



# Питание растений

Вестник Международного института питания растений

Восточная Европа и Центральная Азия

№1, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Эффективность применения калийных удобрений в Западной Сибири.....	2
Как оптимизация калийного питания растений помогает подавить развитие соевой тли.....	5
Влияние калийного питания на качество фруктов и овощей: краткий обзор литературы.....	9
Студенческая премия - 2012.....	14
Обзор научных публикаций.....	15
Научно-практическая литература.....	19

## Международный Институт Питания Растений

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

**Носов В.В.**, Региональный директор МИПР по Югу и Востоку России  
*e-mail: vnosov@ipni.net*

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

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

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

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

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



Уважаемый читатель, мы продолжаем серию публикаций о питании сельскохозяйственных культур калием и эффективности применения калийных удобрений. Этой теме были посвящены два предыдущих выпуска «Вестника» (№ 3-4 за 2011 г.). Для этого выпуска мы отобрали статьи о положительном действии калийных удобрений на устойчивость растений к болезням и вредителям и показатели качества фруктовых и овощных культур, ранее опубликованные в журнале *Better Crops with Plan Food*, а также обзор об эффективности применения калийных удобрений в Западной Сибири.

В 2011 г. победителями конкурса научных работ среди студентов и аспирантов в области питания растений в нашем регионе, куда входят Россия, Украина и Казахстан, стали сразу два молодых специалиста из России – из Омского государственного аграрного университета (ОмГАУ, г. Омск) и Южного федерального университета (ЮФУ, г. Ростов-на-Дону). Этой весной на состоявшихся региональных конференциях им были вручены памятные сертификаты Международного института питания растений. Всего в 2011 г. для участия в конкурсе было подано 12 заявок. Мы искренне надеемся на дальнейшее активное участие студентов и аспирантов в нашем ежегодном конкурсе. В этом году, как и прежде, срок приема документов заканчивается 30-го июня. Времени остается все меньше, и мы призываем использовать данную возможность и принять участие в конкурсе всех, чьи работы направлены на оптимизацию минерального питания растений и получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур с высоким качеством продукции.

Информация об условиях конкурса в 2012 г. размещена на стр. 14, а также на нашем региональном сайте <http://eeca-ru.ipni.net>

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



Вручение сертификата Е.Ю. Павловой – студентке 2-го курса магистратуры ОмГАУ (факультет агрохимии, почвоведения и экологии, кафедра агрохимии).

Студенческая научно-практическая конференция «Экологическая безопасность живых систем», секция «Агрохимия, почвоведение и экология». Научная библиотека ОмГАУ, 28 марта 2012 г.



Вручение сертификата Д.В. Божкову – аспиранту 2-го года обучения ЮФУ (биологический факультет, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов).

Пленарное заседание Студенческой научной конференции «Неделя науки». Биологический факультет ЮФУ, 23 апреля 2012 г.

# Эффективность применения калийных удобрений в Западной Сибири

Якименко В.Н., Носов В.В.

*В статье проанализированы результаты полевых опытов по изучению эффективности применения калийных удобрений в Западной Сибири. На примере наиболее поздних полевых опытов, которые проводились на серых лесных почвах, подробно рассмотрено влияние калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, включая такие калиелюбивые культуры, как картофель и овощи. Кроме того, просчитана экономическая эффективность применения калийных удобрений в регионе в современных условиях.*

Согласно статистическим данным, под урожай 2010 г. сельскохозяйственными предприятиями Сибирского федерального округа было внесено около 6 кг N, 2 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и менее 1 кг K<sub>2</sub>O на 1 гектар посевной площади (РОССТАТ, 2012). Безусловно, использование парового поля позволяет решить проблему азотного питания растений, но надо иметь в виду, что это может, в конечном итоге, отрицательно сказываться на запасах гумуса в почве. Судя по складывающейся ситуации с применением минеральных удобрений в Сибири, питание растений фосфором и калием в регионе обеспечивается, практически, только за счет почвенных резервов этих элементов. Таким образом, сибирское земледелие в настоящее время функционирует, в основном, за счет использования почвенного плодородия, что в целом представляет собой экстенсивный путь развития. Учитывая необходимость интенсификации агропроизводства в Западно-Сибирском регионе, с одной стороны, и сложившуюся экономическую ситуацию, с другой, вопрос о целесообразности и эф-

фективности применения минеральных и, в частности, калийных удобрений в современных условиях представляется весьма актуальным.

В настоящее время в регионе практически не проводится полевых опытов по изучению эффективности применения калийных удобрений. Поэтому в своем анализе мы будем опираться на результаты наиболее поздних исследований по этому вопросу. Данная экспериментальная база является очень важной наработкой специалистов в области питания растений.

В табл. 1 дается обобщение ряда полевых опытов по изучению эффективности применения калийных удобрений, проведенных в Западной Сибири в условиях без орошения. С учетом наименьшей обеспеченности дерново-подзолистых почв калием на данных почвах наблюдалась максимальная отзывчивость яровой пшеницы на применение калийных удобрений – относительная прибавка урожая составляла от 6 до 28%. В зоне распространения дерново-подзолистых почв эффект от внесения калия,

**Таблица 1.** Результаты ряда полевых опытов по изучению эффективности применения калийных удобрений в Западной Сибири (цит. по Якименко, 2003)

Тип почвы	Культура	Урожайность, т/га			Прибавка от К, %	Автор
		0	NP	NPК		
Дерново-подзолистая	Пшеница	0.41	1.01	1.29	28	Копотилов, 1980
		1.43	1.85	2.19	18	
		1.30	1.94	2.30	9	Синявский, 1989; Титова, 2000
		1.53	1.88	2.00	6	
Серая лесная	Пшеница	0.65	1.23	1.37	11	Карчевский, 1991
Темно-серая лесная	Пшеница	1.50	2.02	2.06	2	Захаров, 1982
Чернозем выщелоченный	Овес	1.28	2.06	2.34	14	Жукова, 1974
	Ячмень	1.48	1.94	2.25	16	
	Пшеница	1.20	1.60	1.86	16	
	Пшеница	2.82	3.19	3.13	-2	Гусельников, 1973
	Кукуруза (на з.м.)	29.5	39.8	42.8	8	Русакова, 1981
	Ячмень	3.09	3.61	3.85	7	
	Пшеница	2.70	3.64	3.43	-6	
	Пшеница	2.66	2.96	3.09	4	
	Капуста	47.0	68.9	70.8	3	Алмазов и Холуяко, 1983
	Морковь	41.2	50.6	53.9	7	
Картофель	28.2	32.7	34.1	4		
Томат	41.6	46.5	52.8	14	Алмазов и Холуяко, 1994	
Чернозем южный	Кукуруза (на з.м.)	21.8	30.2	33.1	10	Алтунин и др., 1983

Примечание: указаны яровая пшеница и яровой ячмень; з.м. – зеленая масса.

**Таблица 2.** Градации обеспеченности зональных почв лесостепи Западной Сибири обменным калием (по методу Масловой), мг  $K_2O$ /кг почвы (Якименко, 2009)

Обеспеченность	Гранулометрический состав почвы		
	Легкосуглинистый	Среднесуглинистый	Тяжелосуглинистый
Низкая	< 100	< 150	< 200
Неустойчивая	100 - 150	150 - 200	200 - 250
Оптимальная	150 - 200	200 - 250	250 - 300
Повышенная	> 200	> 250	> 300

безусловно, выше на почвах легкого гранулометрического состава в связи с их низкой обеспеченностью доступным калием. На серой лесной и темно-серой лесной почвах внесение в почву калия повышало урожай яровой пшеницы на 2-11%. На выщелоченных черноземах применение калийных удобрений способствовало росту урожайности зерновых культур максимум на 16%, но в ряде опытов внесение калия в почву не давало эффекта. Урожайность кукурузы при выращивании на зеленую массу при внесении калия на черноземах повышалась на 8-10%.

Безусловно, в каждом конкретном случае отзывчивость растений на калий на черноземах зависела от обеспеченности почв его доступными формами. Так, при очень высоком природном содержании обменного калия в черноземах, которое может достигать 600 мг  $K_2O$ /кг почвы и выше (по методу Масловой), вряд ли стоит ожидать эффекта от применения калийных удобрений, особенно на зерновых культурах. В многолетних исследованиях на серых лесных почвах было показано, что по сравнению с содержанием подвижного калия (по методу Чирикова) содержание обменного калия (по методу Масловой) является более информативным показателем, более чутко реагирующим на истощение почвы по калию или улучшение калийного состояния почв в результате применения калийных удобрений (Якименко, 2009). В этой связи, в дополнение к усовершенствованным классам обеспеченности почв лесостепной зоны подвижным калием с учетом их гранулометрического состава, были предложены и градации по обеспеченности почв обменным калием (табл. 2).

**Таблица 3.** Дозы удобрений в полевых опытах на серой лесной почве (N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$ ), кг/га (Якименко, 2003)

Участок	Культура	N	P	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$
Зерновой	1-ая яровая пшеница	90	60	30	-	90	-
	2-ая яровая пшеница	90	60	30	-	90	-
	Яровой ячмень	120	60	39	-	117	-
	Овсяно-гороховая смесь	120	60	36	-	108	-
	Кукуруза на силос	180	90	75	-	225	-
Овощной	Капуста	200	140	111	222	333	444
	Томат	120	120	47	94	141	188
	Лук	55	23	25	50	75	100
	Морковь	126	78	64	128	192	256
	Картофель	180	60	81	162	243	324

Важно отметить, что большинство проведенных опытов, в которых изучалось действие калия, были краткосрочными (до 3-4 лет), т.е. без длительного одностороннего внесения азотно-фосфорных удобрений и соответствующего истощения почв по калию. Чаще всего в опытах выращивалась яровая пшеница. Сравнительно мало экспериментальных данных по эффективности внесения калия под калиелюбивые культуры. Кроме того, во многих опытах достигался сравнительно невысокий уровень урожайности сельскохозяйственных культур, что являлось причиной низкой потребности растений в элементах минерального питания, включая и калий. Даже более ранние обобщения результатов исследований, проведенных в лесостепной и степной зонах Западной Сибири, свидетельствуют о том, что потребность в применении калийных удобрений возникает только при урожайности зернофуражных культур более 3 т/га (Гамзиков и др., 1989).

На многие вопросы по эффективности калийных удобрений в лесостепной зоне позволили ответить полевые мелкоделяночные опыты, которые были проведены в 1988-2005 гг. на целинной серой лесной среднесуглинистой почве со следующими исходными характеристиками (слой 0-20 см): содержание гумуса – 4.9%, ЕКО – 21 мг-экв/100 г почвы, содержание обменного калия (по Масловой) – 145 мг  $K_2O$ /кг почвы (Якименко, 2006). Опыты параллельно проводились на двух участках – зерновом и овощном. На зерновом участке сначала провели три ротации четырехпольного зернокармливого севооборота (яровая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овсяно-гороховая смесь на зеленую массу), затем два года выращивали яровую пшеницу, а в последующие годы – кукурузу на силос. На овощном участке сначала провели три ротации четырехпольного овощного севооборота (капуста – томат – лук – морковь), а затем выращивали картофель.

Схема опытов включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) NP, 3)  $NPK_1$ , 4)  $NPK_2$ , 5)  $NPK_3$ , 6)  $NPK_4$ . Азот и фосфор применялись из расчета 100%-ной компенсации выноса данных элементов питания планируемым высоким урожаем, а четыре возрастающие дозы калия вносились из расчета компенсации выноса этого элемента планируемым высоким урожаем, соответственно, на 25, 50, 75

и 100%. В табл. 3 указаны конкретные дозы удобрений под все выращиваемые культуры. Удобрения вносились ежегодно весной перед посевом или высадкой рассады в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия.

Анализ среднесуточных данных по урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых на зерновом участке опыта, свидетельствует о тенденции к увеличению урожайности 1-ой яровой пшеницы и ярового ячменя при применении калийных удобрений (табл. 4). У 2-ой пшеницы достоверная прибавка уро-



жая зерна от калия по сравнению с вариантом, где вносились только NP-удобрения, получена при внесении максимальной дозы калия (90 кг  $K_2O$ /га). Внесение максимальных доз калия (соответственно, 108 и 225 кг  $K_2O$ /га) давало также достоверную прибавку урожая зеленой массы овсяно-гороховой смеси и кукурузы на силос. Что касается овощного участка, статистически значимое увеличение урожайности таких калиелюбивых культур, как картофель и морковь наблюдалось уже при внесении минимальных доз калия (соответственно, 64 и 81 кг  $K_2O$ /га). На капусте, томате и луке достоверные прибавки урожая были получены при внесении только высоких доз калия, но тенденция положительного влияния калийных удобрений на урожай данных овощных культур прослеживается при внесении практически всех возрастающих доз калия. Важно отметить, что максимальная эффективность калийных удобрений наблюдалась на картофеле – урожай клубней вырос в 1.8-2.4 раза при внесении четырех изученных доз калия. На втором месте по величине относительной прибавки урожая при внесении в почву калия была кукуруза на силос – урожай зеленой массы вырос в 1.4 раза при внесении максимальной дозы калия (225 кг  $K_2O$ /га). Высокая эффективность применения калийных удобрений была получена и на моркови, урожайность которой повысилась в 1.3 раза также в результате внесения наиболее высокой дозы калия (256 кг  $K_2O$ /га).

При внесении калийных удобрений на зерновом участке в минимальных для данного опыта дозах (30-75 кг  $K_2O$ /га в зависимости от культуры) агрономическая эффективность калийных удобрений или окупаемость 1 кг  $K_2O$  прибавкой товарной части урожая составила (кг/кг): для 1-ой яровой пшеницы – 4.0, для 2-ой яровой пшеницы – 3.7, для ярового ячменя – 5.9, для овсяно-гороховой смеси – 27.8, для кукурузы на силос – 144.0. На овощном участке (при дозах калия 25-111 кг  $K_2O$ /га) данный показатель имел следующие значения (кг/кг): для капусты – 42.3, для томата – 100.0, для лука – 80.0, для моркови – 175.0 и для картофеля – 140.7. Безусловно, калийные удобрения очень хорошо окупаются при внесении под калиелюбивые культуры (овощи, картофель, кукуруза на силос), поскольку у данных культур были получены высокие прибавки урожая. Однако наи-

большой интерес представляет анализ окупаемости хлористого калия в современных экономических условиях на зерновых культурах, учитывая их большую долю в структуре посевов. Так, согласно нашим оценкам, в текущих условиях порог условной окупаемости хлористого калия и на яровой пшенице, и на ячмене составляет как минимум 2.4 кг зерна на 1 кг  $K_2O$ . При данном анализе мы учитывали средние цены на мягкую пшеницу 3-го класса и фуражный ячмень, а также поставку хлористого калия насыпью (при 30% наценке на дистрибуцию). Не учитывались затраты на доставку удобрений в хозяйство, их внесение в почву, а также уборку и доработку прибавки урожая. Таким образом, согласно нашим расчетам, применение калийных удобрений под зерновые культуры на серых лесных почвах Западной Сибири является экономически выгодным. При этом максимальную отдачу стоит ожидать на яровом ячмене по сравнению с яровой пшеницей.

В заключении следует отметить, что в каждом конкретном случае при решении вопроса о целесообразности использования калийных удобрений следует принимать во внимание обеспеченность почвы конкретного поля обменным калием, потребность выращиваемой культуры в этом элементе и предполагаемый уровень ее урожайности. С учетом еще недостаточно развитой дистрибуторской сети минеральных удобрений в регионе и в целом несовершенной системы закупок продукции растениеводства у сельхозпроизводителей возможна ситуация, когда складывается не очень благоприятное соотношение цен на зерно пшеницы и калийные удобрения. В этом случае при хорошей обеспеченности почв обменным калием имеет смысл внести калийные удобрения в севообороте под калиелюбивые культуры в расчете на его дальнейшее последствие и на яровой пшенице.

*Якименко В.Н. – ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск), доктор биологических наук; e-mail: yakimenko@issa.nsc.ru. Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.*

**Таблица 4.** Урожайность культур в полевых опытах на серой лесной почве (среднее за 1988-2005 гг.), т/га (Якименко, 2006)

Участок	Культура	0	NP	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	NPK <sub>4</sub>	HCP <sub>0.05</sub>
Зерновой	1-ая яровая пшеница	2.79	3.14	3.26	-	3.32	-	0.35
	2-ая яровая пшеница	2.38	2.66	2.77	-	2.90	-	0.21
	Яровой ячмень	3.49	4.02	4.25	-	4.52	-	0.65
	Овсяно-гороховая смесь	21.0	23.6	24.6	-	26.2	-	2.5
	Кукуруза на силос	43.5	49.8	60.6	-	67.6	-	10.9
Овощной	Капуста	85.0	106.1	110.8	113.0	115.6	116.9	10.5
	Томат	35.0	49.4	54.1	56.1	57.2	59.9	6.9
	Лук	16.6	17.6	19.6	21.1	21.7	20.1	3.8
	Морковь	59.6	57.4	68.6	71.7	73.8	77.1	6.7
	Картофель	14.4	14.9	26.3	34.6	35.4	36.0	8.0

*Примечание: для овсяно-гороховой смеси и кукурузы на силос – урожай зеленой массы, для лука – урожай лука-репки.*

РОССТАТ. 2012. <http://www.gks.ru>

Якименко В.Н. 2009. Плодородие, 4 (49): 8-10.

Гамзиков Г.П., Ильин В.Б., Назарюк В.М. и др. 1989. Агрехимиче-

ские свойства почв и эффективность удобрений. Наука, Сиб. отд-ние, Новосибирск. 254 с.

Якименко В.Н. 2003. Калий в почвах агроценозов Западной Сибири: Дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск. 306 с.

Якименко В.Н. 2006. Агрехимия, 5: 3-11.

# Как оптимизация калийного питания растений помогает подавить развитие соевой тли

Т. Бруулсема, К. Ди Фонзо и К. Граттон

*Соевая тля стала наиболее опасным насекомым-вредителем на Северо-Востоке и Среднем Западе Северной Америки. Зачастую она сильнее повреждает растения сои, которые испытывают недостаток калия, по сравнению с растениями, достаточно обеспеченными этим элементом питания. Недавние исследования в американских штатах Висконсин и Мичиган показали, что в ряде случаев, но не всегда, испытывающие недостаток калия растения сои больше страдают от повреждения тлей в сравнении с растениями, достаточно обеспеченными калием. Причиной этого могут быть различия в аминокислотном составе флоэчного сока растений.*

**С**оевая тля (*Aphis glycines Matsumura*) – инвазивный вид насекомых, выявленный в США в 2000 г. Осмотр полей и наблюдения в штатах Висконсин и Мичиган (США) показали, что на многих полях из числа наиболее сильно зараженных соевой тлей у растений сои проявлялись также внешние признаки недостатка калия. В данной статье обобщены результаты недавних исследований по изучению взаимосвязей между уровнем калийного питания сои и интенсивностью заселения растений тлей. Целью исследований было установить, как оптимизация минерального питания растений помогает в борьбе с этим вредителем.

## Штат Висконсин, 2001-2002 гг.

В мелкоделяночном полевом опыте с внесением калийного удобрения в разных дозах содержание калия в листьях сои и урожайность повышались с ростом содержания подвижного калия в почве (табл. 1), но статистически значимых различий в численности тли между вариантами опыта выявлено не было (Myers et al., 2005). Проводившиеся опрыскивания инсектицидом снижали численность тли и повышали урожайность сои, но статистически значимого взаимного влияния обработок инсектицидом и питания растений калием на данные показатели выявлено не было.

При этом численность тли и в первый, и во второй год указанного опыта была очень высокой – существенно выше, чем на полях фермеров. Например, в 2002 г. пиковая численность тли на необработанных инсектицидом делянках превысила 1600 особей/растение, а средняя пиковая численность данного вредителя, выявленная при обследовании полей сои в южной части штата Висконсин, составила 280 особей/растение. Возможно, из-за близкого расположения (<0.9 м) и небольшого размера делянок (3.0 x 7.0 м) растения, испытывавшие сильный недостаток калия, привлекали и служили источником пищи для больших популяций тли, что приводило



Увеличенная фотография тли (*Aphis glycines Matsumura*).  
Фото К. Граттона

к колонизации и достаточно обеспеченных калием растений. Таким образом, примененная разбивка делянок в данном полевом опыте могла помешать выявить взаимосвязи, которые, по-видимому, существуют в масштабах всего поля.

## Штат Висконсин, 2003 г.

В 2003 г. в специальном лабораторном опыте была изучена плодовитость тли при питании на листьях сои, отобранных на опытном поле в Арлингтоне (штат Висконсин) со здоровых растений и растений с внешними признаками недостатка калия. Количество личинок, приходящихся на одну взрослую особь, и скорость роста популяции были существенно выше при питании тли на листьях сои с низким содержанием калия (табл. 2). Подобное действие калия свидетельствует о том, что его недостаток у растений сои потенциально способствуют более высокой скорости роста популяции тли. Однако в контролируемых лабораторных условиях исключается действие такого фактора, как естественные враги тли (хищники и паразиты), которые существуют в полевых условиях.

Механизм действия калия в вышеуказанном опыте не изучался, но, как отмечают другие исследова-

**Таблица 1.** Повышение содержания калия в листьях и урожайности сои с ростом содержания подвижного калия в почве: полевой опыт в Арлингтоне, штат Висконсин (среднее за 2001 и 2002 годы; адаптировано из Myers et al., 2005).

Подвижный калий <sup>1</sup> , мг К/кг почвы	Содержание калия в листьях, %	Урожай зерна сои, т/га	
		С обработками инсектицидом	Без обработок инсектицидом
60	0.76	2.22	1.75
93	1.20	3.16	2.55
114	1.43	3.49	2.76

<sup>1</sup>Для определения содержания подвижного калия в почве в штате Висконсин используется метод «Брей-1» ( $0.03 M NH_4F + 0.025 M HCl$ ). Значения ниже 80 и выше 100 считаются, соответственно, низкими и высокими.



Лист сои при недостатке калия (слева) и здоровый лист, заселенный тлей.

тели, пищевой рацион тли формируется за счет растворимых аминокислот, а недостаток калия может вызывать увеличение концентрации этих аминокислот в растительных тканях.

### Штат Висконсин, 2004 г.

В штате Висконсин в 2004 г., когда натиск вредителей был несильным, был проведен мониторинг численности соевой тли в производственных посевах (34 поля) при диапазоне содержания подвижно-

го калия в почве от 80 до 200 мг К/кг почвы и выше (Myers and Gratton, 2006). Встречались и поля с почвами песчаного гранулометрического состава, а для них критическое содержание подвижного калия (верхний предел “низкого” класса обеспеченности) составляет уже 60 мг К/кг почвы. Скорость роста популяции тли на полях с песчаными почвами отрицательно коррелировала с содержанием подвижных форм К и Р в почве, а также с содержанием К, N, Р и S в листьях растений. Однако пиковая плотность заселения растений тлей положительно коррелировала со всеми вышеуказанными почвенными и растительными показателями.

Проведенный в том же году полевой опыт по изучению действия разных уровней калийного питания на развитие тли показал, что при среднем классе обеспеченности почвы подвижным калием и выше снижалась скорость репродукции тли, замедлялась скорость роста популяции и уменьшалась пиковая численность естественной популяции тли (табл. 3). К листьям растений, незаселенных тлей, с помощью зажимов прикреплялись маленькие садки, что позволило в полевых условиях изучить численность потомства одной особи тли. Тля помещалась на лист сои в небольшое ограниченное пространство, изолированное от других тлей и защищенное от хищников.

Не ясны причины того, почему в 2001 и 2002 гг. численность тли не снизилась при более высоком содержании подвижного калия в почве (табл. 1), как это произошло в 2004 г (табл. 3). Данное обстоятельство может быть связано с меньшим натиском вредителей в 2004 г., что и позволило выявить влияние минерального питания растений на развитие тли. Высокая же численность тли, наблюдавшаяся в 2001-2002 гг., не дала этого сделать. При этом размер делянок в 2004 г. был таким же, как и в более ранних опытах.

### Штат Мичиган, 2003-2004 гг.

В юго-западной части штата Мичиган в середине августа 2003 и 2004 годов были обследованы производственные посевы сои (5-8 полей) с выявленными внешними признаками недостатка калия у растений (Walter and DiFonzo, 2007). В пределах каждого поля выделялось 2 участка: один вы-

**Таблица 2.** Ускоренное размножение тли на листьях сои с низким содержанием калия: лабораторный опыт, 2003 г. (адаптировано из Myers et al., 2005).

Подвижный калий, мг К/кг почвы	Содержание калия в листьях, %	Содержание калия в соке черешков листьев, мг К/кг	Плодовитость тли: количество личинок на одну взрослую особь, шт.	Скорость роста популяции тли
60	0.55	1000	68	0.48
160	1.68	2493	49	0.42

**Таблица 3.** Повышение содержания калия в листьях сои, снижение заселенности растений тлей и рост урожайности сои в результате увеличения содержания подвижного калия в почве до 113 и 142 мг К/кг почвы при внесении хлористого калия: полевой опыт в Арлингтоне, штат Висконсин, 2004 г. (адаптировано из Myers and Gratton, 2006).

Подвижный калий, мг К/кг почвы	Содержание калия в листьях, %	Маленькие садки		Численность тли в естественных условиях, особей/растение		Урожай зерна сои, т/га
		Плодовитость тли: количество личинок на одну взрослую особь, шт.	Скорость роста популяции тли	19 августа	26 августа	
60	1.50	42	0.31	107	251	1.61
113	2.40	27	0.28	56	72	3.16
142	2.40	26	0.27	54	72	3.09



**Таблица 4.** Повышенная численность естественной популяции тли на участках полей с выраженным недостатком калия у растений в первый год обследования: двухлетнее обследование полей в штате Мичиган, 2003 и 2004 годы (Walter and DiFonzo, 2007).

Наличие внешних признаков недостатка калия у растений на выделенных участках полей	2003		2004	
	Обменный калий <sup>1</sup> , мг К/кг почвы	Численность тли, особей/лист	Обменный калий, мг К/кг почвы	Численность тли, особей/лист
+	15-65	174	28-83	3
-	22-83	103	38-83	3

<sup>1</sup>Обменный калий, извлекаемый 1 М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ . Значения ниже 75 и выше 100 считаются, соответственно, низкими и высокими.

бирался в центре области с внешними признаками сильного недостатка калия у растений, а другой – в ближайшей части поля, где растения не проявляли признаков недостатка калия. На каждом из этих участков отбирались образцы почвы, проводился сбор флоэмного сока растений, а также определялась численность тли. И в первый, и во второй год обследований содержание обменного калия в почве было ниже на тех участках полей, где у растений сои проявлялись внешние признаки недостатка калия. В 2003 г. произошла вспышка численности вредителя, и плотность заселения растений тлей была выше также на участках полей, где наблюдались внешние признаки недостатка калия у растений (табл. 4). Численность тли в 2004 г. была крайне низка для того, чтобы выявить различия в плотности заселения растений этим вредителем.

В округе Ван-Бюрен (штат Мичиган) в 2004 г. был проведен полевой опыт в производственных посевах сои с низким содержанием обменного калия в почве. Исходное содержание обменного калия в почве составило 67 мг К/кг почвы, что свидетельствует о недостаточной обеспеченности почвы калием. Критический уровень для данной почвы (с ЕКО, равной 8.6 мг-экв/100 г) составляет 96 мг К/кг почвы. В опыте было два варианта: без внесения и с внесением калийных удобрений в дозе 157 кг  $\text{K}_2\text{O}$ /га. Опыт проводился в 5-ти кратной повторности, площадь делянки составила 6.1 x 36.6 м. Для наблюдения за репродуктивной способностью тли использовались маленькие садки и большие полевые садки. Маленькие садки, где в небольшом ограниченном пространстве

тля была защищена от хищников, прикреплялись к листьям сои с помощью зажимов (как указывалось выше). Данные садки применялись для изучения роста и численности потомства одной особи тли. Большие садки представляли собой куб со стороной 1 м, и ими накрывалось по 10 растений. Данные садки также защищали помещенных внутрь тлей от хищников, но, в отличие от мелких садков, позволяли улетать появляющимся крылатым (летающим) особям.

В маленьких садках, установленных в первый раз – 10-го июня, различий в репродуктивной способности тли между вариантами опыта выявлено не было. В аналогичных садках, установленных во второй раз – 14-го июля, личинки тли появлялись раньше и в больших количествах на растениях сои, не получавших калийного удобрения, по сравнению с удобренными калием растениями (табл. 5). В больших садках заселение тлей проводилось 28-го мая из расчета одна особь/растение. Начиная с 30-го июня, в больших садках наблюдалось статистически значимое увеличение численности тли в варианте без внесения калийного удобрения.

Во всех опытах, проводившихся в Мичигане в 2003 и 2004 годах, были проанализированы образцы флоэмного сока растений. При этом определялось соотношение 18-ти незаменимых аминокислот без измерения их общего содержания во флоэмном соке. Была установлена обратная корреляция между относительной долей аминокислоты аспарагина и содержанием обменного калия в почве, в то время как для других аминокислот подобных зависимостей выявлено не было. Таким образом, содержание аспарагина в растительном соке повышалось при снижении содержания обменного калия в почве: при содержании обменного калия, равном 120 мг К/кг почвы, на долю аспарагина приходилось 3-10% от суммы аминокислот, а при 20 мг К/кг почвы доля аспарагина возрастала до 8-20%.

Аспарагин может играть критическую роль в питании тли азотом, поскольку тля обладает ограниченной способностью усваивать азотсодержащие соединения. Вейбулл (Weibull, 1988) отмечал, что растительный сок наиболее устойчивых к тле образцов овса и ячменя содержит относительно мало аспарагина. Как указывали Ричардс и Бернер (Richards and Berner, 1954), недостаток калия вызывает повышение содержания аспарагина в листьях ячменя. Баркер и Брэдфилд (Barker and Bradfield, 1963) сообщали, что увеличение концентрации калия в питательном растворе приводит к снижению содержания свободных



Маленький садок для изучения роста и развития отдельных особей тли.

Таблица 5. Развитие популяций тли: полевой опыт в округе Ван-Бюрен, штат Мичиган, 2004 г. (Walter and DiFonzo, 2007).

Доза $K_2O$ , кг/га	Маленькие садки		Большие садки	
	14 июля		30 июня	15 июля
	Возраст тли при появлении первого поколения личинок, дней	Количество личинок на одну взрослую особь, шт.	Численность тли, особей/растение	
0	8.8	88	703	6858
157	11.0	71	233	2315

аминокислот, особенно аспарагина, в молодых проростках кукурузы.

Считается, что тля получает весь свой рацион азота за счет аминокислот, транспортируемых с флоэмным соком растений. Как известно, в процессе пищеварения у тли не используются протеиназы, возможно потому, что во флоэмном соке обычно высоко содержание ингибиторов протеиназ и крайне низка концентрация белков. По этой причине растительные белки являются плохим источником азота для тли. По сообщению Годфрея и Хатчмахера (Godfrey and Hutchmacher, 1999), внесение калия под хлопчатник в штате Калифорния (США) в дозах от 112 до 224 кг  $K_2O$ /га оказывало “умеренное отрицательное влияние как на срок развития генерации тли, так и на ее плодовитость.” Таким образом, по мере усиления стресса, вызванного недостатком доступного калия в почве, растения реагируют выделением во флоэму большего количества свободных аминокислот, таких как аспарагин. Это делается для того, чтобы уравновесить осмотический дисбаланс в растениях. Тля же использует эти свободно перемещаемые и легкоусваиваемые азотсодержащие соединения с выгодой для себя – она быстрее развивается и дает больше потомства в расчете на одну самку. Это приводит к более быстрому росту численности тли и, в конечном итоге, к более высокой плотности заселения растений тлей, что увеличивает потери урожая.

## Выводы

С учетом содержания стандартно определяемых подвижных и доступных форм калия в почвах штатов Висконсин и Мичиган повышение численности тли на соевых полях наблюдалось только в тех случаях, когда содержание данных форм калия опускалось до минимальных значений, и было значительно ниже уровней, рекомендованных при возделывании сои. Почвенное обследование, проведенное в 2005 г., показало, что медианные значения содержания обменного калия в вышеуказанных штатах составили, соответственно, 125 и 149 мг К/кг почвы. При этом доля почв с содержанием обменного калия ниже 80 мг К/кг почвы оценивалась примерно в 10-15%.

Хотя результаты, полученные в штатах Висконсин и Мичиган, и свидетельствуют о сильном влиянии на развитии соевой тли такого фактора, как питание растений сои калием, это отнюдь не означает, что достаточная обеспеченность растений этим элементом питания может гарантировать стопроцентную защиту от соевой тли. Численность тли контролируется еще и естественными врагами, такими как хищная коровка хармония (*Harmonia axyridis* Pall.), а также паразитами. Это примеры трофических факторов, подавляющее действие которых на тлей проявляется с разной силой в зависимости от условий конкретного года и региона, в сравнении с факторами, связанными с минеральным питанием растения-хозяина. Заселение растений тлей может происходить и при достаточном уровне калийного питания растений.

Тем не менее, предотвращение недостатка калия у растений – это, по крайней мере, одна из мер защиты от тли и страховка от потери урожая из-за повреждения этим потенциально опасным вредителем, которое к тому же является и переносчиком вирусных и грибных болезней растений. С практической точки зрения это означает, что при возделывании сои необходимо поддерживать плодородие почвы по калию на рекомендуемом уровне, поскольку это является составной частью интегрированной системы защиты растений от соевой тли.



Большие садки (с защитой тли от хищников), которые были использованы для определения скорости роста популяции тли на растениях сои, испытывавших недостаток калия (в варианте без внесения калия в почву) и получивших калийное удобрение. Юго-запад штата Мичиган, июль 2003 г.



Д-р Граттон – адъюнкт-профессор кафедры энтомологии Университета Висконсина (г. Мадисон, США).  
Д-р Ди Фонзо – профессор кафедры энтомологии Университета штата Мичиган (г. Ист-Лансинг, США).  
Д-р Бруулсема – Директор Международного института питания растений по Северо-Восточному региону Северной Америки (г. Гуэльф, провинция Онтарио, Канада); e-mail: tom.bruulsema@iprni.net.

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

Редакция: С.Е. Иванова

## Литература

- Barker, A.V. and R. Bradfield. 1963. *Agron. J.* 55(5): 465-470  
Godfrey, L.D. and R. Hutchmacher. 1999. [http://www.cdffa.ca.gov/isfflders/completed\\_projects.html](http://www.cdffa.ca.gov/isfflders/completed_projects.html)  
Myers, S.W., C. Gratton, R.P. Wolkowski, D.B. Hogg, and J.L. Wedberg. 2005. *J. Econ. Entomol.* 98: 113-120.  
Myers, S.W. and C. Gratton. 2006. *Environ. Entomol.* 35: 219-227.  
Richards, F.J. and E. Berner, Jr. 1954. *Annals of Botany* 18: 15-33.  
Walter, A.J. and C.D. DiFonzo. 2007. *Environ. Entomol.* 36(1)26-33.  
Weibull, J. 1988. *Phytochemistry* 27: 2069-2072.

# Влияние калийного питания на качество фруктов и овощей: краткий обзор литературы

Джин Е. Лестер, Джон Л. Джифон, Доналд Дж. Макус

Из всех элементов минерального питания растений калий выделяется как катион, оказывающий сильнейшее влияние на показатели качества, которые определяют товарные свойства сельхозпродукции, содержание в ней полезных для здоровья человека питательных веществ и, соответственно, предпочтения потребителей. Однако, многие факторы, связанные с конкретными условиями сельскохозяйственного производства (культура, почва, окружающая среда), часто лимитируют поглощение калия из почвы в количествах, достаточных для удовлетворения потребности развивающихся плодов в калии и достижения оптимальных значений вышеупомянутых показателей качества. Это было подтверждено в опубликованной в 2007 г. работе (Lester et al., 2007), в которой показано, что внекорневая подкормка калийным удобрением заметно улучшала некоторые показатели качества плодов дыни-канталупы, несмотря на высокое содержание обменного калия в почве. В настоящей статье обобщаются ранее опубликованные результаты работ, выполненных в долине Рио-Гранде в штате Техас (Rio Grande Valley of Texas), и дается анализ опубликованных исследований по изучению эффективности калийных удобрений при внесении в почву и внекорневых подкормках на некоторые показатели качества плодов и овощей, включая содержание в них питательных веществ.

**К**алий - один из необходимых элементов минерального питания растений, который оказывает значительное влияние на содержание в плодах и овощах полезных для здоровья человека питательных веществ, определяющее качество плодов и овощей. (Usherwood, 1985). Хотя калий не входит в состав каких-либо органических молекул или растительных структур, он участвует во многих биохимических и физиологических процессах, жизненно важных для нормального роста и развития растений, формирования урожая и качества продукции, а также устойчивости растений к стрессу (Marschner, 1995; Sakmak, 2005). Кроме регулирования работы устьиц в процессах транспирации и фотосинтеза, калий также участвует в реакциях фотосинтетического фосфорилирования, транспорте продуктов фотосинтеза из листьев по флоэме к запасующим органам, активизирует работу ферментов, поддерживает тургор, а также повышает устойчивость растений к стрессу (Usherwood, 1985; Doman and Geiger, 1979; Marschner, 1995; Pettigrew, 2008). Оптимальное калийное питание овощных и плодовых культур способствует росту урожайности, увеличению размера плодов и содержания в них растворимых сухих веществ и аскорбиновой кислоты, улучшению цвета, а так же удлинняет срок хранения и повышает сохранность плодов при транспортировке (Geraldson, 1985;

Lester et al., 2005, 2006, 2007; Kanai et al., 2007).

Хотя валовое содержание калия во многих почвах высокое, большая часть калия в почве может быть недоступна для растений. Это происходит отчасти потому, что запасы доступных для растений форм калия, существенно ниже, чем валовые запасы калия в почве. Калий существует в почве в различных формах, включая калий минерального скелета (90–98% от валовых запасов K), необменный калий, обменный калий и калий почвенного раствора (K<sup>+</sup> ионы). Однако растения могут непосредственно поглощать только калий почвенного раствора (Tisdale et al., 1985). Поглощение калия растениями, в свою очередь, зависит от многих факторов - особенностей культуры, а также факторов окружающей среды (Tisdale et al., 1985; Marschner, 1995; Brady and Weil, 1999). Например, оптимальная влажность почвы способствует диффузии ионов калия к корням растений, на долю которой приходится обычно более 75% от общей миграции почвенного калия. Массопоток, который тоже вносит некоторый вклад в миграцию калия в почве, также требует достаточного содержания почвенной влаги. Скогли и Хаби (Skogley and Naby, 1981) обнаружили, что повышение влажности почвы с 10 до 28% приводило к увеличению общей миграции калия более чем вдвое. Поэтому недостаток почвенной влаги может ограничивать миграцию

**Таблица 1.** Обзор публикаций по влиянию калия на показатели качества плодов в зависимости от культуры, способа внесения и вида калийного удобрения

Культура	Способ внесения	Вид удобрения <sup>а</sup>	Показатели качества, которые улучшались <sup>б</sup>	Источник <sup>в</sup>
Яблоня ( <i>Malus X domestica</i> )	в почву	KCl	цвет, твердость, сахаристость	Nava (2009)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	размер, цвет, твердость, сахаристость	El-Gazzar (2000)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	урожайность, твердость, сахаристость	Attala (1998)
Яблоня	внекорневое	неизвестна	размер, цвет, твердость, сахаристость	Wojcik (2005)
		KCl	без изменений	Hassanloui (2004)
Банан ( <i>Musa sp.</i> )	в почву	неизвестна	качество	Naresh (1999)
		KCl	размер, сахаристость, содержание кислот	Suresh (2002)
Апельсин ( <i>Citrus sinensis</i> )	внекорневое	KCl, KNO <sub>3</sub>	без изменений	Haggag (1990)
		неизвестна	урожайность, качество	Dutta (2003)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	качество	Shawky (2000)
Мандарин ( <i>Citrus reticulata</i> )	в почву	неизвестна	урожайность, качество	Lin (2006)
		неизвестна	лежкость, качество	Srivastava (2001)
Мандарин ( <i>Citrus reticulata</i> )	внекорневое	KCl > KNO <sub>3</sub>	толщина кожицы, качество	Gill (2005)
Огурец ( <i>Cucumis sativus</i> )	в почву	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KCl	содержание аминокислот, «качество»	Guo (2004)
		KCl	без изменений	Umamaheswarappa (2004)
		KCl > KNO <sub>3</sub>	устойчивость к болезням, «качество»	Magen (2003)
Огурец	внекорневое	KCl > KNO <sub>3</sub>	устойчивость к болезням, «качество»	Magen (2003)
Виноград ( <i>Vitis vinifera</i> )	в почву	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	вкусовые качества, «качество»	Sipiora (2005)
Гуава ( <i>Psidium guajava</i> )	в почву	неизвестна	урожайность, вес, «качество»	Ke (1997)
Гуава	внекорневое	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KCl	кислотность, качество	Dutta (2004)
Киви ( <i>Actinidia deliciosa</i> )	в почву	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KCl	твердость, содержание кислот, сорт продукции	He (2002)
Личи ( <i>Litchi chinensis</i> )	внекорневое	KNO <sub>3</sub>	вес, урожайность	Ashok (2004)
Манго ( <i>Mangifera indica</i> )	в почву	KNO <sub>3</sub>	без изменений	Simoes (2001)
Манго	внекорневое	KNO <sub>3</sub>	нет эффекта	Rebolledo-Martinez (2008)
		неизвестна	структура, аромат, цвет, лежкость	Shinde (2006)
Мускусная дыня ( <i>Cucumis melo</i> )	в почву	неизвестна	урожайность	Demiral (2005)
Мускусная дыня	внекорневое	Хелатный комплекс К с глицином	твердость, содержание витаминов	Lester (2005)
		Хелатный комплекс К с глицином > KCl	твердость, сахаристость, содержание витаминов	Lester (2006)
		Хелатный комплекс К с глицином = K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KCl > KNO <sub>3</sub>	твердость, содержание витаминов, сахаристость, урожайность, товарные качества	Jifon (2009)
Нектарин ( <i>Prunus persica</i> )	в почву	неизвестна	твердость, лежкость, устойчивость к растрескиванию	Zhang (2008)
Окра ( <i>Abelmoschus esculentus</i> )	внекорневое	нафтенат К	содержание хлорофилла, протеина, каротина	Jahan (1991)
Маракуйя ( <i>Passiflora edulis</i> )	гидропоника	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	урожайность, число семян, «качество»	Costa-Araujo (2006)
Папайя ( <i>Carica papaya</i> )	в почву	неизвестна	«качество», вес, сахаристость	Ghosh (2007)
Груша ( <i>Pyrus communis</i> )	в почву	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	без изменений	Johnson (1998)
Фалса ( <i>Grewia subinaequalis</i> )	внекорневое	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	размер, вес, «качество»	Singh (1993)
Стручковый перец ( <i>Capsicum annuum</i> )	в почву	KCl	почти без изменений	Hochmuth (1994)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	жгучесть, качество	Ananthi (2004)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KNO <sub>3</sub>	жгучесть, урожайность, вес	Golcz (2004)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	«качество»	El-Masry (2000)
Стручковый перец	гидропоника	KNO <sub>3</sub>	без изменений	Flores (2004)
Ананас ( <i>Ananas comosus</i> )	в почву	KCl	содержание витамина С, устойчивость к внутреннему побурению	Herath (2000)
Гранат ( <i>Punica granatum</i> )	внекорневое	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KCl	рост, урожайность, «качество»	Muthumanickam (1999)

**Таблица 1.** Обзор публикаций по влиянию калия на показатели качества плодов в зависимости от культуры, способа внесения и вида калийного удобрения (продолжение)

Культура	Способ внесения	Вид удобрения <sup>а</sup>	Показатели качества, которые улучшались <sup>б</sup>	Источник <sup>в</sup>
Клубника ( <i>Fragaria X ananassa</i> )	в почву	KCl	без изменений	Albregts (1996)
	фертигация	KCl > KNO <sub>3</sub>	«качество»	Ibrahim (2004)
Клубника	гидропоника	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	урожайность, общее качество	Khayyat (2007)
Томат ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	в почву	KCl	ликопин	Taber (2008)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	«качество»	Si (2007)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	урожай, скороспелость, «качество»	Hewedy (2000)
Томат	фертигация/гидропоника	KCl > KNO <sub>3</sub>	внешний вид, «качество»	Chapagain (2003)
		KCl > KNO <sub>3</sub>	урожайность, «качество»	Chapagain (2004)
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	содержание каротиноидов витамина Е	Fanasca (2006)
		неизвестна	содержание антиоксидантов	Li (2006)
		неизвестна	содержание ликопина, «качество»	Yang (2005)
Томат	внекорневое	неизвестна	рост, содержание протеина, витамина С и кислот, сахаристость	Li (2008)
Листовые овощи	в почву	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > KCl	содержание сухих веществ и витамина С	Ni (2001)
Арбуз ( <i>Citrullus lanatus</i> )	в почву	KCl	без изменений	Locascio (2002)
		KCl	без изменений	Perkins-Veazie (2003)

<sup>а</sup> По своему действию формы удобрений расположены по убыванию (разделены знаком >).

<sup>б</sup> Слово «качество» означает, что авторы не указали конкретных показателей или их было слишком много.

<sup>в</sup> Для краткости указан только первый автор.

калия в почве, а также его поглощение растениями, и, таким образом, приводит к дефициту калия у растений.

Свойства почвы также сильно влияют на доступность калия растениям. Например, глинистые почвы могут иметь высокую К-фиксирующую способность и, следовательно, отзывчивость растений на внесение калийных удобрений на таких почвах может быть низкой, потому что большая часть доступного калия быстро связывается глинистыми минералами (Tisdale et al., 1985; Brady and Weil, 1999). Таким образом, фиксация калия почвой может способствовать снижению его потерь от вымывания и создавать запас почвенного калия, который может быть использован последующими культурами в долгосрочной перспективе. С другой стороны, песчаные почвы обычно имеют низкую калийснабжающую способность из-за низкой емкости катионного обмена.

Карбонатные почвы обычно имеют высокое содержание ионов кальция (Ca<sup>2+</sup>), которые преобладают на поверхности глинистых минералов и других обменных позициях почвенного поглощающего комплекса (ППК). Хотя это может ограничивать сорбцию калия и повышать его содержание в почвенном растворе, высокие концентрации других катионов, особенно Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, препятствуют поглощению калия корнями растений из-за конкуренции за обменные центры на поверхности корней, связывающие ионы из почвенного раствора. Следовательно, у сельскохозяйственных культур, выращиваемых на карбонатных почвах, признаки недостатка калия могут проявляться даже в том случае, когда результаты почвенных анализов свидетельствуют о достаточной обеспеченности почвы доступным калием (Havlin et al., 1999).

Поглощение калия также зависит от биологических факторов – генетических особенностей возделываемой культуры и стадии развития (фаза вегетативного роста по сравнению с репродуктивной; Rengel et al., 2008). У многих плодоносящих видов поглощение калия происходит, главным образом, в фазу вегетативного роста, когда большие запасы углеводов доступны для процессов роста корней и поглощения. Конкуренция за продукты фотосинтеза между развивающимися плодами и вегетативными органами в репродуктивную фазу может ограничивать рост и активность корней, а также поглощение калия из почвы. В таких условиях внесение калийного удобрения в почву может оказаться недостаточной мерой для коррекции дефицита калия у растений, вызванного их интенсивным развитием, в том числе из-за снижения роста и активности корней во время репродуктивного развития, а также из-за конкуренции других катионов за обменные центры на корнях, связывающие ионы из почвенного раствора (Marschner, 1995).

В работе, опубликованной в журнале *Better crops with Plant Food* и других журналах (Lester et al., 2005, 2006, 2007), показано, что внекорневая подкормка калийными удобрениями улучшала как товарные качества мускусной дыни, повышая ее твердость и сахаристость, так и важные для здоровья человека показатели качества продукции, увеличивая содержание аскорбиновой кислоты и бета-каротина. При этом повышалось и содержание обменного К в почве, которое соответствовало высокому уровню обеспеченности растений. Тем не менее, опубликованные в литературе данные о действии калийных удобрений на качество плодовоовощной продукции противоречивы из-за того, что и почвенное, и внекорневое вне-



сение разных форм калийных удобрений изучались в разных почвенно-климатических условиях (сезонах) при разных сроках и кратности внесения. В настоящем обзоре обобщены результаты опубликованных работ по действию калийных удобрений на качество продукции ряда плодовых, ягодных, овощных и бахчевых культур. При этом особое внимание уделяется сравнению эффективности разных видов калийных удобрений, а также способов их внесения (внесение в почву, внекорневые подкормки).

## Сравнение эффективности различных видов калийных удобрений

Хотя опубликовано много работ, в которых описаны примеры положительного эффекта от применения калийных удобрений на устойчивость растений к болезням, а также урожайность, вес, твердость, сахаристость, вкусовые качества, лежкость плодов и содержание биологически активных полезных для человека веществ в плодах, противоположные примеры тоже описаны в научной литературе (табл. 1). Эти противоречивые результаты нельзя не принимать во внимание, однако их можно объяснить различиями в способе внесения калийных удобрений (например, внесение в почву в сравнении с внекорневыми подкормками, фертигацией или гидропоникой) и особенностями действия разных видов калийных удобрений (например,  $KCl$ ,  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$ , хелатный комплекс калия с глицином).

Обзор публикаций, охватывающих последние 20 лет, представлен в табл. 1. Результаты подавляющего большинства рассматриваемых исследований показали, что внесение калийных удобрений оказывает положительное влияние на некоторые показатели качества плодов. Однако восемь работ, включая изучение действия калийных удобрений на качество яблок (Hassanloui, et al., 2004), огурцов, (Umamaheswarappa and Krishnappa, 2004), манго (Rebolledo-Martinez et al., 2008), груш (Johnson et al., 1998), сладкого перца (Hochmuth et al., 1994), клубники (Albregts et al., 1996) и арбузов (Locascio and Hochmuth, 2002; Perkins-Veazie et al., 2003), отличаются своими выводами. Эти авторы не обнаружили никаких или почти никаких изменений (т.е. улучшений) в качестве плодов при применении калийных удобрений. Интересно, что, за исключением исследований на деревьях яблони, общим для всех вышеуказанных работ является прямое внесение калийных удобрений в почву и часто



Д-р Лестер проверяет растения мускусной дыни в вегетационном опыте в теплице. Точная настройка режима питания растений - важное условие для повышения качества плодов (вставка)

скудная информация о сроках их внесения, а также физических и химических свойствах почвы. Однако эти факторы могут влиять на доступность элементов питания в почве и их поглощение растениями, а внесение калийных удобрений в почву в некоторых условиях может не влиять или оказывать незначительное влияние на поглощение калия, а также урожайность и качество плодов (Tisdale et al., 1985; Brady and Weil, 1999).

В ряде работ (например, исследования качества огурцов, манго и мускусной дыни) по сравнению внесения в почву и внекорневых подкормок калийными удобрениями показано, что последний способ приводил к достоверному улучшению показателей качества плодов. В то же время внесение удобрений в почву обычно имело незначительный эффект или вообще не оказывало никакого влияния на качество продукции (табл. 1) (Demiral and Koseoglu, 2005; Lester et al., 2005, 2006; Jifon and Lester, 2009).

Более того, в работах, в которых изучалось действие различных видов калийных удобрений, положительный эффект зависел от вида удобрения. Например, Джифон и Лестер (Jifon and Lester, 2009) показали, что внесение в почву или внекорневые подкормки нитратом калия ( $KNO_3$ ) во второй половине вегетации слабо влияют или вообще не оказывают никакого положительного эффекта на товарный вид плодов и содержание в них полезных для человека питательных веществ. В некоторых случаях эти показатели были фактически хуже при внесении  $KNO_3$  по сравнению с контрольными делянками опытов.

Настоящая статья показывает, что при рассмотрении вопроса о внесении калийных удобрений специалист-практик должен осознавать, что данных только почвенного анализа может быть недостаточно чтобы принять наиболее адекватное решение. Результаты почвенного анализа, разумеется, имеют важное значение и полезны при принятии решений, однако необходимо также учитывать и другие фак-

торы: динамику потребности растений в калии, вид калийных удобрений и сроки внесения. Высокое содержание доступного для растений калия в почве не всегда гарантирует, что растения не будут отзывчивы на внесение калийных удобрений. Более того, в случае высокой потребности в калии во время формирования плодов внекорневая калийная подкормка может улучшить некоторые показатели качества плодов.



Д-р Лестер ([gene.lester@ars.usda.gov](mailto:gene.lester@ars.usda.gov)) и д-р Макус - сотрудники Субтропического центра сельскохозяйственных исследований департамента сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США (USDAARS), Kika de la Garza, 2413 East Business Highway 83, Building 200, Weslaco, Texas 78596 USA. Д-р Джифон - сотрудник Исследовательского центра селекции плодовых и овощных культур «АгриЛайф» в Техасе, «Техас АиМ Систем», 2415 East Business Highway 83, Weslaco, Texas 78596 USA.

Перевод с английского и адаптация: С.Е. Иванова  
Редакция: В.В. Носов

## Литература

Albregts, E.E., G.J. Hochmuth, C.K. Chandler, J. Cornell, and J. Harrison. 1996. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121: 164-168.  
Ananthi, S., D. Veeraragavathatham, K. Srinivasan. 2004. *South Indian Hort.* 52: 152-157.  
Ashok, K. and K. Ganesh. 2004. *Adv. Plant Sci.* 17: 519-523  
Attala, E.S. 1998. *Egyptian J. Agric. Res.* 76:709-719.  
Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. *The Nature and Properties of Soils.* 9th Edition. Macmillan Publishing Company, New York. 750 p.  
Cakmak, I. 2005. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168:521-530  
Chapagain, B.P. and Z. Wiesman. 2004. *Sci. Hort.* 102:177-188  
Chapagain, B.P. and Z. Wiesman. 2003. *Sci Hort.* 99: 279-288  
Chapagain, B.P., Z. Wiesman, M. Zaccai, P. Imas, and H. Magen. 2003. *J. Plant Nutr.* 26: 643-658.  
Cooke, D.L. and D.T. Clarkson. 1992. *Plenum Press, N.Y.* pp 75-208  
Costa-Araujo, R., C.H. Bruckner, H.E. Prieto-Martinez, L.C. Chamhum-Salomao, V.H. Alvarez, A. Pereira de-Souza, W.E. Pereira, and S. Hizumi. 2006. *Fruits.* 61:109-115  
Demiral, M.A. and A.T. Koseoglu. 2005. *J. Plant Nutr.* 28: 93-100  
Doman, D.C. and D.R. Geiger. 1979. *Plant Physiol.* 64:528-533.  
Dutta, P. 2004. *Orissa J. Hort.* 32: 103-104.



Dutta, P., A.K. Chakroborty, and P.K. Chakroborty. 2003. *Ann. Agric. Res.* 24:786-788  
El-Gazzar, A.A.M. 2000. *Ann. Agric. Sci., Cairo.* 3(Special):1153-1160  
El-Masry, T.A. 2000. *Ann. Agric. Sci., Moshtohor.* 38:1147-1157  
Fanasca, S., G. Colla, Y. Rouphael, F. Saccardo, G. Maiani, E. Venneria, and E. Azzini. 2006. *HortScience.* 41:1584-1588  
Flores, P., J.M. Navarro, C. Garrido, J.S. Rubio, and V. Martinez. 2004. *J. Sci. Food Agric.* 84: 571-576.  
Geraldson, C.M. 1985. *Potassium nutrition of vegetable crops.* In Munson, R.D. (ed) *Potassium in Agriculture.* ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp 915- 927.  
Ghosh, S.N. and R.K. Tarai. 2007. *Indian J. Fert.* 3:47-49.  
Gill, P.S., S.N. Singh, and A.S. Dhatt. 2005. *Indian J. Hort.* 62:282-284  
Golcz, A., P. Kujawski, and B. Politycka. 2004. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura.* (95):109-113.  
Guo, X.S., S.Y. Ye, W.J. Wang, H.B. Zhu, J. Xu, and L.S. Wu. 2004. *Plant Nutr. Fertilizer-Sci.* 10:292-297.  
Haggag, M.N. 1990. *Alexandria J. Agril. Res.* 1988. 33:157-167.  
Hassanloui M.R.D., M. Taheri, and M.J. Malakouti. 2004. *J. Agric. Eng. Res.* 5:71-84.  
Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers.* 6th Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. 499 p.  
He, Z.J., G.L. Zhang, G.W. Zhang, L. Ma, and Y. Tong. 2002. *J. Fruit Sci.* 2002 19:163-166.  
Herath, H.M.I., D.C. Bandara, and D.M.G.A. Banda. 2000. *Trop. Agric. Res.* 12:352-359.  
Hewedy, A.M. 2000. *Egyptian J. Agric. Res.* 78:227-244.  
Hochmuth, G., K. Shuler, E. Hanlon, and N. Roe. 1994. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 107:132-139.  
Ibrahim, A., T. Abdel-Latif, and S. Gawish, and A. Elnagar. 2004. *Arab Universities J. Agric. Sci.* 12:469-48.  
Jifon, J.L. and G.E. Lester. 2009. *J. Sci. Food Agric.* 89:2452-2460.  
Jahan, N., Q.A. Fattah, and M.A. Salam. 1991. *Bangladesh J. Bot.* 20:163-168.  
Johnson, D.S., T.J. Samuelson, K. Pearson, and J. Taylor. 1998. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73:151-157.  
Kanai, S., K. Ohkura, J.J. Adu-Gyamfi, P.K. Mohapatra, N.T. Nguyen, H. Saneoka, and K. Fujita. 2007. *J. Exp. Bot.* 58:2917-2928.  
Ke, L.S. and W.D. Wang. 1997. *J. Agric. Assoc. China.* 179:15-29.  
Khayyat, M., E. Tafazoli, S. Eshghi, M. Rahemi, and S. Rajae. 2007. *Amer. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 2:539-544.  
Lester, G.E., J.L. Jifon, and W.M. Stewart. 2007. *Better Crops.* 91:(1)24-25.  
Lester, G.E., J.L. Jifon, and D.J. Makus. 2006. *HortScience.* 41:741-744.  
Lester, G.E., J.L. Jifon, and G. Rogers. 2005. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130:649-653.  
Lester, G.E., Arias L. Saucedo, and Lim M. Gomez Lim. 2001. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:33-36.





Li, R.H., D.B. Xu, and Q.W. Huang. 2008. *China Vegetables*. 6:17-20.

Li, S., Y. Xu, W.S. White, S. Rodermel, and H. Taber. 2006. *FASEB J*. 20(5, Part 2):A1059.

Lin, X.Y, Y.S. Zhang, M.Z. Cai, Y.P. Zhang, G. Li, and X.E. Yang. 2006. *Plant Nutr. Fertil. Sci*. 12:82-88.

Locascio, S.J. and G.J. Hochmuth. 2002. *HortScience*. 37:322-324.

Magen, H., P. Imas, Y. Ankorion, and A. Ronen. 2003. *Proc. Int. Fertil. Soc.* (524):13-24.

Marschner, H. 1995. *Functions of Mineral Nutrients: Macronutrients*, p. 299-312.

In: H. Marschner (ed.). *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Edition. Academic Press, N.Y.

Muthumanickam, D. and G. Balakrishnamoorthy. 1999. *South Indian Hort.* 47:152-154.

Naresh, B. 1999. *Bioved*. 10:39-42

Nava, G., A. Roque-Dechen, and G. Ribeiro-Nachtiga. 2008. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 39:96-107.

Ni, W.Z., J.S. Liang, and R. Hardter. 2001. *Pedosphere*. 11:251-255.

Perkins-Veazie, P., W. Roberts, and K. Perez. 2003. *Hortscience*. 38:816-817.

Pettigrew, W.T. 2008. *Physiol. Plant*. 133:670-681.

Rebolledo-Martinez, A., A. Lid-del-Angel-Perez, and J. Rey-Moreno. 2008. *Interciencia*. 33:518-522.

Rengel, Z., P.M. Damon, and I. Cakmak. 2008. *Physiologia Plantarum* 133:624-636.

Shawky, I., A. Montasser, M. Nageib, L. Haggag, and M. Abd-El-Migeed. 2000.

Effect of fertilization with potassium and some micronutrients on Navel orange trees. II - Effect on yield, fruit quality and juice mineral content. In El-Sawy M, Francis RR, El-Borllosy MA, Hosni AM (ed) *Annals Agric Sci Cairo*. 3(Special): 1215-1226.

Shinde, A.K., D.J. Dabke, B.B. Jadhav, M.P. Kandalkar, and M.M. Burondkar. 2006. *Indian J. Agric. Sci*. 76:213-217.

Si, S.K.G., M. Bellal, and F. Halladj. 2007. *Acta Hort.* (758):269-274.

Simoës, Ado-N, J.B. Menezes, S.E.V.D. Lima, J.F. Medeiros, G.F. Silva, D.F. Freitas. 2001. *Caatinga*. 14:31-35.

Singh, H.K., K.S. Chauhan, and B.P. Singh. 1993. *Haryana J. Hort. Sci*. 22:276-279.

Sipiora, M.J., M.M. Anderson, and M.A. Matthews. 2005. *Proc. Soil Environ. Vine Mineral Nutr. Symp. San Diego, CA*, 29-30-June, -2004. pp 185-192.

Skogley, E.O. and V.A. Haby. 1981. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:533-536.

Srivastava, A.K., A.D. Huchche, R. Lallan, and S. Shyam. 2001. *J. Potassium Res.* 17:93-97.

Suresh C.P. and M.A. Hasan. 2002. *Res. Crops*. 3:398-402.

Taber, H., P. Perkins-Veazie, S.S. Li, W. White, S. Rodermel, and Y. Xu. 2008. *HortScience*. 43:159-165.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. *Soil and Fertilizer Potassium*. Ch. 7 in S.L. Tisdale, W.L. Nelson, and J.D. Beaton (eds). *Soil Fertility and Fertilizers*, 4th ed. Macmillan, New York. 249-291.

Umamaheswarappa, P. and K.S. Krishnappa. 2004. *Trop. Sci.* 44:174-176.

Usherwood, N.R. 1985. *The role of potassium in crop quality*. In Munson, R.D. (ed). *Potassium in Agriculture* ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp 489-513.

Wojcik, P. 2005. *Proceedings International Scientific Conference: Environmentally friendly fruit growing*, Polli, Estonia, 7-9 Sept., 2005. pp 44-50.

Yang, X.Y., Y.S. Bu, and X.Z. Duan. 2005. *Xinjiang Agric Sci*. 42:272-275.

Zhang, S.Y., J. Yang, and G.H. Liu. 2008. *J. Anhui Agric. Univ*. 35:289-292.

## Студенческая премия - 2012

**П**ремия в размере 2000\$ присуждается студентам старших курсов и аспирантам за научные работы в области питания растений и разработки систем применения удобрений.

Премия присуждается только студентам и аспирантам независимо от получения других премий. Никаких специальных требований к претендентам не предъявляется.

Адрес для подачи заявок:

- на английском языке (предпочтительно): ><http://www.ipni.net/scholar><
- на русском языке: >[aerofeeva@ipni.net](mailto:aerofeeva@ipni.net)<

### Условия участия

Участники конкурса - аспиранты или студенты последних курсов (специалитета и магистратуры). При прочих равных условиях преимущество имеют студенты более младших курсов.

Работы будут в первую очередь оцениваться с точки зрения соответствия целям Международного института питания растений.

Принимаются работы в следующих областях: почвоведение, агрохимия, растениеводство, агрономия, экология, химия почв, физиология растений, и смежные.

Победители не могут повторно участвовать в конкурсе, премия присуждается только один раз.



## Для участия в конкурсе необходимы следующие документы:

- Отсканированная зачетная книжка (для аспирантов – результаты сдачи кандидатских минимумов), средний балл.
- Три письма-рецензии на работу, одно из них – от научного руководителя. Письма должны быть оформлены на официальном бланке организации, подписаны автором. Необходимо также указание телефонного номера и электронного адреса автора письма.
- Краткое описание работы, позволяющее оценить ее оригинальность, глубину, информативность,

новизну и значимость для IPNI.

- В прилагаемой анкете необходимо кратко перечислить имеющиеся награды и премии, внеучастную деятельность, карьерные планы

## Сроки

Документы должны быть поданы до 30-го июня 2012 г.

Результаты будут объявлены в сентябре 2012 г.

Награда будет вручена сразу после публикации результатов.

Анкету участника можно скачать здесь:

><http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2055><

## Обзор научных публикаций

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

**Научно-методические принципы комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения**

*Л.М. Державин, А.С. Фрид, *Агрехимия* 2012, №2, стр. 3-11.*

В статье методически прорабатывается комплексная оценка плодородия земель сельскохозяйственного назначения, основанная на использовании шкал обеспеченности растений факторами плодородия, в число которых предлагается включать не только агрохимические (расширенный перечень анализов), но также физические (грансостав, водопроницаемость, наименьшая влагоемкость, плотность и др.) и биологические почвенные показатели (нитрифицирующая, аммонифицирующая и азотфиксирующая способность). По сравнению с набором агрохимических показателей, определяемых в настоящее время, во всех природно-сельскохозяйственных зонах страны предлагается дополнительно определять степень подвижности фосфора и калия по Скофилду, валовое содержание азота, а также разово определять валовое содержание P, K, Ca, Mg, S и содержание поглощенных оснований (Ca, Mg, K, Na) и проводить определение кислотности почв. Наряду с основным мониторингом плодородия почв, для корректировки технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур предлагается в течение вегетационного сезона проводить оперативный мониторинг таких параметров, как фитосанитарные показатели, показатели влажности, содержание макро- и микроэлементов в растениях и т.п. Результаты комплексного мониторинга предполагается использовать не только для контроля за плодородием почв, но и в качестве базы для их экономической оценки. В статье рассмотрен алгоритм проведения комплексной оценки плодородия почв, и предлагаются минимальные базовые наборы почвенных показателей по природным зонам страны.

**Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

*Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина, Т.П. Фомкина, А.В. Козлова, О.В. Макишкова, С.П. Волошин, О.М. Хромова, И.В. Панкратенкова, *Агрехимия*, 2012, №2, стр. 37-46.*

В длительном 30-летнем опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изучено отдельное и совместное действие минеральных удобрений (N, P и K) и навоза на урожайность культур зерно-травяно-пропашного севооборота. Каждый из 4-х вышеуказанных факторов изучался в 6-ти грациях (дозах). В зависимости от ротации севооборот включал картофель, ячмень, овес, озимые пшеницу и рожь, однолетние и многолетние травы. Насыщенность севооборота зерновыми культурами в среднем по 4-м ротациям составила 53%, многолетними травами – 27%. Однократные среднегодовые дозы N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O составили по 25.5 кг/га, а навоза – 3.2 т/га. Контрольный вариант без применения удобрений дал самую низкую урожайность (28 ц к.е./га в среднем за 4 ротации), и при этом почва контрольных участков за время опыта потеряла 28% гумуса. Наиболее эффективным было комплексное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений и их сочетание с навозом. Изученная органическая система применения удобрений уступала минеральной и органоминеральной системам. Максимальная продуктивность севооборота (40 ц к.е./га в среднем за 4 ротации) была достигнута при внесении трехкратных доз NPK, однократных доз NP в сочетании с четырехкратной дозой K и однократной дозой навоза, а также двукратной дозой N в сочетании с пятикратными дозами PK и навоза. Важно отметить, что органоминеральная система с внесением трехкратных доз всех удобрений обеспечивала бездефицитный баланс гумуса в почве, оптимизировала калийный и фосфатный режимы почвы и способствовала высокой продуктивности севооборота

(38 ц к.е./га). Длительное применение удобрений без внесения извести (последние 2 ротации севооборота) сопровождалось повышением кислотности почвы.

## Вынос NPK пшеницей и ячменем на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве ЦРНЗ РФ

*В.А. Варламов, А.М. Алиев, А.В. Ваулин, Н.А. Кирпичников, Г.И. Ваулина, Плодородие, 2012, №2, стр.12-14.*

Изучено влияние отдельных факторов на изменения показателей выноса основных элементов минерального питания растениями озимой пшеницы и ячменя. Показано, что использование усредненных показателей при расчетах доз удобрений неправомерно. Как показали результаты многолетних исследований, вынос основных элементов минерального питания на единицу продукции может существенно изменяться в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня минерального питания, сортовых особенностей растений и других факторов: по азоту от 19 до 44 кг/т, фосфору – от 8 до 15, калию – от 15 до 44 кг/т. Экспериментальные данные, полученные в длительных и краткосрочных полевых опытах на дерново-подзолистой суглинистой почве ЦОС ВНИИА показывают, что удельные затраты NPK на формирование 1 т/га зерна и соответствующего количества побочной продукции в значительной степени зависят от условий возделывания культуры. Наименьший вынос NPK отмечен на неокультуренной почве. При применении умеренных доз минеральных удобрений вынос азота озимой пшеницей увеличивается на 6%, фосфора – на 7%, калия – на 24%, а ячменем, соответственно, на 25, 9 и 24%. Возрастание удельного выноса NPK происходит при любом улучшении питания. Применение химических средств защиты растений и борьба с сорняками приводят к увеличению выноса элементов питания на единицу продукции и росту эффективности их использования.

## Орошение и удобрение яблоневого сада интенсивного типа

*В.В. Бородычев, А.А. Криволицкий, А.Ф. Дружкин, Плодородие, 2012, №1, 42-45.*

Изучено влияние режимов капельного орошения на рост и развитие яблоневого сада, а также формирование урожая. При посадке двухлетних саженцев в почву вносили следующие удобрения: органические в дозе 60 т/га, фосфорные из расчета 10 кг  $P_2O_5/100$  м траншеи (575 кг  $P_2O_5/га$ ) и калийные – 6 кг  $K_2O/100$  м траншеи (180 кг  $K_2O/га$ ). В течение поливного сезона вместе с фертигацией были внесены полностью растворимые минеральные удобрения в суммарной дозе N108P58K158 (кг д.в./га). При оптимальном режиме орошения урожайность яблони сорта Голден Делишес в первый год вегетации составила 1.1 кг/дер. (4.50 т/га), а во второй – 6.75 кг/дер. (25.6 т/га).

## Эффективность минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах Приенисейской Сибири

*Ю.Н. Трубников, Плодородие, 2012, №2, 16-17*

По результатам многолетних исследований, проведенных на дерново-подзолистых почвах, установлено, что оптимизация минерального питания растений в полевом севообороте (пар – озимая рожь – ячмень + клевер – клевер 1-го г.п. – клевер 2-го г.п. – лен-долгунец – яровая пшеница – овес) позволяет увеличить общую продуктивность севооборота на 84%. При этом окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений прибавкой урожая по вариантам опыта (15 вариантов с разными дозами NPK) изменялась от 7 до 15 кг з.е. В связи с очень низкой обеспеченностью почвы подвижным фосфором и низкой – подвижным калием наблюдалось высокое действие на урожайность культур фосфорно-калийных удобрений на фоне применения азотных удобрений. Например, максимальная урожайность яровой пшеницы (2.76 т/га в среднем за 3 года) была получена в варианте с внесением N90P180K180.

## Продуктивность и качество подсолнечника, вынос элементов питания на черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений

*А.Ф. Стулин, Агрoхимия, 2012, №2, стр. 47-52.*

Урожайность и качество семян подсолнечника изучались в десятипольном севообороте, в структуре которого было представлено 50% зерновых, 30% кормовых и 20% технических культур. Удобрения вносили ежегодно осенью под вспашку. По результатам многолетнего стационарного полевого опыта на выщелоченном черноземе (Воронежская область) показано, что рациональная доза NPK под подсолнечник, обеспечивающая наиболее высокую урожайность и качество семян, а также выход масла – N60P60K60. Прирост урожайности составил 0.4-0.7 т/га при сборе масла 0.7-1.4 т/га. Дальнейшее увеличение доз одного из элементов питания не окупало затрат и не приводило к увеличению урожайности. Внесение навоза в дозе 14 т/га по эффективности было равно N60P60. Урожайность семян подсолнечника на естественном фоне в среднем за 4 ротации составила 1.6т/га. Действие отдельных видов удобрений на урожайность семян подсолнечника находилось в прямой зависимости от эффективного плодородия почвы. Наибольшие прибавки урожайности были получены от внесения азотных (0.1-0.3 т/га) и азотно-фосфорных удобрений (0.2-0.5 т/га). Внесение отдельно фосфорных и калийных удобрений было неэффективным. Значительное влияние на урожайность и содержание в семенах подсолнечника жира оказывали погодные условия. Наибольшее влияние на сбор масла с 1 га оказывало внесение азотно-фосфорного и полного

минерального удобрения (по 60 кг/га д.в.): сбор масла в этих вариантах увеличивался на 25% по сравнению с естественным фоном (0.8 т/га). Изменение соотношения NPK в удобрении не влияло на сбор масла.

Вынос N, P<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O на 1 ц семян на естественном фоне был, соответственно, 3.3, 1.3 и 5.3 кг, а при внесении удобрений вынос повышался на 6-36, 8-39 и 8-42% соответственно. Среднегодовое поступление N, P<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O из запасов почвы в посевы подсолнечника составило 52, 21, 84 кг/га соответственно. С корневыми и пожнивными остатками в почву возвращалось на неудобренном фоне 16.0, 9.4 и 54.6 кг д.в./га NPK, при внесении N60P60K60 – 25.4, 13.7 и 80.1 кг/га или 59, 46 и 47% соответственно.

**Влияние калийных удобрений на содержание цезия-137 в зеленой массе природных кормовых угодий при поверхностном улучшении**

*В.Г. Сычев, Н.М. Белоус, Е.В. Смольский, Плодородие, №1, 2012, стр.2-4.*

Проанализированы закономерности изменения содержания цезия-137 в кормах и молоке крупного рогатого скота в отдаленный период после аварии на

ЧАЭС. Исследования проводили в 1994-2008 гг. на Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции ВНИИ люпина на луговом участке центральной поймы р. Ипуть. Плотность загрязнения почвы цезием-137 в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС составляет 1221-1554 кБк/м<sup>2</sup>. Исследования эффективности систем удобрения и обработки почвы проводили на злаковой травосмеси (кострец безостый, овсяница луговая, тимофеевка луговая, канареечник тростниковидный, лисохвост луговой). В качестве удобрений применяли аммиачную селитру, суперфосфат простой гранулированный и хлористый калий. На естественном травостое без применения удобрений содержание радиоцезия в зеленой массе трав в 10-12 раз превышало нормативный показатель, т.е. проведение поверхностного улучшения лугов без применения удобрений не обеспечило значимого эффекта. По данным опытов, получение кормов, соответствующих нормативу по содержанию Cs-137, возможно при внесении 135-180 кг/га калия (K<sub>2</sub>O), а при проведении поверхностного улучшения лугов достаточно вносить 120 кг/га. Наиболее эффективным при высоких дозах калия признано соотношение N:P:K = 1:1.5:1.5. Для получения молока, соответствующего СанПиНу 2.3.2.1078-01, достаточно применения исследуемых доз минеральных удобрений (N60-90P90-120K60-180) в соотношении N:P:K 1:1.5:1.5 и 1:1.5:2 или N:K 1:1.5 и 1:2.

## Обзор научных публикаций BETTER CROPS with plant food, №4, 2011

Ежеквартальный журнал

Международного института питания растений

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

**Получение высоких урожаев кукурузы может способствовать повышению эффективности использования азота растениями**

*Ч. Вортманн, Ч. Шапиро, А. Доберманн, Р. Фергюсон, Г. Хергерт, Д. Валтерс, Д. Таркалсон*

В литературе часто можно встретить публикации наподобие статьи «Решение глобальной проблемы азота», опубликованной Таунсендом и Ховартом в журнале Scientific American (в феврале 2010 г.). В этих публикациях выражаются опасения по поводу влияния на окружающую среду возрастающего содержания химически активных соединений азота в атмосфере, а также в наземных и морских экосистемах земного шара. В значительной степени накопление указанных соединений азота является результатом производства и использования азотных удобрений. Применение азотных удобрений необходимо для удовлетворения растущих потребностей человечества в сельхозпродук-

ции. Совершенствование агротехнологических приемов – ключ к росту продуктивности растениеводства, а также одновременному повышению эффективности использования азота и снижению его потерь.

**Подкисление почвы под масличной пальмой: интенсивность и влияние на урожай**

*П.Н. Нельсон, Т.Реберген, С.Бертелсен, М.Дж.Уэбб, М.Банабас, Т.Обертюр, К.Р.Додоу, Рахмадья, К. Индрасуара, А.Лабис*

Полевые опыты в Папуа-Новой Гвинее показали, что подкисление почв плантаций масличной пальмы в значительной степени зависит от вида и способа внесения удобрений. Подкисление почв потенциально может приводит к деградации и негативно влиять на урожайность. Однако исследования, проведенные в четырех опытах в Индонезии показали, что даже на почвах с низким значением pH можно получать срав-



нительно высокий урожай, а рациональная система обработки почвы и возделывания культур может способствовать даже некоторому снижению кислотности почвы. Эти результаты доказали, что при продуманном подходе к контролю кислотности почвы в Юго-Восточной Азии можно получать достаточно высокие урожаи даже при существующем уровне рН.

## Важная роль органического вещества почвы в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур и эффективном использовании азота и фосфора растениями

*Дж. Джонстон*

Роль органического вещества почвы в обеспечении растений элементами питания является фундаментальной, особенно в условиях постоянного повышения потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур. В данной статье освещается взаимодействие азота и фосфора с органическим веществом почвы и роль органического вещества в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур, исходя из обобщенных результатов длительных полевых опытов, которые были проведены на Ротамстедской опытной станции.

## Фиксация калия и ее влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур в Калифорнии

*С. Петтигроув, Т. О'Гин, Р. Саутард*

При разработке системы применения удобрений важно учитывать фиксацию калия в межпакетных пространствах глинистых минералов. В настоящем обзоре рассматривается механизм фиксации калия почвой и представлены результаты исследования, проведенного в Центральной Калифорнии, где распространены почвы с высокой калийфиксирующей способностью.

## Достижение равновесного состояния органического вещества в почве, соответствующего конкретному типу почвы и применяемой системе возделывания сельскохозяйственных культур

*Дж. Джонстон*

Содержание органического вещества в почве является важным показателем, характеризующим качественное состояние почвы, однако установление критического уровня, на котором следует поддерживать содержание органического вещества в почве, всегда будет непростой задачей. Впрочем, невозможно переоценить вклад органического вещества в формирование плодородия почвы, устойчивое функционирование агроэкосистемы и поддержание высокой продуктивности сельскохозяйственных культур, и

необходимо направлять все усилия на поддержание и, если это возможно, на повышение содержания органического вещества в почве.

## Управление питанием люцерны, выращиваемой на кислых почвах в горных регионах Чонгкинга

*Джиа Жоу, Вей Ли, Хенглин Даи, Гуангкун Донг, Шихуа Ту*

Установлено, что для оптимального питания люцерны при выращивании ее в горных районах Чонгкинга в Китае необходимо вносить в почву не только азот, фосфор и калий, но и раз в 2-3 года магний. Внесение молибдена не влияет на урожайность люцерны, но увеличивает содержание в кормах сырого белка и их вкусовые качества для животных.

## Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество хлопка

*К.Х.Йин, К.Л.Мэйн, К.О.Гватмей*

Необходимо более внимательно учитывать потребности в сере при возделывании хлопчатника по системе no-till в штате Теннесси (США) и других регионах возделывания данной культуры, где содержание серы в почве может быть недостаточным для нормального роста и развития растений. Внесение 22 кг S/га увеличивает сбор хлопковолокна и повышает его качество (показатель микронейр) при выращивании хлопка по системе no-till на почвах с низким содержанием серы в штате Теннесси и близких по условиям регионах.

## Отзывчивость сельскохозяйственных культур на внесение удобрений в Восточных равнинах Боливии

*Дж. Терразас, Г. Гуэйгуэ, Э. Хуарес, М.Кресно, Ф. Гарсиа*

Восточные равнины Боливии – важный регион для выращивания зерновых культур. В опытах, проводившихся с 2005 по 2008 г, изучали проблему дефицита элементов питания растений и отзывчивость растений на внесение азота, фосфора, калия, серы, микроэлементов. В статье представлены результаты этих экспериментов. Высокая вероятность отзывчивости зерновых на внесение фосфорных удобрений была установлена при содержании в почве менее 6 мг P/кг почвы (по Олсену). При определенных условиях может быть дефицит калия, серы и микроэлементов у растений.

## Изменение климата и реакция растений пшеницы на повышение содержания углекислого газа в атмосфере, прогнозируемое в будущем

*Р. Нортон, Г. Фицджеральд, М. Таусз*

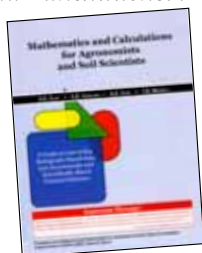
Изменение климата, сопровождающееся повышением температуры воздуха и уменьшением количества осадков, в настоящее время является актуальной проблемой и останется таковой в обозримом будущем. Однако даже в условиях низкой продуктивности растениеводства некоторые неблагоприятные последствия изменения погодных условий могут быть сглажены благодаря положительному эффекту

от повышения содержания в атмосфере углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). У современных сортов сельскохозяйственных культур имеется ряд признаков, которые могут послужить ключом к выведению новых сортов, лучше адаптированных к повышению температуры и содержания углекислого газа в атмосфере, которое прогнозируется в будущем.

## Научно-практическая литература

### Математика и вычисления для агрономов и почвоведов

(на английском языке)



Цель этого руководства, превышающего по объему 200 стр., – научить студентов разрабатывать, проверять и внедрять инновационные стратегии управления, направленные на повышение продуктивности растениеводства и уменьшения воздействия на окружающую среду. В самом начале книги дается обзор основ математики и научного метода, принципов проведения опытов и анализа их результатов, а также знания о том, как строить и проверять концептуальные и математические модели. В новом издании используются только метрические единицы измерения, что упрощает его восприятие для российских читателей.

Книгу можно заказать через каталог IPNI: <http://ppi-store.stores.yahoo.net/maandcaforag.html>

### Коллекция фотографий сельскохозяйственных культур с признаками дефицита элементов питания.

(на русском и английском языках)



Коллекция включает сотни фотографий с различными проявлениями признаков дефицита элементов питания у основных сельскохозяйственных культур. Фотографии сгруппированы по трем группам элементов: основные, вторичные и микроэлементы. Внутри каждой группы с помощью фильтров можно отсортировать фотографии по с/х культурам. К каждой фотографии дается сопроводительная информация о месте и времени, когда сделана фотография, приведены данные агрохимического анализа почвы и результаты анализа растительных тканей. Коллекция доступна в электронном виде на флэш-носителе для компьютеров под управлением MS Windows или MacOS.

Коллекцию можно заказать через каталог IPNI:

<http://ppi-store.stores.yahoo.net/crnudeimco.html>

### 4R Plant Nutrition: Руководство по управлению питанием растений

Новое издание (на английском языке)



Концепция «4-х правил» - инновационный подход к созданию рациональных систем применения удобрений, которая была разработана производителями минеральных удобрений. При новом подходе принимаются во внимание экономические, социальные и экологические аспекты применения удобрений, что крайне важно для стабильности агро-систем. Сама концепция проста: удобрения должны вноситься в наиболее подходящей форме и виде, в оптимальной дозе, в необходимые сроки и максимально подходящим способом, но ее реализация – процесс наукоемкий и зависящий от местных условий.

Каждому из 4х правил посвящена отдельная глава, где описываются научные принципы, на которые данное правило опирается, и приводятся конкретные примеры их применения.

Книга адресована работникам сельского хозяйства, фермерам, профессиональным консультантам по вопросам сельского хозяйства и всем, кто интересуется вопросами управления питанием растений.

Книгу можно заказать через каталог IPNI: <http://ppi-store.stores.yahoo.net/4rplnumafori.html>