удобрений для каждого конкретного поля. Результаты 17-ти опытов, проведенных на полях фермеров в пяти районах штата Бихар (Индия), свидетельствуют о том, что рекомендации по применению удобрений, разработанные с использованием программы NE, позволяют значительно повысить урожайность кукурузы и рентабельность ее выращивания по сравнению с общими рекомендациями для штата и практикой фермеров. Согласно расчетам, выполненным с по-

мощью программы NE, требовалось повышение доз азотных и калийных удобрений и снижение доз фосфорных удобрений.

## Структура применения удобрений при выращивании зерновых культур в полупустынном регионе Шавия (Марокко)

Ж. Абэйл, О.И. Халима, Х. Булал и М.Э. Гарос

Применение удобрений в Марокко должно быть увеличено, чтобы обеспечить возмещение выноса элементов питания из почвы с урожаями, предотвратить деградацию почв и, соответственно, повысить продуктивность зерновых культур, которая все еще находится на низком уровне. Для внедрения рациональных систем земледелия следует значительно усилить роль сельскохозяйственных консультационных центров, занимающихся разработкой рекомендаций по внесению удобрений.

## Оценка потребления элементов питания растениями пшеницы

Л. Чуан, П. Хи, М.Ф. Памполино, Дж. Джин, Ш. Ли, С. Грэнт, В. Джоу и А.М. Джонстон

На протяжении более десяти лет проводился сбор экспериментальных данных, полученных при выращивании озимой и яровой пшеницы в Китае. Анализ обобщенной информации показал, что потребление азота указанной сельскохозяйственной культурой в большинстве случаев можно оценить как избыточное. Данные по фосфору выявили случаи как избыточного, так и недостаточного его потребления растениями. В то же время анализ имеющихся данных по калию свидетельствует о недостаточном потреблении этого элемента питания растениями. Полученные результаты в совокупности отражают современную ситуацию с внесением удобрений в Китае, которая еще существенно далека от системы применения удобрений, которая учитывала бы конкретные почвенно-климатические условия. Полевые опыты по валидации модели количественной оценки плодородия тропических почв (QUEFT) показали, что она может служить основой для выработки рекомендаций по сбалансированному применению удобрений в Китае.



**Приглашаем к сотрудничеству переводчиков (английский язык) для письменных переводов научно-популярных статей.**

Обязательное условие - высшее образование по специальностям: почвоведение, агрохимия, агрономия, физиология растений или любая другая специальность в области биологии.

Присылайте Ваше резюме на [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net).



# Компании - члены IPNI

	Agrium Inc.		Shell Sulphur Solutions
	Arab Potash Company		Simplot
	Белорусская калийная компания		Sinofert Holdings Limited
	BHP Billiton		SQM
	CF Industries Holdings, Inc.		Toros Tarim
	Compass Minerals Speciality Fertilizers		Toros Agri
	International Raw Materials LTD		ОАО «ОХК «Уралхим»
	Intrepid Potash, Inc.		ОАО «Уралкалий»
	K+S KALI GmbH		Arab Fertilizer Association (AFA)
	The Mosaic Company		Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)
	OCP S.A.		Canadian Fertilizer Institute (CFI)
	ОАО «ФосАгро»		Fertiliser Association of India (FAI)
	PotashCorp		The Fertilizer Institute (TFI)
	Qatar Fertilizer Company		International Fertilizer Association (IFA)
			International Potash Institute (IPI)



МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ  
ИНСТИТУТ

Восточная Европа и Центральная Азия

125466 Российская Федерация, Москва, ул. Ландышева, д.12, пом. 17а  
Тел./Факс: 8 (495) 580 64 14  
<http://eeca-ru.ipni.net>  
<http://www.ipni.net>  
[ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)

Выше урожай и качество, сохраняя окружающую среду...  
С помощью науки