

Эффективность применения калийных удобрений в Западной Сибири

Якименко В.Н., Носов В.В.

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

Согласно статистическим данным, под урожай 2010 г. сельскохозяйственными предприятиями Сибирского федерального округа было внесено около 6 кг N, 2 кг P₂O₅ и менее 1 кг K₂O на 1 гектар посевной площади (РОССТАТ, 2012). Безусловно, использование парового поля позволяет решить проблему азотного питания растений, но надо иметь в виду, что это может, в конечном итоге, отрицательно сказываться на запасах гумуса в почве. Судя по складывающейся ситуации с применением минеральных удобрений в Сибири, питание растений фосфором и калием в регионе обеспечивается, практически, только за счет почвенных резервов этих элементов. Таким образом, сибирское земледелие в настоящее время функционирует, в основном, за счет использования почвенного плодородия, что в целом представляет собой экстенсивный путь развития. Учитывая необходимость интенсификации агропроизводства в Западно-Сибирском регионе, с одной стороны, и сложившуюся экономическую ситуацию, с другой, вопрос о целесообразности и эф-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Схема опытов включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений), 2) NP, 3) NPK_1 , 4) NPK_2 , 5) NPK_3 , 6) NPK_4 . Азот и фосфор применялись из расчета 100%-ной компенсации выноса данных элементов питания планируемым высоким урожаем, а четыре возрастающие дозы калия вносились из расчета компенсации выноса этого элемента планируемым высоким урожаем, соответственно, на 25, 50, 75 и 100%. В табл. 3 указаны конкретные дозы удобрений под все выращиваемые культуры. Удобрения вносились ежегодно весной перед посевом или высадкой рассады в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Литература

РОССТАТ. 2012. <http://www.gks.ru>

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

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

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

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

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

Как оптимизация калийного питания растений помогает подавить развитие соевой тли

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

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

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

Штат Висконсин, 2001-2002 гг.

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

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



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

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

Штат Висконсин, 2003 г.

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

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