



# Питание растений

Вестник Международного института питания растений

Восточная Европа и Центральная Азия

№3, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

Калий в земледелии ЦЧО.....	2
Питание зерновых колосовых культур калием на каштановых почвах.....	6
Эффективность калийного удобрения в агроэкосистемах на серых лесных почвах ополья Центральной России.....	10
Памяти Владимира Васильевича Прокошева.....	16
Итоги конкурса научных работ студентов и аспирантов-2011.....	17
Сайт Международного института питания растений.....	18
Обзор научных публикаций.....	18
Научно-практическая литература.....	22

## Международный Институт Питания Растений

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

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

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

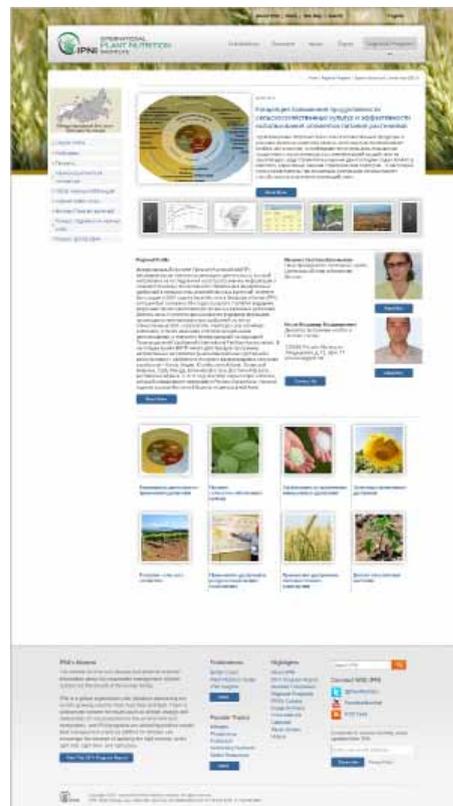


Уважаемый читатель, в этом номере вестника мы начинаем серию публикаций о питании сельскохозяйственных растений калием, оценке калийного состояния почв и эффективности применения калийных удобрений. В серию войдут статьи с современными данными, полученными в опытах в Восточной Европе и Центральной Азии, и обобщенными результатами многолетних полевых опытов. В серию также включены переведенные на русский язык статьи из журнала "Better Crops with Plant Food" о положительном действии калийных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, а также на повышение их устойчивости к неблагоприятным погодным условиям, болезням и вредителям.

Традиционно осенью МИПР подводит итоги ежегодного открытого конкурса научных работ студентов и аспирантов (IPNI Scholar Award). В 2011 году 127 студентов и аспирантов со всего мира приняли участие в этом конкурсе, включая 12 претендентов из России и Украины. Победителями конкурса в Восточной Европе и Центральной Азии стали аспирант Дмитрий Божков (Южный федеральный университет) и студентка Елена Павлова (Омский государственный аграрный университет). Каждый победитель получит премию в 2000\$ и сертификат, а также сможет опубликовать свою научную статью в нашем вестнике.

В заключение, у меня есть для Вас еще одна хорошая новость. Сотрудники московского филиала МИПР открыли региональный сайт на русском языке. Его адрес: <http://eeca-ru.ipni.net>. Сайт содержит материалы о глобальной деятельности Института, региональных научных проектах в Восточной Европе и Центральной Азии, тематические рубрики и подборку статей и презентаций по актуальным темам в области питания сельскохозяйственных растений и применения минеральных удобрений, а также другую полезную информацию. Кроме того, на сайте выложены в свободном доступе все выпуски вестника «Питание растений». Более подробная информация о сайте размещена на стр. 18. Мы искренне надеемся, что со временем наш региональный сайт станет важной информационной платформой для производителей минеральных удобрений, научного сообщества и сельхозпроизводителей.

С уважением,  
Светлана Иванова,  
глава Филиала Международного института питания растений в РФ



Главная страница регионального сайта на русском языке

# Калий в земледелии ЦЧО

П.А. Чекмарев, С.В. Лукин, Ю.И. Сискевич, Н.П. Юмашев, В.И. Корчагин, А.Н. Хижняков

**К**алий является одним из основных зольных макроэлементов. Его роль в питании растений более отчетливо проявляется на фоне высокого использования фосфора и азота. Вынос калия с урожаем всегда больше, чем фосфора, а часто и азота. Оптимальное калийное питание повышает крахмалистость и вкусовые качества картофеля, сахаристость корнеплодов сахарной свёклы, накопление жира в семенах масличных культур, улучшает выполненность зерна злаковых культур. При недостатке калия задерживается синтез белка и накапливается небелковый азот. Использование калийных удобрений на почвах (особенно легкого механического состава), загрязненных радионуклидами, снижает транслокацию радиоцезия в растения (Панников, Минеев, 1977).

Значительное истощение почвенного калийного фонда может привести не только к снижению продуктивности выращиваемых культур, но и к утрате экологических и хозяйственных функций почвы.

Основная часть почвенного калия представлена малорастворимыми алюмосиликатными минералами и лишь в процессе их выветривания становится доступной для растений. Целинные чернозёмы ЦЧО содержат 1.6-1.7% валового калия в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта и 1.2-1.4% – в материнской породе (табл. 1). Содержание подвижных форм калия в слое 0-20 см заповедных чернозёмов составляет: 140-160 мг/кг («Казацкая степь») и 101-105 мг/кг («Ямская степь») (Лукин, Соловиченко, 2008; Каштанов, Явтушенко, 1997).

Как правило, чем более тяжёлый механический состав имеют почвы, тем больше в них валового и подвижного калия. Кроме того, почвы тяжёлого механического состава отличаются повышенной фиксацией калия. В чернозёмах, в связи с высокой насыщенностью двухвалентными катионами, обменный калий почти не накапливается. Преобладает необменное поглощение этого элемента (Панников,

Минеев, 1977).

На основе обобщения исследований, проведенных в ЦЧР, предложены оптимальные уровни содержания подвижного калия в пахотных почвах: для оподзоленного чернозёма – 100-140, для выщелоченного – 120-150, для типичного – 140-160, для обыкновенного – 170-180 мг/кг (Акулов, 1992). Для чернозёмов Украины оптимальное содержание подвижного калия для зерновых культур соответствует уровню 120-180 мг/кг, а для пропашных культур – более 180 мг/кг (Медведев, 2002).

Цель данной работы – проанализировать динамику содержания подвижных форм калия в пахотных почвах ЦЧО и объёмы поступления калия с удобрениями.

В работе использованы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв, проводимого агрохимической службой в Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областях. В пробах почвы содержание подвижных форм калия определялось по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

В ЦЧО наибольшие площади занимают зональные почвы – чернозёмы. Чернозёмы оподзоленные и выщелоченные в основном находятся в северной и северо-западной частях ЦЧО (Липецкой, Тамбовской и Курской областях). Чернозёмы обыкновенные, южные и остаточнок-карбонатные – в центральной и юго-восточной частях региона (Воронежской и Белгородской областях). Чернозёмы типичные преобладают на остальной территории ЦЧО. Наиболее распространёнными почвами в ЦЧО являются чернозёмы выщелоченные (29.9%) и типичные (26.1%). Серые лесные почвы сформировались в северной части региона и в большей мере распространены в Курской и Тамбовской областях (Соловиченко, 2005).

В Белгородской области средневзвешенное содержание подвижных форм калия за период 1964-1989 гг. увеличилось на 23% (24 мг/кг), что связано с увеличением использования калийных и органических удобрений. В 1984-1989 гг. в области впервые был

**Таблица 1.** Содержание калия в целинных почвах участка «Ямская степь» заповедника «Белогорье»

Почва	Горизонт	Мощность горизонта, см	Глубина отбора проб, см	Валовое содержание $K_2O$ , %	Подвижные формы $K_2O$ , мг/кг
Чернозем выщелоченный мощный тучный	A <sub>1</sub>	7-45	10-20	1.64	105
	AB	46-68	50-60	1.77	77
	B	69-90	70-80	1.86	76
	BC	91-120	100-110	1.47	82
	C	121-165	140-150	1.22	не опр.
Чернозем типичный мощный тучный	A <sub>1</sub>	7-47	10-20	1.72	101
			30-40	1.89	78
	AB <sub>ca</sub>	48-75	55-65	1.88	не опр.
	B <sub>ca</sub>	76-98	80-90	1.63	не опр.
	BC <sub>ca</sub>	99-120	105-115	1.79	не опр.
C <sub>ca</sub>	121-165	150-160	1.40	не опр.	

Таблица 2. Распределение пахотных почв ЦЧР по содержанию подвижных форм калия (K <sub>2</sub> O), % от обследованной площади									
Циклы	Годы	Содержание подвижного K <sub>2</sub> O, мг/кг						Средневзвешенное значение, мг/кг	Запасы в пахотном слое, кг/га
		очень низкое, <20	низкое, 21-40	среднее, 41-80	повышенное, 81-120	высокое, 121-180	очень высокое, >180		
Белгородская область									
I	1964-1970	1.5	6.5	21.1	35.3	32.8	3.0	105	315
II	1971-1975	0.1	2.1	32.9	44.1	18.4	2.4	97	291
III	1976-1983	0.1	0.4	15.0	43.0	32.5	9.0	120	360
IV	1984-1989	0.1	2.0	12.1	33.2	36.7	15.9	130	390
V	1990-1994	0.3	2.1	16.7	37.5	30.5	12.9	120	360
VI	1995-1999	0.1	1.9	13.5	38.4	34.0	12.1	128	384
VII	2000-2004	0.1	2.0	14.6	42.4	31.9	9.0	121	363
VIII	2005-2009	-	1.4	12.5	39.0	36.1	11.0	127	381
Воронежская область									
I	1964-1970	0.3	2.9	10.0	21.1	37.9	27.8	115	345
II	1972-1979	-	0.9	11.9	42.4	36.1	8.7	120	360
III	1979-1985	0,1	0.3	8.5	40.6	40.6	9.9	119	357
IV	1986-1990	-	0.6	9.4	37.8	44.4	7.8	122	366
V	1991-1995	-	0.6	9.5	30.7	50.8	9.5	133	399
VI	1996-2000	0.1	0.6	8.3	30.7	50.8	9.5	127	381
VII	2001-2005	0.1	0.7	10.7	32.4	46.6	9.5	127	381
VIII	2006-2010	0.1	0.9	11.3	37.0	43.9	6.8	123	369
Курская область									
I	1964-1970	0.6	13.8	48.1	28.6	8.1	0.8	82	246
II	1971-1975	0.2	9.9	53.7	29.5	5.0	1.7	82	246
III	1976-1983	-	9.2	44.8	32.2	10.2	3.6	91	273
IV	1984-1989	-	2.9	30.1	41.1	19.8	6.1	104	312
V	1990-1994	-	0.3	24.3	42.3	24.9	8.2	111	333
VI	1995-1999	0.1	0.9	33.4	37.8	19.7	8.1	104	312
VII	2000-2004	0.1	0.9	40.2	38.4	15.2	5.2	96	288
Липецкая область									
I	1964-1969	0.5	5.5	24	43	22	5	101	303
II	1970-1975	-	1.5	25	51	19	3.5	102	306
III	1976-1981	-	0.3	17	52	25	5.7	110	330
IV	1982-1986	-	1	33	46	15	5	98	294
V	1987-1989	-	3	45	32	13	7	92	276
VI	1990-1993	-	2	38	34	17	9	99	297
VII	1994-1997	-	1	37	37	17	8	99	297
VIII	1998-2002	-	1	34	40	17	8	101	303
XIX	2003-2007	-	1	33	44	17	5	101	303
Тамбовская область									
II	1971-1977	-	1.8	24.4	40.8	23.5	9.5	109	326
III	1978-1984	-	0.6	16.3	49.2	28.4	5.5	112	336
IV	1985-1990	-	0.2	17.5	51.1	27.1	4.1	110	331
V	1991-1995	-	0.5	24.8	49	24	1.7	104	311
VI	1996-2002	-	0.5	27.1	50.5	21.1	0.8	101	302
VII	2003-2009	-	0.6	23.8	52.7	22.8	0.1	102	305

достигнут положительный хозяйственный баланс калия (интенсивность 116%). По мнению Д.Н. Прянишникова, приемлемая интенсивность баланса калия должна составлять не менее 80% (Прянишников, 1952). В 1990-2009 гг. баланс калия стал резко дефицитным (интенсивность 32-74%), однако средневзвешенное содержание подвижного калия в почвах изме-

нилось не сильно, находясь в пределах 120-128 мг/кг.

В Липецкой области по данным первого цикла агрохимического обследования (1964-1969 гг.) средневзвешенное содержание подвижного калия составляло 101 мг/кг при отрицательном балансе этого элемента (-12 кг/га). Минимальное содержание подвижного калия (92 мг/кг) зафиксировано в пятом

цикле обследования (1987-1989 гг.) при положительном балансе 6 кг/га. В восьмом цикле (1998-2002 гг.) содержание подвижных форм калия увеличилось до 101 мг/кг, несмотря на отрицательный баланс этого элемента (-25 кг/га) (Сискевич, Никонова, 2006).

В почвах Тамбовской области за годы наблюдений содержание подвижных форм калия было достаточно стабильно (101-112 мг/кг), несмотря на различный уровень использования удобрений.

В почвах Курской и Воронежской областей за период 1964-1994 гг. средневзвешенное содержание подвижных форм калия увеличилось соответственно на 35 и 16%, а затем наметилась устойчивая тенденция к уменьшению величины данного показателя (табл. 2).

Динамика поступления калия в почву с органическими и минеральными удобрениями была достаточно сходной во всех областях ЦЧР. С середины шестидесятых до конца восьмидесятых годов прошлого века поступление калия увеличивалось, затем стало снижаться, и в начале текущего столетия достигло минимальных значений. По результатам последних циклов агрохимического обследования зафиксировано увеличение поступления этого элемента в пахотные почвы. Основное количество калия вносилось с минеральными удобрениями, однако в конце девяностых годов прошлого века главным источником поступления калия в агроландшафты стали органические удобрения. Наиболее высокий уровень поступления калия с удобрениями отмечался в Белгородской области, а наиболее низкий – в Тамбовской (табл. 3).

Многими исследованиями установлено, что в процессе сельскохозяйственного использования содержание подвижного калия в почве изменяется незначительно. При низкой обеспеченности почвы усвояемым азотом, что характерно для типичных чернозёмов и тёмно-серых лесных почв, потребность растений в калии удовлетворяется за счет мобилизации его почвенных запасов. Установлено, что при взаимодействии калийных удобрений с почвой в необменной форме фиксируется 70-90% внесенного калия, большая часть которого за 3-4 года выращивания сельскохозяйственных растений используется ими на формирование урожая (Минеев, 1999).

Большое количество органического вещества в условиях недостаточного увлажнения и сравнительно высокой температуры способствует необменному поглощению калия в пахотном горизонте чернозёмов. Поэтому, в большинстве полевых опытов, проведенных в ЦЧО, прямого положительного эффекта от внесения калийных удобрений не отмечалось (Плодородие черноземов России, 1998).

В тоже время в стационарном опыте БелНИИСХ по истечении двух ротаций пятипольного севооборота содержание подвижного калия на вариантах без внесения удобрений уменьшилось на 21-25 мг/кг, по сравнению с исходным уровнем, а на вариантах с внесением удобрений существенно (на 40 мг/кг и более) повысилось, причем на увеличение содержания подвижного калия на 10 мг/кг затрачивалось сравнительно мало калия – 47-70 кг д.в./га (Соловichenko, 2002).

Возможно, что причиной «благополучия» в состоянии калийного фонда чернозёмов является некор-

**Таблица 3.** Динамика поступления калия в агроландшафты с минеральными и органическими удобрениями, кг K<sub>2</sub>O д.в./га

Циклы	Годы	Минеральные удобрения	Органические удобрения	Всего
Белгородская область				
I	1964-1970	10.0	11.4	21.4
II	1971-1975	16.0	13.8	29.8
III	1976-1983	32.0	21.6	53.6
IV	1984-1989	46.0	34.8	80.8
V	1990-1994	25.0	31.2	56.2
VI	1995-1999	5.3	14.4	19.7
VII	2000-2004	8.9	5.9	14.8
VIII	2005-2009	19.3	5.4	24.7
Воронежская область				
I	1964-1970	11.2	10.9	22.1
II	1972-1979	19.0	12.3	31.3
III	1979-1985	22.6	20.3	42.9
IV	1986-1990	29.6	21.2	50.8
V	1991-1995	10.7	17.8	28.5
VI	1996-2000	1.7	10.5	12.2
VII	2001-2005	6.2	9.2	15.4
VIII	2006-2010	10.2	8.3	18.5
Курская область				
III	1976-1983	29.1	15.9	45.0
IV	1984-1989	45.2	23.7	68.9
V	1990-1994	37.0	18.4	55.4
VI	1995-1999	2.6	5.8	8.4
VII	2000-2004	6.4	3.5	9.9
VIII	2005-2009	18.4	2.2	20.6
Липецкая область				
I	1964-1969	8.4	5.1	13.5
II	1970-1975	15.3	8.6	23.9
III	1976-1981	22.4	13.1	35.5
IV	1982-1986	25.5	20.6	46.1
V	1987-1989	36.4	23.7	60.1
VI	1990-1993	37.3	25.9	63.2
VII	1994-1997	6.1	9.5	15.6
VIII	1998-2002	3.6	4.7	8.3
XIX	2003-2007	11.3	6.4	17.7
Тамбовская область				
II	1971-1977	8.9	6.6	15.5
III	1978-1984	19.6	16.3	35.9
IV	1985-1990	26.3	17.5	43.8
V	1991-1995	2.7	9.5	12.2
VI	1996-2002	0.4	4.9	5.3
VII	2003-2009	6.6	2.6	9.2

ректное применение методов анализа. При значениях рН = 3, которые устанавливаются после взаимодействия раствора 0.5 М уксусной кислоты с почвой (по Чирикову), вероятно вовлечение механизмов растворения калийсодержащих минералов почвы, а также процессов гидролиза органического вещества, что искажает картину о реальном количестве доступного

**Таблица 4.** Влияние удобрений на урожайность и технологические качества корнеплодов сахарной свёклы.

Вариант	Урожайность, т/га	Содержание сахара, %	Потери сахара в мелассе, %	Выход сахара, т/га	Прибавка выхода сахара, %	Окупаемость удобрений прибавкой выхода сахара, кг сахара/кг д.в. удобрений
Контроль	28.2	19.3	2.28	4.53	-	-
N <sub>180</sub>	32.5	17.6	2.29	4.60	1.5	0.39
P <sub>180</sub>	33.7	19.4	2.24	5.14	13.5	3.39
K <sub>180</sub>	30.5	19.4	2.36	4.84	6.8	1.72
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub>	39.4	17.9	2.26	5.78	27.6	3.47
N <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	35.2	18.2	2.69	5.07	11.9	1.50
P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	37.1	19.6	2.42	6.06	33.8	4.25
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	44.0	18.3	2.33	6.59	45.5	3.81

калия в почве (Прокошев, Носов, 2002). В модельных опытах установлено, что содержание подвижного калия в почве, определенное по методу Чирикова, слабо коррелирует с дозами (даже высокими) внесения калийных удобрений (Козлова и др., 2003).

Однако достаточно стабильное содержание подвижного калия в почвах при низком уровне химизации не является основанием для отказа от использования калийных удобрений на чернозёмах. Калийные удобрения необходимо, в первую очередь, вносить под культуры, выносящие много калия с урожаем, для обеспечения сбалансированного минерального питания. Например, только при совместном внесении калийных, фосфорных и азотных удобрений в дозе N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> под сахарную свёклу можно добиться высокого выхода сахара (6,59 т/га) при высокой окупаемости минеральных удобрений (3,81 кг сахара/кг д.в. удобрения) (табл. 4) (Лукин и др., 2010).

В пределах ЦЧО наиболее обеднены подвижным калием западные и северные районы, что связано как с особенностями почвообразующих пород и почвенного покрова отмеченных территорий, так и с многолетним их использованием. По результатам последних завершённых циклов агрохимического обследования

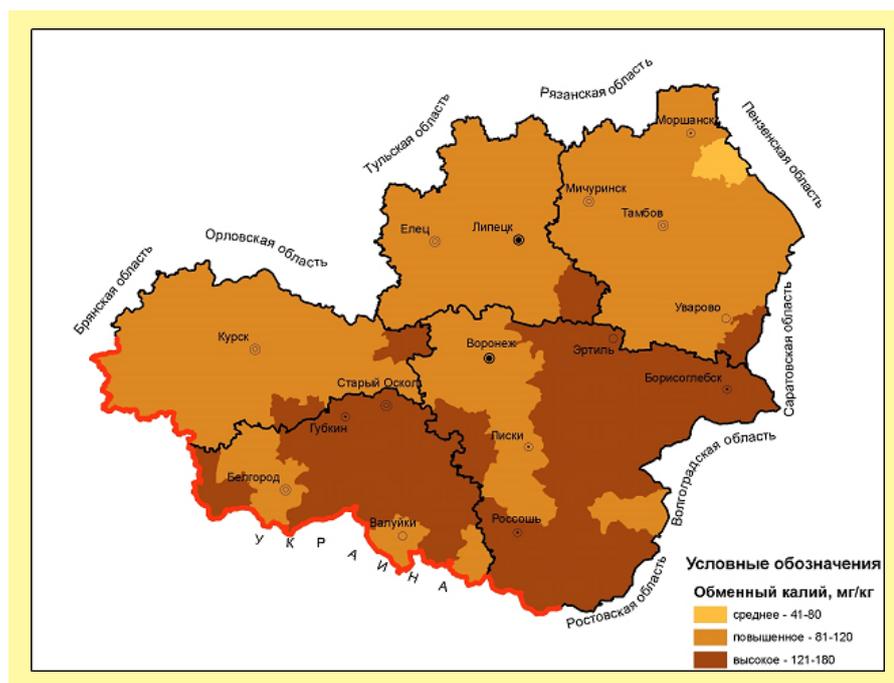
наиболее низкое средневзвешенное содержание подвижных форм калия (73,1 мг/кг) зафиксировано в почвах Пичаевского района Тамбовской области, расположенного на северо-востоке ЦЧО (рис. 1). В этом же районе наиболее высокая доля среднеобеспеченных (41-80 мг/кг) калием почв – 62,3%. В ЦЧР наиболее низкое средневзвешенное содержание подвижных форм калия отмечено в Курской (96 мг/кг), Липецкой (101 мг/кг) и Тамбовской (102 мг/кг) областях. В этих регионах наиболее высокая доля почв среднеобеспеченных калием: в Курской области – 40,2%, в Липецкой – 33,0%, в Тамбовской – 23,8%. Но преобладают в них почвы с повышенным содержанием (81-120 мг/кг) подвижных форм данного элемента.

Наиболее высоким средневзвешенным содержанием подвижного калия характеризуются пахотные почвы Белгородской (127 мг/кг) и Воронежской (123 мг/кг) областей. В Белгородской области высокое содержание подвижных форм калия (121-180 мг/кг) характерно для 36,1%, а очень высокое содержание (более 180 мг/кг) – для 11,0% обследованных почв. В Воронежской области эти показатели составляют 43,9 и 6,8% соответственно. Такие почвы в основном преобладают в степной зоне, расположенной на востоке и юго-востоке этих областей.

Таким образом, материалы агрохимического обследования свидетельствуют о достаточно стабильном содержании подвижных форм калия в пахотных почвах ЦЧО на современном этапе их использования. Тем не менее, для стабилизации калийного режима чернозёмов и обеспечения сбалансированного минерального питания сельскохозяйственных растений необходимо увеличить поступление этого элемента в агроландшафты до уровня, обеспечивающего интенсивность баланса не менее 80%.

*П.А. Чекмарев, член-корреспондент РАСХН, директор департамента растениеводства, Министерство сельского хозяйства РФ*

*С.В. Лукин, доктор сельскохозяйственных наук, ФГУ центр агрохими-*



**Рис. 1.** Картограмма содержания подвижных форм калия в пахотных почвах ЦЧР (2003-2010 гг.)

ческой службы «Белгородский», e-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Ю.И. Сискевич, кандидат географических наук, ФГУ центр агрохимической службы «Липецкий»

Н.П. Юмашев, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГУ центр агрохимической службы «Тамбовский»

В.И. Корчагин, ФГУ центр агрохимической службы «Воронежский»

А.Н. Хижняков, ФГУ станция агрохимической службы «Курская»

## Список литературы

- Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
- Лукин С.В., Соловichenко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №8 – С. 15-17.
- Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
- Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность чернозёмов. – М.: Колос, 1992. – 223 с.
- Медведев, В.В. Мониторинг почв Украины. – Харьков: ПФ «Антиква», 2002. – 428 с.
- Соловichenко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292 с.
- Прянишников Д.Н. Агрохимия. – М.: 1952. – 735 с.
- Сискевич Ю.И., Никонова Г.Н. Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области // Агрохимический вестник. – 2006. – №6. – С. 2-4.
- Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 331 с.
- Плодородие чернозёмов России / под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1998. – 688 с.
- Прокошев В.В., Носов В.В. Уровень калийного питания – одно из условий устойчивого земледелия в Центральном Черноземье/ Теория и практика использования агрохимических средств в со-временном земледелии Центрально-Черноземных областей Рос-сии. – Белгород: Крестьянское дело, 2002. – С. 120-125.
- Козлова О.Н., Соколова Т.А., Носов В.В., Балдина В.В. О содержании калия в различных вытяжках из черноземов и дерново-подзолистых почв разного гранулометрического и минералогического состава // Агрохимия. – 2003. – №10. – С. 13-21.
- Лукин С.В., Васенев И.И., Цыгуткин А.С. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в чернозёмах западной части ЦЧО // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №8. – С. 42-45.

# Питание зерновых колосовых культур калием на каштановых почвах

В.Н. Багринцева

Ставрополье является одним из крупнейших зернопроизводящих регионов России. Особо остро проблема стабилизации урожайности зерновых культур в крае стоит в засушливых районах, где выращивается около 50% производимого в регионе зерна. Почвенно-климатические ресурсы засушливой части Ставрополья при отсутствии крайне неблагоприятных погодных явлений позволяют получать достаточно высокие урожаи зерновых культур. В неблагоприятные годы недостаточное количество осадков, неравномерное их распределение по периодам вегетации зерновых, почвенная засуха и суховеи вызывают снижение урожайности в 2 и более раз. Удобрения являются наиболее действенным способом повышения урожая зерна и улучшения его качества. Важно отметить, что при оптимальном минеральном питании растений обеспечивается эффективное водопотребление.

В России в целом каштановые почвы занимают 11% пашни – четвертое место после черноземов, серых лесных и дерново-подзолистых почв (Сельское хозяйство России, 2010). В Ставропольском крае зона каштановых почв расположена в северо-восточной и восточной части региона. Каштановые

почвы вместе с комплексующимися с ними солонцами и солончаками составляют 46% территории края (Антыков и Стоморев, 1970).

Восточная часть Ставрополья характеризуется небольшим количеством осадков и неравномерным их распределением в течение года. Так, по данным Буденновской метеостанции, среднемноголетнее годовое количество осадков в районе ее расположения составляет 354 мм. Несмотря на общую тенденцию к увеличению годового количества осадков, наблюдается цикличность повторения лет с крайне недостаточными условиями увлажнения.

В табл. 1 приведены результаты определения содержания разных форм калия в каштановых почвах в сравнении с черноземом (Багринцева, 1993). В каштановой и светло-каштановой почвах водорастворимого и подвижного калия содержится больше, чем в черноземе. В них также выше степень подвижности калия или содержание так называемого «легкообменного» калия (извлекаемого из почвы раствором хлорида кальция). Например, в светло-каштановой почве по сравнению с черноземом содержание водорастворимого калия больше в 4 раза, легкообменного – в 12 раз, а подвижного – в 2.8 раза. Как известно, обеспеченность подвижным калием возрастает от

Почва	Водорастворимый (по Александру)	Легкообменный (по Карпинскому)	Подвижный (по Мачигину)	Необменный	
				по Пчелкину	по Гедройцу
Чернозем карбонатный <sup>1</sup>	20	8	214	1260	4750
Каштановая <sup>2</sup>	16	20	277	992	3800
Каштановая <sup>3</sup>	40	60	345	700	3395
Светло-каштановая <sup>3</sup>	80	96	600	863	3254

Примечание: 1 – Шпаковский район; 2 – Буденновский район; 3 – Левокумский район.

темно-каштановых к светло-каштановым почвам. В то же время, менее доступных растениям – резервных форм калия в каштановых почвах меньше, чем в черноземе. Так, содержание необменных форм калия в светло-каштановой почве в 1.5 раза меньше, чем в черноземе.

Сравнение разных типов (подтипов) почв по последовательному вытеснению калия раствором карбоната аммония (1:20) показывает, что общее количество вытесненного калия в каштановой почве было в 1.6-1.9 раза больше, чем в черноземной (табл. 2). Однако из каштановой и светло-каштановой почв уже в первую вытяжку переходит 68-76% от всего вытесненного калия, а в черноземе в первом фильтрате обнаруживается значительно меньше калия от его общей суммы. Даже в десятую вытяжку из чернозема переходило 34 мг К<sub>2</sub>O/кг почвы, а из каштановых и светло-каштановой почв весь подвижный калий был вытеснен на 6-ой – 8-ой процедуре. Таким образом, каштановые почвы не могут обеспечить быстрое восполнение подвижных форм калия за счет его труднодоступных форм по сравнению с черноземом. Поэтому при близком отрицательном балансе калия его запасы в доступных формах в каштановых почвах могут уменьшаться быстрее, чем в черноземах (Черкасова, 1991).

Длительное время считалось, что на каштановых почвах озимая пшеница не испытывает потребности в дополнительном внесении калия с удобрениями ввиду того, что каштановые почвы имеют более высокое содержание подвижного калия по сравнению с черноземами (Челядинов и Стоморев, 1964). Поэтому изучению влияния калийных удобрений на рост, развитие, устойчивость озимой пшеницы к болезням, засухе, неблагоприятным условиям перезимовки, на величину и качество урожая в целом уделялось недостаточно внимания. В результате к тому моменту, когда наметилась тенденция к ухудшению калийного режима каштановых почв, экспериментальных

данных по эффективности калийных удобрений не оказалось. Тем не менее, снижение содержания подвижного калия в каштановых почвах, уменьшение площади пашни с повышенной и высокой обеспеченностью этой формой калия и увеличение площади пашни со средней и низкой обеспеченностью заставили рекомендовать внесение калийных удобрений под озимую пшеницу для компенсации выноса этого элемента урожаем (Карандашов и Подколзин, 1987). Однако не подкрепленные экспериментальными данными о том, дают ли калийные удобрения какой-либо эффект, кроме поддержания запасов калия в почве на определенном уровне, эти предложения не нашли в то время поддержки у агрономов хозяйств.

На рис. 1 показано применение калийных удобрений и динамика содержания подвижного калия (по методу Мачигина) в каштановых почвах по данным нескольких туров агрохимического обследования (Подколзин, 2008). Внесение калия в рассматриваемой почвенно-климатической зоне имело место с 80-х и только до середины 90-х годов прошлого века. По усредненным данным, при внесении калийных удобрений под пшеницу после чистого пара каждые 3 кг К<sub>2</sub>O/га повышают содержание подвижного калия в каштановых почвах на 1 мг К<sub>2</sub>O/кг почвы. В последние годы калийные удобрения практически не применяются на каштановых почвах, и земледелие здесь ведется при отрицательном балансе калия, что уже негативно отразилось на содержании подвижного калия в почве. На основе результатов, полученных с помощью стандартного метода агрохимического обследования почв, можно сделать вывод о том, что плодородие почв по калию практически вернулось к исходному уровню 60-х годов, т.е. когда начинали активно применять калийные удобрения.

Опыты, проведенные лабораторией агрохимии Прикумского филиала (Прикумская опытно-селекционная станция) Ставропольского НИИСХ на каштановой почве с содержанием подвижного калия по

Почва	Содержание К в фильтратах, мг К <sub>2</sub> O/кг почвы										1-й фильтрат в % от суммы	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Сумма
Чернозем карбонатный	235	126	65	75	63	49	34	32	34	34	747	31
Каштановая	266	32	28	21	17	10	8	8	0	0	390	68
Каштановая	345	44	32	16	8	8	0	0	0	0	453	76
Светло-каштановая	606	98	49	28	12	8	0	0	0	0	801	76



**Рис. 1.** Применение калийных удобрений и средневзвешенное содержание подвижных форм калия для зоны светло-каштановых, каштановых и темно-каштановых почв Ставрополя

Мачигину 250-300 мг К<sub>2</sub>О/кг почвы (а это повышенный уровень), показали, что при правильном применении калийные удобрения дают существенные прибавки урожая и высокое качество зерна (Багринцева, 1996). Это, пожалуй, единственные фундаментальные исследования по питанию зерновых колосовых культур калием в данной почвенно-климатической зоне Ставрополя, результаты которых очень актуальны, особенно с учетом того, что плодородие почв по калию в последнее время стало снижаться. Основные опыты проводились для следующего севооборота: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – озимый ячмень. При этом фосфорные удобрения вносились только под первую озимую пшеницу после пара, т.е. 2 раза за севооборот. Следует отметить, что повторные посевы озимой пшеницы все-таки достаточно часто практикуются в хозяйствах в настоящее время.

Согласно полученным в опытах данным, у озимой пшеницы и озимого ячменя при удобрении калием наблюдалось увеличение вегетативной массы и массы сухого вещества (табл. 3). Влияние калийного удобрения четко проявлялось во все фазы развития озимой пшеницы. Относительные прибавки урожая сухого вещества за счет калийных удобрений у второй пшеницы после пара были выше, чем у первой, и это, вероятно, связано с тем, что вторая пшеница после пара хуже обеспечена калием. Так, максимум накопления сухого вещества у второй пшеницы обеспечивало внесение калия в дозе 60 кг К<sub>2</sub>О/га, за счет которой прирост в фазе кущения составил 37%, в фазе колошения – 15%, и в фазе созревания – 10%.

Положительное влияние калия на формирова-

**Таблица 3.** Накопление абсолютно сухого вещества зерновыми культурами в севообороте, т/га (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Фаза развития		
	Кущение	Колошение	Созревание
<i>1-я озимая пшеница (после чистого пара)</i>			
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub>	3.32	9.02	13.65
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	3.70	9.45	14.13
<i>2-я озимая пшеница</i>			
N <sub>60</sub>	1.77	6.50	7.87
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2.43	7.45	8.67
<i>Озимый ячмень</i>			
N <sub>60</sub>	1.77	4.13	5.01
N <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	1.92	4.97	6.35

ние биомассы в посевах озимого ячменя также четко проявлялось в течение всей вегетации данной культуры (табл. 3), причем в разные по погодным условиям годы. В результате внесения только 30 кг К<sub>2</sub>О/га прирост сухого вещества в посевах ячменя в фазу созревания составил 27%.

В данном опыте применение калийных удобрений положительно повлияло на структуру урожая озимой пшеницы – у первой культуры после пара повышалась общая и продуктивная кустистость, а, следовательно, количество стеблей и колосьев на 1 м<sup>2</sup> (табл. 4). Под влиянием внесенного калия несколько увеличивалась также масса соломы, колосьев и зерна с 1 м<sup>2</sup>. В результате применения калийных удобрений особенно улучшались показатели продуктивности у озимой пшеницы, выращиваемой второй после чистого пара. При внесении калия число растений повысилось на 15%, стеблей – на 21%, и колосьев – на 15%. На варианте с полным минеральным питанием, где на фоне последствия фосфорных удобрений вносили азотные и калийные удобрения по 60 кг д.в./га, масса соломы выросла на 26%, колосьев – на 14% и зерна – тоже на 14%.

Как следует из табл. 5, урожай зерна первой озимой пшеницы после чистого пара повысился на 0.26 т/га (или на 6%) за счет применения калийных удобрений в дозе 60 кг К<sub>2</sub>О/га. На озимой пшенице, выращиваемой повторно, калий в той же дозе дал прибавку урожая зерна, равную 0.35 т/га (или 12%). Калийные удобрения давали более высокие относительные прибавки урожая у озимого ячменя – на 14%. С учетом такой хорошей отдачи от внесения небольшой дозы калия под ячмень агрономическая эффективность калийных удобрений

**Таблица 4.** Структура урожая озимой пшеницы при внесении калийных удобрений (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Число, шт./м <sup>2</sup>			Кустистость		Масса, г/м <sup>2</sup>		
	Растений	Стеблей	Колосьев	Общая	Продуктивная	Соломы	Колосьев	Зерна
<i>1-я озимая пшеница (после чистого пара)</i>								
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub>	263	607	541	2.3	2.1	1013	557	400
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	259	627	580	2.4	2.2	1043	579	411
<i>2-я озимая пшеница</i>								
N <sub>60</sub>	199	408	389	2.1	2.9	484	427	321
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	228	493	448	2.2	2.0	612	488	367

(окупаемость 1 кг К<sub>2</sub>О прибавкой урожая зерна) в данном случае была максимальной и составила 11.7 кг/кг. Согласно оценкам, в условиях 2011 г.

Таблица 5. Влияние калийных удобрений на урожай зерна зерновых культур в севообороте (в среднем за 3 года)				
Вариант опыта	Урожай зерна, т/га	Прибавка		Окупаемость 1 кг К <sub>2</sub> O прибавкой урожая, кг/кг
		ц/га	%	
1-я озимая пшеница (после чистого пара)				
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub>	4.23	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub>	4.49	0.26	6	4.3
2-я озимая пшеница				
N <sub>60</sub>	2.93	-	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3.28	0.35	12	5.8
Озимый ячмень				
N <sub>60</sub>	2.58	-	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	2.93	0.35	14	11.7

порог условной окупаемости хлористого калия насыпью на озимой пшенице и ячмене (без учета затрат на доставку удобрений в хозяйство, их внесение в почву, а также уборку и доработку прибавки урожая) составил около 1.5 кг зерна на 1 кг К<sub>2</sub>O. Проведенные наблюдения за последствием калийных удобрений показали, что они оказывают положительное влияние на урожайность зерновых культур не только в год внесения (рис. 2). Калийные удобрения, внесенные под первую озимую пшеницу после пара, несколько повышали урожай пшеницы, выращиваемой повторно. Проявлялось последствие калия на озимой пшенице и через четыре года после его внесения. За счет последствия калийных удобрений повышался и урожай озимого ячменя – через пять лет после внесения максимальной дозы калия (120 кг К<sub>2</sub>O/га). Следовательно, при планировании системы удобрения в севооборотах стоит учитывать использование остаточного калия удобрений зерновыми культурами. В тоже время, чтобы не было миграции и накопления калия удобрений в профиле каштановых почв, доза вносимых калийных удобрений не должна превышать 60 кг К<sub>2</sub>O/га, поскольку калий удобрений слабо фиксируется в верхних горизонтах каштановой почвы.

Калию принадлежит важная роль в формировании высококачественного зерна у озимой пшеницы на каштановых почвах (табл. 6). На первой пшенице после пара положительное влияние калия на полновесность зерна сильнее всего проявилось в год, когда наблюдалась почвенная и атмосферная засуха во время колошения и налива зерна. Внесение под пшеницу хлористого калия в дозе 60 кг К<sub>2</sub>O/га повысило массу зерна в указанном году с 709 до 727 г/л, массу 1000 зерен – с 28.6 до 31.1 г,

Таблица 6. Влияние калийных удобрений на качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 3 года)			
Вариант опыта	Натура, г/л	Стекловидность, %	Клейковина, %
1-я озимая пшеница (после чистого пара)			
N <sub>60</sub> P <sub>120</sub>	764	38	22.8
+ K <sub>60</sub>	767	43	24.9
2-я озимая пшеница			
N <sub>60</sub>	761	33	17.9
+ K <sub>60</sub>	763	40	21.1

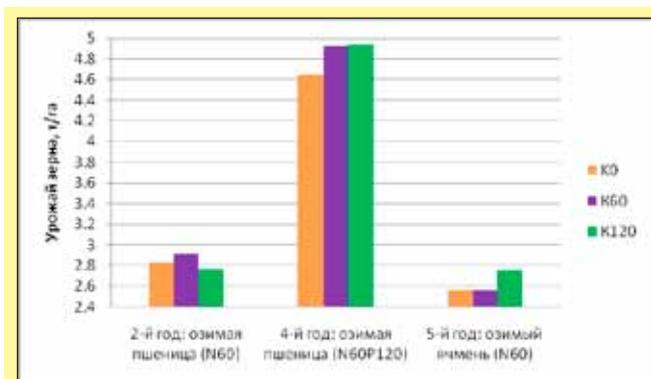


Рис. 2. Годы последствия калийных удобрений, внесенных в дозах 0, 60 и 120 кг К<sub>2</sub>O/га под 1-ю озимую пшеницу после чистого пара (на фоне N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>), на урожайность последующих культур севооборота

содержание клейковины – с 20.5 до 21.5% (а показание ИДК – с 36 до 46 ед.). Такие изменения качества озимой пшеницы под влиянием калийного удобрения доказывают положительную роль калия в улучшении использования растениями азота, накопленного в чистом пару.

При применении калия в составе полного минерального удобрения особенно существенно улучшается качество зерна второй озимой пшеницы после чистого пара (табл. 6). В повторном посеве озимая пшеница при внесении в почву только азота и фосфора (последствие фосфора) дает зерно с очень низкими показателями качества. Калийное же удобрение повышает стекловидность зерна и содержание в нем клейковины. Особенно значительно (на 6% – с 19.1% до 25.1%) содержание клейковины в зерне повысилось в год, который характеризовался достаточным увлажнением во время колошения и налива зерна. По содержанию клейковины зерно второй озимой пшеницы после чистого пара соответствовало ценному только при сбалансированном применении минеральных удобрений.

Таким образом, применение калийных удобрений позволяет получать существенные прибавки урожая зерна и улучшать его качество на каштановых почвах. При этом для второй озимой пшеницы после пара калий более важен по сравнению с предшествующей первой пшеницей. Следует отметить, что даже при повышенном классе обеспеченности каштановых почв подвижным калием, определенным с помощью стандартного метода почвенного анализа, не гарантируется, что растения будут адекватно обеспечены калием и сформируют максимально возможный урожай. Возможно, что градации по обеспеченности каштановых почв подвижным калием нуждаются в пересмотре в сторону увеличения.

Багринцева В.Н. – заведующая отделом технологии возделывания кукурузы ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск), доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: 75.61.795@rambler.ru.

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

## Литература

- Антыков А.Я. и Стоморев А.Я. 1970. Почвы Ставропольского края и их плодородие. Став-рополь: Кн. изд-во. 413 с.
- Сельское хозяйство России. 2010. Министерство сельского хозяйства РФ. Москва. 54 с.
- Багринцева В.Н. 1993. Применение калийных удобрений под озимую пшеницу (рекомендации для Левокумского района Ставропольского края). Буденновск. 29 с.
- Черкасова Л.П. 1991. Состояние калийного режима почвы и его изменение при систематическом использовании удобрений в севооборотах: Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. Москва. 24 с.
- Челядинов Г.И. и Стоморев А.Я. 1964. Ставропольский край. В кн.: Агрохимическая характеристика почв СССР (под ред. Соколова А.В.). М.: Наука. С. 144-174.
- Карандашов Л.Г. и Подколзин А.И. 1987. Химизация сельского хозяйства на Ставрополье. Ставрополь. 69 с.
- Подколзин А.И. 2008. Эволюция, воспроизводство плодородия почв и оптимизация применения удобрений в агроландшафтах Центрального Предкавказья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Москва. 45 с.
- Багринцева В.Н. 1996. Оптимизация возделывания зерновых культур в севооборотах Восточного Предкавказья: Дис. ... д-ра с.-х. наук. Ставрополь.

# Эффективность калийного удобрения в агроэкосистемах на серых лесных почвах ополья Центральной России

В.И. Никитишен, В.И. Личко

Исследования, проведенные нами (Никитишен, 1984, 2002, 2003), а также результаты, полученные другими авторами (Гордецкая, 1976; Никитина, 1994; Яговенко, 1995; Окорков, 2001), свидетельствуют о том, что серые лесные почвы ополей гораздо лучше обеспечены калием по сравнению с азотом и фосфором. Прежде всего, это связано с более высоким валовым содержанием в них К, которое в почвах Мещовского ополья составляет 2.26%  $K_2O$  (Никитишен, 1984), в почвах Владимирского ополья и юга Подмоськовья соответственно 2.18–2.44% и 2.28–2.64% (Алифанов, 1995).

Как известно (Прокошев, Дерюгин, 2000), валовое содержание калия в почвах зависит от минералогического состава почвы, и прежде всего от того, в какой доле в ней представлены калийсодержащие минералы группы полевых шпатов и слюд (10–12%  $K_2O$ ) и продукты их выветривания. Наиболее обогащена калием илистая фракция почв, доля которой в верхних горизонтах составляет 14–17%, возрастая с глубиной до 24–32% (Алифанов, 1995; Окорков, 2001).

Высокое содержание в илистой фракции серых лесных почв гидрослюд мусковит-серицитового типа, смешано-слоистых образований слюда-сметитового и хлорит-сметитового типов, калиевых полевых шпатов обуславливают повышенные запасы в них валовых и подвижных форм калия. Как показали наши исследования в стационарных полевых опытах на Калужской опытной станции (Никитишен, 1984), обеспеченность серых лесных почв калием характеризовалась следующим содержанием усвояемых и потенциально доступной форм этого элемента питания в пахотном слое (мг  $K_2O/100$  г почвы): водорастворимый – 0.8–1.0, обменный – 8.0–10.0, необменный – 140–150. По мере увеличения доли илистой фракции с глубиной с 12–16% до 26–30% содержание водорастворимого калия понижалось до 0.2–0.3 мг  $K_2O/100$  г почвы, а количество обменно- и необменно поглощенного калия увеличивалось

вдвое – до 16.0–18.0 и 280–300 мг  $K_2O/100$  г почвы. Таким образом, исходя из современных представлений в области калийного питания, согласно которым взаимодействие этих форм почвенного К определяет доступность его растениям (Никитишен, 1984; Минеев, 1999; Прокошев, Дерюгин, 2000), становится очевидным, насколько велики запасы этого биогенного элемента в серых лесных почвах ополей. Последнее, однако, не означает, что они не нуждаются в калийных удобрениях, о чем свидетельствуют результаты изучения их эффективности в полевых севооборотах, изложенные ниже.

Исследования проводили в многолетних стационарных полевых опытах на Экспериментальной полевой станции института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Почвы опытных участков – серые лесные, среднесуглинистые, характеризующиеся малым содержанием гумуса (2.1–2.2%), слабокислой реакцией среды ( $pH_{KCl}$  5.3–5.4) и невысоким количеством обменного калия по Масловой (8–12 мг  $K_2O/100$  г). Исходная обеспеченность подвижными фосфатами по Кирсанову в опытах составляла: 3–4 мг/100 г (поле 1) и 7–8 мг/100 г (поле 2). Чередование культур в 9-польном севообороте было следующим (1978–1996 гг.): вико-овсяная смесь, озимая пшеница, кукуруза, ячмень с подсевом клевера, клевер 1-го года пользования, клевер 2-го года пользования, озимая пшеница, кукуруза, ячмень. Дозы применения азотного удобрения, вносимого под все культуры севооборота, за исключением клевера и завершающей культуры 2-й ротации – ячменя, составляли 60, 120 и 180 кг N/га, дозы фосфорного удобрения – 40, 80 кг  $P_2O_5/га$  и калийного – 60 и 120 кг  $K_2O/га$ . За две ротации 9-польного севооборота в почву поступило в расчете на гектар 720, 1440 и 2160 кг N, 520 и 1040 кг  $P_2O_5$ , 780 и 1560 кг  $K_2O$ .

Метеорологические условия в период проведения полевых опытов были типичными для территории ополей. Годовое количество атмосферных осадков, 2/3 которых выпадало в теплое время года, колебалось от

456 до 752 мм. Сильные засухи весной и в начале лета наблюдались в 1979, 1981, 1984, 1992, и 1995 гг. Относительно благоприятный режим увлажнения для посевов складывался в условиях 1985, 1986, 1989, 1990, 1993, 1994 и 1996 гг.

Располагая данными многолетних стационарных полевых опытов, представляется возможным количественно оценить вклад серой лесной почвы и калийного удобрения в обеспечение потребления К различными сельскохозяйственными культурами, а также изучить влияние на этот процесс элементов первого минимума – N и P. Как известно, многие культуры полевого севооборота активно потребляют К в первой половине вегетации, накапливая в надземной биомассе максимальное его количество к фазе цветения, а в последующий период некоторые из них (зерновые злаки) могут терять до половины содержащегося в растениях К. Поэтому, учитывая размеры выноса К конечным урожаем зерновых культур во время полной спелости, нельзя составить истинного представления о действительной потребности посевов в К. В связи с этим мы сочли целесообразным оценить данные о потреблении К культурами, убираемыми на кормовые цели в зеленом состоянии (однолетними и многолетними травами, кукурузой) и выращиваемыми до полной спелости (зерновыми злаками), отдельно.

Исследования показали, что посевы вико-овсяной смеси в первой ротации севооборота (1978–1979 гг.) испытывали острый дефицит влаги, что сильно ограничивало потребление ими N и P и отрицательно повлияло на подвижность К в почве и потребление его растениями. За счет мобилизации ресурсов почвенного плодородия формировался невысокий урожай сухой надземной биомассы вико-овсяной смеси – 23 ц/га. В условиях дефицита влаги потребление растениями К из почвенных запасов слабо зависело от обеспеченности азотом и фосфором и составляло 49– 66 кг К<sub>2</sub>O/га. Потребление К из удобрения, напротив, заметно усиливалось при внесении К в сочетании с P, достигая максимальных значений на фоне двойной дозы фосфорного удобрения. Однако внесение азотного удобрения и в этом случае не подействовало на потребление К вико-овсяной смесью. В итоге однолетними травами потреблялось из почвы не более 62–66 кг К<sub>2</sub>O/га, из удобрения – максимум 21–24 кг К<sub>2</sub>O/га, обеспечивая рост урожайности сухой надземной биомассы на 4-5 ц/га (табл. 1).

При выращивании вико-овсяной смеси во второй ротации севооборота в благоприятных условиях водного режима положительное действие удобрений на продуктивность посевов проявилось гораздо сильнее, вызывая удвоение урожая сухой надземной биомассы с 32 до 61–63 ц/га. При этом проявилось сильное положительное влияние азотного и фосфорного удобрений на потребление растениями К как из почвенных запасов, так и, особенно, из удобрения. Так, в вариантах N<sub>180</sub>P<sub>40</sub> и N<sub>180</sub>P<sub>80</sub> посевы потребляли 114 кг К<sub>2</sub>O/га, а в вариантах N<sub>180</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>180</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> оно составило 192–218 кг К<sub>2</sub>O/га. Таким образом, для потребления вико-овсяной смесью К, внесенного с удобрением, обеспеченность азотом и фосфором оказалась не менее значимым фактором, чем само калийное удобрение.

При достижении оптимального и сбалансированного уровня азотного и фосфорного питания растениями усваивалось из удобрения почти такое же количество К, как из почвы (соответственно 104 и 114 кг К<sub>2</sub>O/га).

Кукуруза относится к числу культур, потребление N и P у которой существенно ограничивается при недостатке тепла. Такие условия теплообеспеченности складывались при выращивании кукурузы в 1980, 1990 и 1994 гг. Это отрицательно повлияло и на урожайность, и на уровень калийного питания посевов (табл. 2, 3). Во второй ротации растениями из почвенных запасов усваивалось максимум 51–52 кг К<sub>2</sub>O/га, а в первой – не более 70–75 кг К<sub>2</sub>O/га, из удобрения 49–50 и 22–24 кг К<sub>2</sub>O/га соответственно. При выращивании кукурузы в условиях недостатка тепла в первой ротации севооборота наблюдалось слабое воздействие высокой обеспеченности азотом на усвоение растениями К как из почвы, так и из удобрения. Усиление уровня фосфорного питания в этом отношении оказалось более эффективным, проявляясь в увеличении потребления посевами К из обоих источников питания. В данных условиях калийные удобрения слабо повышали продуктивность кукурузы.

При выращивании кукурузы в сравнительно благо-

**Таблица 1.** Влияние минеральных удобрений на урожай сухой надземной биомассы вико-овсяной смеси

Доза N, кг/га	Доза K, кг К <sub>2</sub> O/га	Доза P, кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /га					
		0		40		80	
		У*	П**	У	П	У	П
<i>1-я ротация севооборота (среднее за 1978-1979 гг.)</i>							
0	0	23	–	28	–	26	–
	60	23	0	26	–2	30	4
	120	22	–1	28	0	30	4
60	0	26	–	30	–	28	–
	60	25	–1	27	–3	31	3
	120	21	–5	28	–2	30	2
120	0	29	–	28	–	27	–
	60	25	–4	27	–1	31	4
	120	22	–7	28	0	30	3
180	0	27	–	27	–	26	–
	60	25	–2	28	1	31	5
	120	22	–5	26	–1	27	1
<i>2-я ротация севооборота (среднее за 1987-1988 гг.)</i>							
0	0	32	–	34	–	36	–
	60	32	0	34	0	35	–1
	120	26	–6	29	–5	36	0
60	0	37	–	48	–	42	–
	60	36	–1	49	1	51	9
	120	37	0	49	1	50	8
120	0	42	–	53	–	49	–
	60	40	–2	54	1	58	9
	120	42	0	61	8	58	9
180	0	46	–	54	–	53	–
	60	46	0	57	3	59	6
	120	45	–1	61	7	63	10
		* У - урожайность, ц/га					
		**П - прибавка от K удобрений, ц/га					

**Таблица 2.** Влияние минеральных удобрений на урожай сухой надземной биомассы кукурузы

Доза N, кг/га	Доза K, кг K <sub>2</sub> O/га	Доза P, кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /га					
		0		40		80	
		У*	П**	У	П	У	П
<i>1-я ротация севооборота (среднее за 1980-1981 гг.)</i>							
0	0	27	-	39	-	39	-
	60	32	5	32	-7	34	-5
	120	32	5	34	-5	38	-1
60	0	31	-	38	-	42	-
	60	30	-1	37	-1	44	2
	120	32	1	35	-3	40	-2
120	0	28	-	38	-	37	-
	60	28	0	36	-2	38	1
	120	30	2	35	-3	43	6
180	0	31	-	33	-	34	-
	60	26	-5	35	2	37	3
	120	28	-3	33	0	40	6
<i>2-я ротация севооборота (среднее за 1989-1990 гг.)</i>							
0	0	45	-	43	-	49	-
	60	40	-5	43	0	46	-3
	120	41	-4	45	2	44	-5
60	0	42	-	63	-	60	-
	60	41	-1	66	3	58	-2
	120	42	0	55	-8	56	-4
120	0	42	-	62	-	67	-
	60	45	3	64	2	64	-3
	120	44	2	55	-7	60	-7
180	0	39	-	63	-	74	-
	60	44	5	65	2	64	-10
	120	44	5	61	-2	71	-5

\* У - урожайность, ц/га

\*\*П - прибавка от К удобрений, ц/га

приятных условиях обеспеченности теплом и влагой, посевами усваивалось гораздо больше К как из почвы, так и из удобрения. За счет мобилизации почвенных запасов потребление К растениями достигало соответственно 95–102 и 86–93 кг K<sub>2</sub>O/га, под влиянием удобрения оно возрастало на 59–73 и 55–62 кг K<sub>2</sub>O/га. Повышение обеспеченности кукурузы азотом оказывало более ощутимое положительное влияние на потребление К из удобрения в случае внесения N в сочетании с P. Несмотря на заметное усиление калийного питания растений под влиянием калийных удобрений, воздействие его на урожайность было неустойчивым (табл. 3).

Как показали исследования, потребление К посевами клевера из почвы и удобрения в неодинаковой степени зависело от условий увлажнения. При достаточной обеспеченности влагой в первой ротации севооборота за счет мобилизации почвенных запасов К посевами усваивалось более чем вдвое больше К, чем во второй ротации в условиях дефицита влаги. В первом случае вынос К в сумме за два укоса клевера достигал 144–147 кг K<sub>2</sub>O/га, во втором случае – 60–62 кг K<sub>2</sub>O/га. Азотное и фосфорное удобрения не влияли на потребление растениями почвенного К. Потребление К по-

**Таблица 3.** Влияние минеральных удобрений на урожай сухой надземной биомассы кукурузы

Доза N, кг/га	Доза K, кг K <sub>2</sub> O/га	Доза P, кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /га					
		0		40		80	
		У*	П**	У	П	У	П
<i>1-я ротация севооборота (среднее за 1985-1986 гг.)</i>							
0	0	46	-	58	-	57	-
	60	56	10	58	0	59	2
	120	55	9	56	-2	61	4
60	0	56	-	71	-	71	-
	60	55	-1	68	-3	74	3
	120	59	3	64	-7	76	5
120	0	61	-	77	-	76	-
	60	55	-6	71	-6	80	4
	120	58	-3	77	0	82	6
180	0	58	-	74	-	77	-
	60	61	3	72	-2	84	7
	120	62	4	83	9	88	11
<i>2-я ротация севооборота (среднее за 1994-1995 гг.)</i>							
0	0	25	-	33	-	32	-
	60	23	-2	25	-8	23	-9
	120	20	-5	25	-8	25	-7
60	0	25	-	37	-	37	-
	60	23	-2	35	-2	33	-4
	120	22	-3	33	-4	38	-1
120	0	29	-	36	-	40	-
	60	27	-2	37	1	40	0
	120	25	-4	34	-2	42	2
180	0	26	-	34	-	46	-
	60	29	3	41	7	43	-3
	120	24	-2	37	3	41	-5

\* У - урожайность, ц/га

\*\*П - прибавка от К удобрений, ц/га

севами клевера из удобрения в гораздо меньшей мере зависело от условий водного режима. При достаточной влагообеспеченности посеvy потребляли из удобрения максимум 55–61 кг K<sub>2</sub>O/га, при дефиците влаги – 39–45 кг K<sub>2</sub>O/га. Потребление растениями К, внесенного с удобрением, усиливалось под действием P, причем более ощутимо в случае выращивания клевера в условиях благоприятного увлажнения. Так, если на вариантах с внесением азотно-калийного удобрения в первой ротации севооборота оно составило 141–182 кг K<sub>2</sub>O/га, то на вариантах с внесением полного минерального удобрения – 161–202 кг/га, во второй ротации севооборота соответственно – 70–84 и 74–106 кг/га. Таким образом, дефицит влаги отрицательно влиял на доступность растениям К из удобрения, но в гораздо меньшей степени, чем на доступность почвенного К.

В эффективности последствия удобрений в посевах клевера прослеживалась следующая закономерность (табл. 4). Азот, внесенный под предшествующие культуры севооборота, в большинстве случаев вызывал снижение урожая сухой надземной биомассы клевера, что сильнее проявилось в условиях дефицита влаги во второй ротации севооборота. Последствие фосфорного и калийного удобрений обеспечивало не-

высокий и примерно равный положительный эффект, выразившийся в росте урожая клевера в первой ротации севооборота соответственно на 9–10 и 8–10 ц/га, во второй ротации – на 6–7 и 5–6 ц/га. В обоих случаях наблюдалось положительное взаимодействие Р и К в интенсификации продукционного процесса в посевах многолетних бобовых трав. Урожай сухой надземной биомассы при совместном внесении Р и К повышался сильнее, чем от каждого из них в отдельности.

На основе полученных данных можно заключить, что потребление посевами вико-овсяной смеси К из почвы и удобрения в значительной степени определяется обеспеченностью ее влагой, а потребление К посевами кукурузы сильнее зависит от теплового режима. При выращивании этих культур в благоприятных гидротермических условиях проявляется высокое положительное действие азотного и фосфорного удобрений на потребление посевами калия из обоих источников питания. В повышении потребления К вико-овсяной смесью, испытывающей недостаток влаги, и кукурузой, произрастающей при дефиците тепла, первостепенное значение имеет усиление обеспеченности их фосфором. Потребление К посевами клевера из почвы

в гораздо большей мере зависит от условий водного режима, чем потребление К из удобрения. Потребление этой культурой К из удобрения возрастает под влиянием фосфорного удобрения, положительное действие которого усиливается при выращивании ее в условиях достаточной влагообеспеченности.

Проанализируем данные, характеризующие особенности калийного питания зерновых культур, не получившие пока должной оценки с позиций агрохимии. Как известно, при выращивании злаковых в регионах с достаточным увлажнением приходится сталкиваться с таким явлением, как вымывание К из надземных органов растений атмосферными осадками в репродуктивный период вегетации. Вымывание может достигать 50% от максимального его накопления в надземной биомассе (Никитишен, Личко, 2002). Это связано с тем, что большая часть К находится в лабильной связи с клеточным веществом и легко вымывается из растительных тканей под действием холодной воды, особенно в ночное время, когда прекращается процесс фотосинтеза. Данное явление весьма характерно для климатических условий Нечерноземной зоны европейской территории России, где преобладающее количество осадков очень часто выпадает именно во второй половине вегетации зерновых культур (Никитишен, 2003). По нашим данным, доля таких лет в южном Подмоскowie достигает 50%.

Учитывая важную роль К в метаболизме растений, и прежде всего в регулировании оттока ассимилятов из вегетативных органов в репродуктивные, правомерно предположить, что значительные потери К посевами зерновых злаков после фазы колошения не могут не сказаться на их продуктивности и отзывчивости на калийное удобрение. Основанием для такого предположения послужили результаты 18-летнего изучения эффективности калийного удобрения, согласно которым, несмотря на существенное усиление потребления К озимой пшеницей и ячменем в первый период вегетации (всходы – колошение) под влиянием внесения калийного удобрения, это во многих случаях не вызывало ожидаемого роста продуктивности посевов (Никитишен, 2002).

Исследования, проведенные в многолетних полевых опытах, более подробно изложенные нами ранее (Никитишен, Личко, 2002), показали наличие тесной прямой связи между количеством вымываемого К из надземных органов злаковых после фазы колошения и интенсивностью выпадения атмосферных осадков. За 18-летний период проведения исследований 9 лет отличались обильным выпадением осадков преимущественно ливневого характера в репродуктивные фазы роста и развития зерновых злаков, что вызывало потери из растительных тканей от 33 до 79 кг К<sub>2</sub>O/га или 30–50% от максимального его накопления посевами в фазе колошения. Зависимость потерь К растениями вследствие вымывания от количества осадков, выпадающих в репродуктивный период вегетации, показана на рис. 1. Потери К в эти годы оказались соизмеримы с размерами потребления К растениями из удобрения с начала вегетации до колошения. В итоге, почти весь К, дополнительно усвоенный удобренными им посевами ко времени колошения, в последующий репродуктив-

**Таблица 4.** Последствие минеральных удобрений на урожай сухой надземной биомассы клевера двухлетнего пользования

Доза N, кг/га	Доза K, кг К <sub>2</sub> O/га	Доза P, кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /га					
		0		40		80	
		У*	П	У	П	У	П
<i>1-я ротация севооборота (среднее за 1982-1984 гг.)</i>							
0	0	59	–	63	–	62	–
	60	58	–1	63	0	64	2
	120	60	1	70	7	68	6
60	0	60	–	59	–	60	–
	60	54	–6	64	5	64	4
	120	58	–2	67	8	64	4
120	0	61	–	61	–	60	–
	60	57	–4	61	0	66	6
	120	63	2	71	10	64	4
180	0	59	–	61	–	58	–
	60	58	–1	62	1	64	6
	120	63	4	68	7	66	8
<i>2-я ротация севооборота (среднее за 1991-1993 гг.)</i>							
0	0	46	–	45	–	45	–
	60	45	–1	45	0	47	2
	120	43	–3	47	2	49	4
60	0	41	–	43	–	42	–
	60	40	–1	45	2	45	3
	120	42	1	47	4	47	5
120	0	40	–	43	–	42	–
	60	41	1	44	1	48	6
	120	40	0	44	1	47	5
180	0	38	–	39	–	42	–
	60	39	1	45	6	45	3
	120	40	2	44	5	41	1

\* У - урожайность, ц/га

\*\* П - прибавка от К удобрений, ц/га

**Таблица 5.** Потери калия из растений вследствие вымывания и эффективность калийного удобрения в посевах озимой пшеницы

Осадки, после фазы цветения, мм	Количество ливней	Интенсивность ливней, мм/сут	Потери $K_2O$ из растений, кг/га	Масса 1000 зерен, г		Прибавка урожая зерна от калия, ц/га
				в варианте NP	в варианте NPK	
215	5	21–67	79	39.0	38.8	0
177	5	20–44	52	44.0	45.2	1.3
145	3	24–27	38	39.7	41.3	2.3
122	2	19–21	10	39.6	43.2	5.9
150	1	30	0	37.6	44.2	9.0

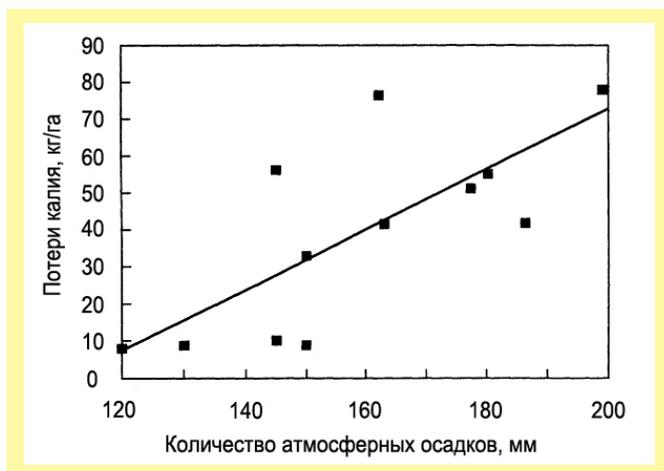
ный период роста подвергался вымыванию. Последнее отразилось на эффективности калийного удобрения, поскольку исключало возможность проявления положительной роли вымывшегося из растений К в регуляции оттока ассимилятов и прежде всего углеводов в формирующееся зерно (Минеев, 1999). Как показывают усредненные данные (табл. 5), посеvy, имеющие наиболее высокие потери К в репродуктивный период вегетации (79 кг  $K_2O$ /га), не реагировали на калийное удобрение, а при вымывании из растений 52 кг  $K_2O$ /га под влиянием его внесения достигался рост урожая зерна не более чем на 1,3 ц/га. В этих условиях в вариантах с внесением К не наблюдалось увеличения крупности зерна и масса 1000 зерен была такой же, как и на фоне азотно-фосфорного удобрения (38.8 и 39.0 г).

Иная закономерность в действии калийного удобрения прослеживалась в случае отсутствия или незначительных потерь К из растений в репродуктивный период роста зерновых злаков. Под влиянием внесения одинарной ( $K_{60}$ ) и двойной ( $K_{120}$ ) доз К по сравнению с фоном  $N_{120}P_{80}$  масса 1000 зерен озимой пшеницы возрастала с 37.6–39.6 до 41.3–44.2 г, а урожай зерна увеличивался в среднем на 5.9–9.0 ц/га. Зависимость эффективности калийного удобрения от размеров потерь К зерновыми злаками в период колошения–полная спелость носит экспоненциальный характер (рис. 2).

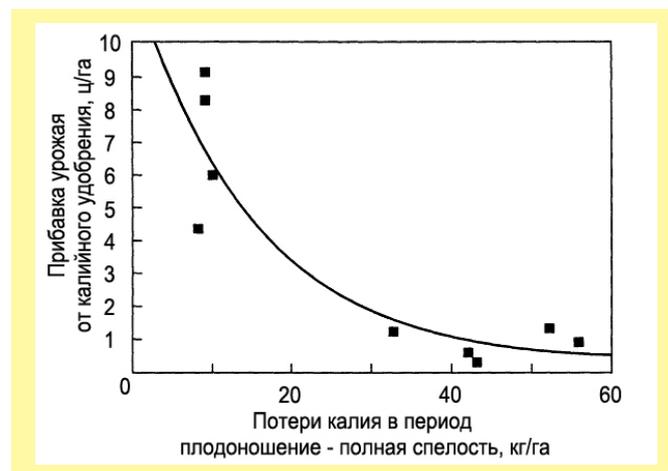
Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что вымывание К из растений после фазы колошения следует рассматривать как негативное явление, создающее дефицит К в репродуктивный период роста и развития зерновых злаков. Данное обстоятельство, на наш взгляд, – первопричина часто наблюдаемого в полевых опытах неблагоприятного влияния избытка вла-

ги на формирование полноценного зерна (Никитишен, 2002). Снижение устойчивости растений к полеганию и поражению патогенной микрофлорой, являющееся основной причиной образования щуплого зерна в этих условиях (Иванова, 1982), очевидно, является следствием калийной недостаточности. Правомерность такого суждения основана на данных об определяющей роли К в формировании прочных скелетных тканей и оздоровлении фитосанитарного состояния посевов зерновых культур (Минеев, 1999). Чтобы свести к минимуму отрицательное воздействие вымывания К на продуктивность растений, необходимо, очевидно, внести коррективы в традиционную систему допосевого внесения калийных удобрений под зерновые культуры, выращиваемые в регионах с преобладанием атмосферных осадков во второй половине вегетации. Можно предполагать, что для восполнения потерь вымываемого из растений К оправдано будет применение после периода ливневых дождей внекорневой подкормки посевов злаковых калийными удобрениями.

Анализ баланса калия в агроэкосистемах за 21–22-летний период проведения полевых опытов показал, что если исключить из расходной статьи ту его часть, которая содержится в соломе зерновых злаков и в измельченном виде запахивается в почву, то для полной компенсации дефицита калия достаточно поступления в почву 1580 кг  $K_2O$ /га. Это составляет в среднем 71 кг  $K_2O$  в год в расчете на 1 га севооборотной площади. При внесении вдвое меньшего количества калия (35.5 кг  $K_2O$ /га в год) складывается отрицательный его баланс, составляющий 495–631 кг  $K_2O$ /га и находящийся в пределах того допустимого уровня, который считал оправданным Д.Н. Прянишников.



**Рис. 1.** Вымывание калия из надземной биомассы зерновых злаков в зависимости от количества атмосферных осадков в репродуктивный период



**Рис. 2.** Прибавки урожая зерна злаковых от калийного удобрения в зависимости от потерь калия вследствие вымывания

**Таблица 6.** Использование посевами калия почвы и удобрения и продуктивность севооборота в зависимости от внесения N и P (среднее за 21–22 года по двум полям).

Вариант опыта	Внесение с удобрением, кг K <sub>2</sub> O/га		Общий вынос урожая, кг K <sub>2</sub> O/га	Использование из удобрения, кг K <sub>2</sub> O/га	Среднегодовая продуктивность, ц/га з.е.	Прибавка от калия, ц/га з.е.	Окупаемость 1 кг K <sub>2</sub> O удобрения, ц/га з.е.
	всего	среднегодовое					
Контроль, без удобрений	–	–	1040	–	28.7	–	–
				Фон – P <sub>80</sub>			
P <sub>80</sub>	–	–	1290	–	35.6	–	–
P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	780	35.5	1440	150	35.9	0.3	0.8
P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	1560	71	1721	431	36.9	1.3	1.8
				Фон – N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>			
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub>	–	–	1404	–	40.5	–	–
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	780	35.5	1721	317	42.7	2.2	6.2
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	1560	71	2036	632	43.4	2.9	4.1
				Фон – N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>			
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub>	–	–	1478	–	41.6	–	–
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub>	780	35.5	1883	405	44.0	2.4	6.8
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	1560	71	2104	626	44.6	3.0	4.2

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что плодородие серых лесных почв способно обеспечить формирование среднегодовой продуктивности культур 9-польного севооборота с двумя полями клевера в пределах не более 29 ц/га в пересчете на з. е. Основная причина низкого уровня плодородия почв – низкая обеспеченность их подвижными фосфатами и усвояемым N, доступность которых для посевов часто ограничивается из-за дефицита влаги и тепла. В этих условиях для оптимизации потребления макроэлементов и интенсификации продукционного процесса растений определяющее значение имеют азотные и фосфорные удобрения, применение которых в сочетании с умеренными дозами калия (35 кг K<sub>2</sub>O/га) обеспечивает повышение среднегодовой продуктивности культур 9-польного севооборота до 45–47 ц з.е./га (табл. 6). При этом среднегодовой прирост продуктивности культур севооборота благодаря внесению калийного удобрения не превышал 3 ц з.е./га. Такое количество калийного удобрения способно поддерживать стационарное состояние калийного режима почвы в течение длительного времени (Карпинец, 2000). Согласно полученным нами данным (Никитишен, 2003), для серых лесных почв ополья Центральной России оно характеризуется величинами содержания обменного калия в пахотном слое почвы в пределах 10–13 мг/100 г, необменного калия по Пчелкину – 38–41 мг/100 г, фиксированного калия – 180–184 мг/100 г.

*Никитишен Владимир Иванович - профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, лауреат премии им. Д.Н. Прянишникова, заслуженный деятель науки РФ.*

*Личко Валентина Ивановна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН.*

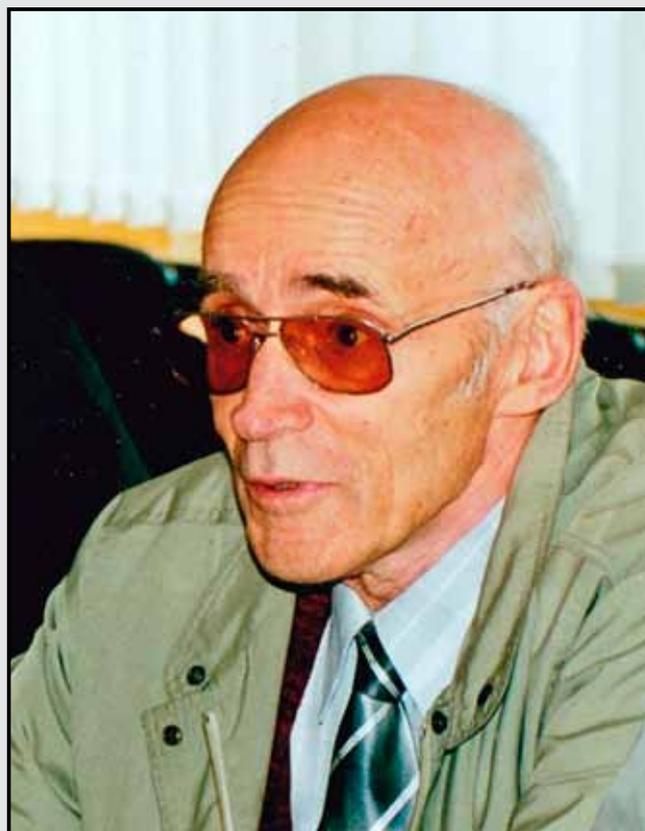
## Литература

- Алифанов В.М. Палеокриогенез и современное почвообразование. Пути, 1995. 320 с.
- Гордецкая С.П. Влияние растений и удобрений на азотный и калийный режимы почвы // Почвоведение. 1976. № 12. С. 60–72.
- Иванова Т.И. Влияние погоды и удобрений на физические свойства зерна колосовых культур в условиях нечерноземной зоны // Агрохимия. 1982. № 4. С. 26–35.
- Карпинец Т.В. Моделирование режима калия в системе почва–растение: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. М., 2000. 37 с.
- Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. М.: Изд-во МГУ, 1999. 332 с.
- Никитина Л.В. Оценка калийного режима разных типов почв и эффективность калийных удобрений в длительных опытах: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. М., 1994. 22 с.
- Никитишен В.И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии. М.: Наука, 1984. 214 с.
- Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы. М.: Наука, 2002. 258 с.
- Никитишен В.И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии М.: Наука, 2003. 183 с.
- Никитишен В.И., Курганова Е.В. Плодородие и удобрение серых лесных почв ополья Центральной России. М.: Наука, 2007. 367 с.
- Никитишен В.И., Личко В.И. Эффективность калийного удобрения в зависимости от количества осадков в репродуктивный период зерновых культур // Агрохимия. 2002. № 7. С. 40–46.
- Окорков В.В. Удобрения, плодородие и урожай на серых лесных почвах Владимирского ополья. Суздаль, 2001. 337 с.
- Прокопьев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 184 с.
- Яговенко Л.Л. Оптимизация систем удобрения в севообороте и агрохимические пути повышения плодородия серых лесных почв: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Брянск, 1995. 63 с.

# Памяти Владимира Васильевича Прокошева

26 сентября 2011 г. на 79-ом году жизни не стало **Владимира Васильевича Прокошева** – крупного специалиста в области агрохимии калия. В.В. Прокошев в 1954 г. закончил Пермский сельскохозяйственный институт и в течение 22 лет проработал на Раменской агрохимической опытной станции НИУИФ в Подмоскowie. Наиболее плодотворный период научно-исследовательской деятельности В.В. Прокошева связан с его работой на Люберецком опытном поле НИУИФ. Он был директором данной опытной станции, которая в 90-е годы стала самостоятельной организацией. В 1984 г. В.В. Прокошев защитил докторскую диссертацию по теме: «Агрохимия калийных удобрений (по материалам исследований на дерново-подзолистых почвах)». Свой опыт по оценке состояния калия в почве, закономерностях действия калийных удобрений на урожай и качество продукции основных сельскохозяйственных культур он изложил в книге «Калий и калийные удобрения» (185 стр.), которая вышла в свет в 2000 г. и была написана в соавторстве с И.П. Дерюгиным (скончался в 2010 г.). Авторы изложили концепцию, обосновывающую использование калийных удобрений, исходя из интенсивности баланса калия в севообороте. Были рекомендованы уровни баланса калия с учетом обеспеченности почвы обменным калием, доли калия от емкости катионного обмена почвы, содержания физической глины, а также продуктивности севооборота. Данные предложения нацелены, прежде всего, на повышение рентабельности применения калийных удобрений. В.В. Прокошев очень активно высказывался за расширение спектра вытяжек, используемых для извлечения калия из почвы в массовых агрохимических анализах, для того, чтобы более полно охарактеризовать состояние калия в почве, и, соответственно, принять решение о потребности в калийных удобрениях. Например, он рекомендовал дополнять стандартные кислотные вытяжки, в особенности на легких почвах, вытяжкой хлорида кальция, в которую переходит так называемый «легкодоступный» или «легкообменный» калий.

Будучи ведущим экспертом по калийной тематике в России, В.В. Прокошев в конце 80-х годов стал членом Научного Комитета Международного института калия (International Potash Institute, IPI), а в 1993 г. российские предприятия-производители калийных удобрений выдвинули его на должность Координатора института по странам СНГ. За 10 лет работы (с 1993 г. по 2003 г.) в указанной должности В.В. Прокошев сделал очень много для пропагандирования рационального применения калийных удобрений, прежде всего, в земледелии России. Проводились производственные полевые опыты с калием, результаты которых широко освещались



в научных и научно-практических публикациях. Была выпущена целая серия очень хороших и информативных буклетов по применению калийных удобрений. Ряд буклетов впоследствии переиздавался в переработанном и дополненном виде. Кроме того, региональная работа дополнялась большим количеством научно-практических семинаров по калийной проблематике, проведенных во многих регионах России. Одним из направлений работы была оценка регионов России по степени нуждаемости в калийных удобрениях, основанная на учете целого комплекса почвенно-климатических, а также материально-технических факторов.

Идеи В.В. Прокошева остаются очень актуальными, их применение и переосмысление во многом может значительно улучшить наши представления о питании растений калием. Большой ученый оставил огромное научное наследие. Поскольку активная деятельность В.В. Прокошева была направлена на решение наиболее актуальных вопросов агрохимии калия, общение с ним всегда очень обогащало в научном плане. Кроме того, по-человечески это всегда было очень интересно.

Сотрудники российского филиала Международного института питания растений выражают самые искренние соболезнования родным и близким В.В. Прокошева.

# Итоги конкурса научных работ студентов и аспирантов — 2011

**В** 2011 году студенты и аспиранты из Восточной Европы и Центральной Азии уже в третий раз принимают участие в конкурсе научных работ, ежегодно проводимом Международным институтом

питания растений. В этом году от нашего региона назван не один, а два победителя: Дмитрий Божков (Южный федеральный университет) и Елена Павлова (Омский государственный аграрный университет).

## Павлова Елена Юрьевна

В 2010 году Елена Павлова окончила бакалавриат Омского государственного аграрного университета по специальности «Агрохимия и агропочвоведение» и в настоящее время является студентом магистратуры.

Тему своей работы «Влияние разных приемов внесения цинка под озимую тритикале в условиях южной лесостепи Западной Сибири» Елена считает актуальной и практически значимой, поскольку до настоящего времени исследований по этой тематике в Западной Сибири не проводилось.

Работа Елены удостоена диплома второй степени VII конкурса на лучшую научную работу студентов Омского государственного аграрного университета в номинации «Агрономические науки и агроэкология» (2011 г.), отмечена дипломом III степени II этапа Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства РФ по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» (Республика Бурятия, 2011 г).



По завершении обучения в магистратуре Елена планирует поступить в аспирантуру и продолжить научную карьеру.

## Божков Дмитрий Васильевич



В 2004 году окончил бакалавриат, а в 2008 – магистратуру Южного федерального университета по специальности «Почвоведение», в 2010 году поступил в очную аспирантуру Южного федерального университета.

Среди наград, полученных за научные достижения в период обучения, – диплом за лучший стендовый доклад на научно-практической конферен-

ции, посвященной 10-летию агроэкологического и 100-летию агрономического образования на Дону, диплом третьей степени за доклад на III конференции студентов базовых кафедр Южного научного центра РАН, грамота за лучший доклад на секции Почвоведение конференции «Ломоносов-2008», дипломы I и II степени за доклады на студенческой конференции «Неделя науки» 2008 – 2009, грамота Всероссийского общества почвоведов, диплом за руководство НИРС (руководство секцией «Агроэкология») III Общероссийского студенческого научного форума 2011.

Дмитрий работает на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ лаборантом, обслуживающим оборудование и опытные установки, в рамках педагогической практики проводит лекционные и практические занятия со студентами.

Тема его исследований – оценка качества минерального питания озимой пшеницы в условиях Ростовской области. Дмитрий является автором и соавтором более чем десяти публикаций о минеральном питании озимой пшеницы. Своей ближайшей целью Дмитрий ставит защиту кандидатской диссертации, а затем – продолжение исследований в выбранной области, изучение зарубежного опыта и активное содействие в распространении агрохимических знаний.

# Региональный сайт Международного Института Питания растений

Московский филиал Международного Института Питания Растений открыл региональный русскоязычный сайт — <http://eesa-ru.ipni.net>. На главной странице сайта размещена информация о глобальной деятельности Института, биографии сотрудников филиала, а также подборка научно-популярных статей о питании сельскохозяйственных растений и рациональному применению минеральных удобрений, в том числе переведенные на русский язык статьи о современных технологиях, успешно применяемых крупными производителями в странах с развитым индустриальным сельхозпроизводством. Статьи будут регулярно обновляться. Кроме того, на главной странице сделаны рубрики по наиболее актуальным, на наш взгляд, темам в области питания растений и применения минеральных удобрений:

- концепция рационального применения удобрений
- питание сельскохозяйственных культур
- эффективность применения минеральных удобрений
- экономика применения минеральных удобрений
- развитие сельского хозяйства
- применений удобрений в ресурсосберегающих технологиях
- применение удобрений в системах точного земледелия
- диагностика питания растений.

В этих тематических рубриках собраны все публикации и презентации сотрудников Института,

включая переведенные на русский язык презентации, сделанные нашими американскими и канадскими коллегами.

На сайте выложены в свободном доступе все выпуски вестника «Питание растений» ( <http://eesa-ru.ipni.net/topic/russian-newsletter> ), на который теперь можно подписаться через сайт, а также каталог всех печатных изданий Института на русском языке.

На сайте размещена подробная информация о текущих научных проектах Института в Восточной Европе и Центральной Азии, а также о наших ежегодных конкурсах - научных и студенческих работ, а также конкурс фотографий по теме «Дефицит элементов питания у сельскохозяйственных растений».

Международный Институт Питания Растений издает научно-практический журнал “Better Crops with Plant Food”, все выпуски которого находятся в свободном доступе на англоязычном сайте Института (<http://www.ipni.net/bettercrops> ). На региональном сайте теперь можно посмотреть краткие аннотации статей журнала на русском языке. Кроме того, на сайте есть раздел, в котором размещены краткие обзоры наиболее интересных, на наш взгляд, публикаций в области питания растений из региональных научных изданий. Обзоры будут регулярно обновляться.

Мы искренне надеемся, что со временем наш региональный сайт станет важной информационной платформой для производителей минеральных удобрений, научного сообщества и сельхозпроизводителей.

## Обзор научных публикаций

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

**Влияние свойств почв, удобрений, известности и погодных условий на обеспеченность магнием сельскохозяйственных растений**

*Тихомирова В.Я., 2011. Агрохимия, 5, 84-86*

Обобщены опубликованные материалы о физиологической роли магния в жизнедеятельности растений, распределении его по органам растений, признаках недостатка магния у сельскохозяйственных культур, влиянии почвенных и других условий на обеспеченность растений магнием, а также почвенной диагностике потребности культур в магниевом удобрении. Кроме того, приведены градации почв по содержанию подвижного магния по данным оте-

чественных и зарубежных исследователей, указано оптимальное для различных сельскохозяйственных культур содержание подвижного магния в почвах разного мехсостава.

**Модель прогноза прибавки урожайности озимой пшеницы при применении фосфорных удобрений**

*Прошкин В.А., Адрианов С.Н., Шаброва Е.В., 2011. Агрохимия, 6, 19-26*

Предложена модель прогноза эффективности фосфорных удобрений под озимую пшеницу, позволяющая выбрать оптимальную дозу фосфора

для получения максимальной прибавки урожайности от внесения удобрений при различной обеспеченности почвы подвижным фосфором. В работе проанализированы и обобщены результаты полевых опытов с удобрением озимой пшеницы на серых лесных почвах, на черноземах оподзоленных и выщелоченных ЦФО и на каштановых почвах ЮФО. Модель позволяет прогнозировать влияние на эффективность фосфорных удобрений как отдельных агрохимических свойств почвы, так и их комплекса, а также рассчитать оптимальное сочетание доз фосфора и условий минерального питания, при которых возможно получение прибавки урожайности для любого из рассматриваемых типов почв. Предложены нормативные показатели, представляющие прогноз изменчивости прибавки урожайности озимой пшеницы в зависимости от комплекса агрохимических свойств почвы. В отличие от разработанных ранее, они привязаны к конкретным типам почв и дифференцированы по агрохимическим свойствам почв.

### Эффективность минеральных удобрений, хелатов микроэлементов и средств защиты растений при выращивании озимой пшеницы

*Кудашкин М.И., 2011, Агрехимия, 5, 26-34.*

Для агроландшафта юга Нечерноземной зоны России на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом разработана технология комплексного применения минеральных удобрений, микроэлементов азотного обмена в хелатной форме в виде ЖУСС и средств защиты растений в агротехнике возделывания озимой пшеницы сорта Московская 39. Технология обеспечивает максимальную урожайность культуры 5.63 т/га (в среднем 4.47 т/га), окупаемость 1 кг д.в. NPK – 10,2 кг зерна. Без микроэлементов и средств защиты растений минеральные удобрения были убыточны. Полученная продовольственная пшеница содержит 15.8% сырого протеина, 32.7% клейковины и зерно по качеству соответствует первой группе. Возделывание пшеницы данного сорта в агроландшафтах юга Нечерноземья экономически выгодно при ее урожайности не ниже 5.0 т/га и стоимости зерна 5.0 – 5.5 руб/кг. Из-за низкой адаптивности к типу агроландшафта сорт требует достаточной пестицидной обработки и соблюдения плодосменных севооборотов.

### Влияние азотных и микроудобрений на урожайность озимой пшеницы различных сроков сева в севооборотах агроландшафтов юга Нечерноземья

*Кудашкин М.И., 2011. Агрехимия, 7, 26-36*

На основе экспериментальных данных представлена ресурсосберегающая и экологически безопасная технология возделывания озимой пшеницы сорта Мироновская 808, позволяющая улучшить ка-

чество зерна, повысить стабильность урожаев и обеспечить сохранность плодородия почвы в условиях юга Нечерноземья.

Максимальная урожайность зерна 6.57 т/га (в среднем 5.25 т/га) была достигнута за счет припосевного (рядкового) внесения NPK150, подкормки посевов аммиачной селитрой в дозе 30 кг/га по мерзлоталой почве весной, обработки посевов хелатной формой микроудобрения ЖУСС Cu+Mn (2 л/га) в фазе начала молочной спелости зерна, посев по сидеральному клеверному пару в оптимальный срок (1-5 сентября).

Максимальное содержание в зерне сырого протеина 15.1% и клейковины – 29.6% получено в вариантах с летней азотной подкормкой 10% (по азоту) раствором мочевины на фоне рядкового внесения NPK, ранневесенней азотной подкормки аммиачной селитрой (30 кг/га) по мерзлоталой почве, посев в оптимальный срок по чистому пару.

Уровень рентабельности производства зерна по сидеральному клеверному пару был самым низким – 78%, против 187% по чистому пару.

### Влияние комплекса средств химизации на продукционный процесс, урожайность и качество зерна ярового ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

*Вильдфлуш И.Р., Мижуй С.М., 2011. Агрехимия, 7, 70-79*

Представлена энергосберегающая технология совместного применения КАС с фунгицидами, регуляторами роста и микроэлементами, с совмещением операций по внесению фунгицидов, регуляторов роста и микроэлементов для снижения затрат на использование средств химизации. Опыты проводились в течение двух лет на дерново-подзолистой среднекультуренной легкосуглинистой почве с яровым ячменем сорта Бурштын.

Наибольший чистый доход (188-190 \$/га), рентабельность (274-250%) и коэффициент энергоотдачи (2.40 – 2.41) отмечены при совместном применении комплексного микроудобрения в хелатной форме, содержащее Zn – 3.22, Cu – 1.58, B – 0.28, Mo – 0.1% с КАС или фунгицидом рекс Т на фоне N70P60K90 + N20 КАС. В работе подробно рассмотрены удельные энергозатраты на реализацию каждого из вариантов опыта, урожайность, выход сырого протеина и кормовых единиц, а также экономическая эффективность.

### Систематическое применение гербицидов и азотных удобрений на выщелоченном черноземе Курганской области

*Копылов А.Н., Волынкин В.И., Волынкина О.В., Емельянов Ю.Я., Кириллова Е.В., 2011. Агрехимия, 7, 50-57.*

В длительном 33-летнем опыте изучено система-

тическое применение азотных удобрений, гербицидов (препараты на основе 2.4-Д, от однолетних злаковых – пума супер) и их совместное использование. Опыты проводились с 1976 года в севообороте кукуруза-пшеница-пшеница, а с 1996 г – на бессменной пшенице на маломощном малогумусном среднесуглинистом черноземе выщелоченном.

Самым эффективным по влиянию на урожай признан вариант N40 + 2.4ДА + пума-супер 10, обеспечивший достоверный прирост урожайности в большинстве опыто-лет. Применение гербицидов на неудобренных посевах, как и внесение

азотных удобрений без применения гербицидов признано нецелесообразным. Кроме того, в засушливые годы гербициды действовали угнетающе на культуру, и их вклад в урожай был крайне мал. Отмечено отсутствие отрицательного влияния систематического применения гербицидов на качество зерна и накопления их остаточных количеств в почве и растениях во всех вариантах, кроме варианта обработки препаратом 2.4Д без удобрений в засушливый год. Отмечена возможность накопления остатков гербицидов при условиях питания, недостаточных для формирования высокой урожайности.

## Обзор научных публикаций BETTER CROPS with plant food, №2, 2011

Ежеквартальный журнал

Международного института питания растений

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

**Актуально как никогда: недостаток и избыток элементов питания у сельскохозяйственных культур**

*У.М. (Майк) Стюарт и У.Ф. Беннетт*

В статье в краткой форме даны рекомендации и приведены источники информации, которые помогут в выявлении и распознавании проблем с минеральным питанием у сельскохозяйственных растений.

**Содержание элементов питания в растениях какао в Папуа-Новой Гвинее**

*П. Нельсон, М. Вебб, С. Бертельсен, Г. Карри, Д. Йинил, К. Фиделис, М. Фишер и Т. Обертюр*

На 63-х плантациях какао в Папуа-Новой Гвинее (ПНГ) исследовалось содержание элементов питания в почве и листьях растений для того, чтобы установить, лимитируется ли продуктивность растений недостатком элементов питания, и какие могут быть меры по его устранению. Дефицит азота и железа был выявлен в более чем 89% случаев, а недостаток фосфора – почти в 25% случаев. Для успешного развития сельскохозяйственной индустрии в ПНГ необходимо кардинально улучшить агротехнологию выращивания какао. Из-за комплексного сочетания социально-экономических и агрономических факторов эффективные агротехнологии должны разрабатываться с учетом полносистемного подхода. Для лучшего управления питанием растений потребуется развивать инстру-

менты, направленные на совершенствование листовой диагностики.

**Снижение эмиссии парниковых газов с помощью рациональных систем применения азотных удобрений**

*Дж.В. ван Гроениген, О. Оенема, К.Дж. ван Гроениген, Г. Велтоф и К. ван Кессел*

Сельскохозяйственные земли являются главным источником антропогенной эмиссии в атмосферу такого парникового газа, как оксид азота ( $N_2O$ ). Эмиссия парниковых газов часто рассчитывается на единицу площади используемых земель или в процентах от доз внесенных азотных удобрений. В недавно опубликованной статье в научном журнале авторы предложили другой подход, согласно которому эмиссия  $N_2O$  должна увязываться с объемами сельхозпроизводства. Как было показано в проведенном мета-анализе данных 19-ти независимых исследований, в которых оценивалась как эмиссия  $N_2O$ , так и урожайность сельскохозяйственных культур, эмиссия  $N_2O$  на единицу собранной сельскохозяйственной продукции остается стабильной величиной до тех пор, пока азот вносится с сохранением небольшого положительного баланса. Авторы делают вывод о том, что задачи по оптимизации сельхозпроизводства и снижению эмиссии парниковых газов очень близки и должны решаться с помощью рациональных систем земледелия. Системы земледелия в свою очередь должны быть нацелены на повышение эффективности использования азота из удобрений, а

не просто на снижение доз применяемых азотных удобрений.

## Появление проблем в питании растений, вызванных недостатком серы, при выращивании люцерны в Айове

*Дж. Соьер, Б. Лэнг и Д. Баркер*

Серу часто относят к «второстепенным» элементам питания в основном из-за того, что она требуется растениям в небольших количествах. Кроме того, сера реже вносится в составе удобрений по сравнению с N, P, и K. Так же было и в штате Айова, где исследования, проведенные ранее, не выявили недостатка серы у растений и потребности в применении серосодержащих удобрений для улучшения технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Дефицит серы, однако, может оказывать негативное влияние на рост и продуктивность сельскохозяйственных культур. Это означает, что сера не должна считаться «второстепенным» элементом питания растений.

## Отзывчивость кукурузы на применение серосодержащих удобрений в Айове

*Дж. Соьер, Б. Лэнг и Д. Баркер*

Исходя из положительных результатов, полученных при применении серосодержащих удобрений под люцерну (см. предыдущую статью), в 2006 г. были заложены опыты с кукурузой на полях, где в начале роста растений ранее проявлялись признаки недостатка серы или существовала вероятность их появления. Сульфат кальция (в форме гипса –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) вносился вразброс поверхностно в начале вегетации кукурузы в дозах по сере 0, 11.2, 22.4 и 44.8 кг S/га. Внесение серы в дозе 44.8 кг S/га позволяло максимально реализовать потенциал урожайности кукурузы.

## Влияние системы применения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почв в неорошаемых условиях Внутренней Монголии

*Ю. Дуан, Д. Туо, П. Цяо, Х. Ли и Ш. Ли*

При использовании традиционных систем применения удобрений в неорошаемых регионах Внутренней Монголии обычно наблюдаются низкая продуктивность сельскохозяйственных культур. В данном исследовании шесть последовательных сезонов выращивания сельскохозяйственных культур показали, что применение азотных, фосфорных и калийных удобрений способствует росту урожайности на 5-50%. Совместное внесение рекомендованных доз NPK с овечим навозом увеличивает урожай и повышает плодородие почв,

но в данном случае необходимо проявлять осторожность, чтобы избежать избыточного внесения фосфора и, соответственно, зафосфачивания почвы.

## Принципы оптимизации азотного питания зерновых культур на уровне хозяйства

*В.А. Романенков*

Задачи оптимизации доз и соотношений минеральных удобрений, несмотря на длительный опыт и обилие расчетных методов, не становятся менее актуальными. Напротив, рост цен на материально-технические ресурсы и, как следствие, повышение себестоимости сельскохозяйственной продукции делают эту проблему ещё более острой.

## Усвоение азота хлопчатником на Западе США

*Дж.С. Сильвертуф, К.Ф. Бронсон, Е.Р. Нортон и Р. Миккелсен*

Для успешного выращивания хлопчатника важно обеспечить достаточное питание растений азотом. При достаточной обеспеченности азотом в начале вегетации растений происходит быстрое развитие листьев и корней. В конце вегетации большая часть азота обнаруживается в семенах. Знание физиологии развития хлопчатника помогает эффективно управлять питанием растений.

## Повышение продуктивности и рентабельности рисовых севооборотов с помощью систем применения удобрений, разработанных для конкретных почвенно-климатических условий

*В.К. Сингх, К. Маджумдар, М.П. Сингх, Р. Кумар и Б. Гангвар*

Для предотвращения истощения почв и появления недостатка целого ряда элементов питания на западе Индо-Гангской равнины необходимо выработать более совершенные стратегии применения минеральных удобрений. В данном исследовании изучалась система применения удобрений, разработанная для конкретных почвенно-климатических условий. Эта система способствовала росту урожайности сельскохозяйственных культур, а также продуктивности и рентабельности различных рисовых севооборотов в целом по сравнению с вариантами опытов, где использовались существующие рекомендации по применению удобрений или фермерская практика.

*Перевод с английского: В.В. Носов*

*Редакция: С.Е. Иванова*

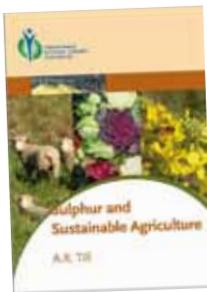
# Научно-практическая литература



## Сам себе «соевый доктор»

Вышел в свет 12-страничный буклет «Сам себе соевый доктор», который призван помочь в решении основных проблем, возникающих при выращивании сои. В данной публикации описываются признаки недостатка у растений сои таких элементов питания, как азот, фосфор, калий, магний, сера, железо, марганец, молибден, цинк и бор. Также даются описания таких болезней сои, как корневые гнили, фузариоз всходов, фузариоз бобов, склеротиниоз, пероноспороз, септориоз, церкоспороз, аскохитоз, бактериальная угловатая пятнистость, пустульная пятнистость, вирусная мозаика, южная склероциальная гниль, антракноз и филlostиктоз. Раздел о вредителях сои включает информацию о бахчевой и соевой тле, донниковой совке, соевой цистообразующей нематоде, соевом полосатом листоеде, соевой плодожорке, клубеньковой мухе, четырехточечном листоеде, соевой желтушке, репейнице, соевом корневом минере, соевом листоеде, луговом мотыльке и стальниковой совке. Все описания признаков недостатка элементов питания, болезней и вредителей сопровождаются цветными фотографиями. В списке рекомендуемой литературы приведены наиболее информативные интернет-ресурсы по сое. В подготовке публикации вместе с сотрудниками российского филиала IPNI Носовым В.В. и Ивановой С.Е. принимали участие специалисты из Кемеровского ГСХИ – Заостровных В.И. и Ракина М.С., а также из Всероссийского НИИ сои – Дубовицкая Л.К., [Мащенко Н.В.] и Дубровин А.Н. Издание адресовано агрономам, фермерам, а также студентам и аспирантам. Книгу можно заказать через каталог по адресу:

><http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/16F0F8D2C7BA69CD852572A0004FAD58> <



## Сера и устойчивое земледелие

Тилл, А.Р.

Серосодержащие аминокислоты метионин и цистин необходимы для синтеза белков. Без них и других серосодержащих веществ не было бы жизни в той форме, в которой мы ее знаем. Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и переход на удобрения, содержащие небольшое количество серы, ведет к росту дефицита серы у сельскохозяйственных растений, который необходимо оперативно возмещать для сохранения устойчивости агроэкосистем. В этой актуальной книге рассматривается много примеров о роли серы в сельском хозяйстве, как в растениеводческой, так и в животноводческой отрасли. В ней также обсуждается важность возмещения выноса серы и роль серосодержащих удобрений. В книге также представлены рекомендации по оптимизации питания растений серой и обеспечению устойчивости агроэкосистем.

Книга доступна бесплатно в электронном виде на сайте IFA ([www.fertilizer.com](http://www.fertilizer.com)) по адресу: ><http://www.fertilizer.org/HomePage/LIBRARY/Our-selection2/Fertilizer-use.html/Sulphur-and-Sustainable-Agriculture.html> <



## Удобрения пролонгированного действия, удобрения с контролируемым высвобождением питательных элементов, азотные удобрения с ингибитором нитрификации или уреазы как способ повышения эффективности использования элементов питания растений в сельском хозяйстве

Тренкел, М.Е.

Это издание – дополненная версия книги «Повышение эффективности использования удобрений: контролируемое высвобождение элементов питания и азотные удобрения с ингибитором нитрификации или уреазы» («Improving Fertilizer Use Efficiency: Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture») того же автора, выпущенной IFA в 1997 году. Оно адресовано производителям минеральных удобрений, руководителям, научным работникам. Основные цели книги:

- Предоставить актуальную научную информацию по вопросам разработки, производства и использования удобрений пролонгированного действия, удобрений с контролируемым высвобождением питательных элементов и азотных удобрений с ингибитором нитрификации или уреазы
- Объяснить важность их роли в повышении эффективности использования элементов питания растений
- Продемонстрировать востребованность таких удобрений
- Оценить существующий рынок удобрений пролонгированного действия, удобрений с контролируемым высвобождением компонентов и азотных удобрений с ингибитором нитрификации или уреазы
- Обсудить стратегии и основы регулирования, необходимые для максимально выгодного использования таких удобрений.

Эта книга – вклад в работу IFA по распространению концепции «4-х правил»: внесение лучшей формы удобрения в оптимальной дозе, в необходимые сроки и наиболее подходящим способом (IFA, 2009).

Книга доступна бесплатно в электронном виде на сайте IFA ([www.fertilizer.com](http://www.fertilizer.com)) по адресу: ><http://www.fertilizer.org/HomePage/LIBRARY/Our-selection2/Fertilizer-use.html/Slow-and-Controlled-Release-and-Stabilized-Fertilizers-An-Option-for-Enhancing-Nutrient-Use-Efficiency-in-Agriculture.html> <

# Компании - члены IPNI



Agrium Inc.



Great Salt Lake Minerals



Arab Fertilizer Association  
(AFA)



Intrepid Potash, Inc.



Arab Potash Company



K+S KALI GmbH



Белорусская калийная  
компания



The Mosaic Company



OCP S.A.



CF Industries Holdings,  
Inc.



PotashCorp



Canadian Fertilizer  
Institute (CFI)



Simplot



Incitec Pivot



Sinofert Holdings Limited



International Fertilizer  
Association (IFA)



SQM



International Potash  
Institute (IPI)



The Fertilizer Institute (TFI)



Уралкалий



Vale Fertilizantes S.A.



Fertiliser Association of  
India (FAI)



International Raw  
Materials LTD



Associação Nacional  
para Difusão de Adubos  
(ANDA)



МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ  
ИНСТИТУТ

Восточная Европа и Центральная Азия

125466 Российская Федерация, Москва, ул. Ландышевая, д.12, вл. 17

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*