

Авторы выражают благодарность Компании «Мозаик» (The Mosaic Company) за финансовую поддержку исследований. Данная статья – это сокращенная версия научной работы, опубликованной в выпуске *Агрономического Журнала (Agronomy Journal)* за январь-февраль 2013 г.

Г-н Бендер – научный ассистент, Университет штата Иллинойс в Урбане-Шампэйн, г. Урбана, штат Иллинойс, США; e-mail: bender14@illinois.edu. Д-р Хаегеле – научный сотрудник, Университет штата Иллинойс в Урбане-Шампэйн, г. Урбана, штат Иллинойс, США; e-mail: haegele1@illinois.edu.

Д-р Руффо – менеджер по агрономии, Компания «Мозаик» (The Mosaic Company), г. Буэнос-Айрес, Аргентина; e-mail: matias.ruffo@mosaicco.com.

Д-р Белоу – профессор по растениеводству, Университет штата Иллинойс в Урбане-Шампэйн, г. Урбана, штат Иллинойс, США; e-mail: fbelow@illinois.edu.

Литература

- Bruulsema, T.W., P.E. Fixen, and G.D. Sulewski. 2012. *4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, North American Version*. International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.
- Fertilizer and Chemical Usage. 2011. *National Agriculture Statistics Service, United States Department of Agriculture. Illinois Farm Report*. 32:8.
- Fertilizer, Chemical Usage, and Biotechnology Varieties. 2010. *Bulletin As11091, Illinois Agricultural Statistics, National Agriculture Statistics Service, United States Department of Agriculture*.
- Fixen, P.E., T.W. Bruulsema, T.L. Jensen, R.L. Mikkelsen, T.S. Murrell, S.B. Phillips, Q. Rund, and W.M. Stewart. 2010. *Better Crops* 94(4):6-8.
- Hanway, J.J. 1962. *Agron. J.* 54:217-222.
- Hanway, J.J. 1963. *Agron. J.* 55:487-492.
- Karlen, D.L. R.L. Flannery, and E.J. Sadler. 1988. *Agron. J.* 80:232-242.
- Sayre, J.D. 1948. *Physiol. Plant* 23:267-281.

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

Эффективность применения калийных удобрений в Поволжье

Носов В.В., Исмагилов Р.Р.

Обобщены данные по отзывчивости сельскохозяйственных культур на применение калийных удобрений на основных типах почв Приволжского федерального округа. Показано, что внесение калия непосредственно под зерновые культуры эффективно как при низкой и средней обеспеченности почв подвижным калием, так и при более высоких классах обеспеченности.

В данном обзоре обобщаются результаты полевых опытов по изучению эффективности калийных удобрений (хлористого калия), проведенных в разных регионах Приволжского федерального округа (ПФО). Мы использовали наиболее современные данные, чтобы было максимальное соответствие возделываемым в настоящее время сортам и гибридам сельскохозяйственных культур, а также состоянию почвенного плодородия по калию. Применение калийных удобрений в сельхозпредприятиях региона в последние годы составляет около 4 кг K_2O /га посевной площади (РОССТАТ, 2013), то есть земледелие ведется в основном за счет истощения почвенных резервов калия. При этом примерно 1/3 калийных удобрений, применяемых сельхозпредприятиями ПФО, вносится в Республике Татарстан, на которую приходится лишь около 15% посевных площадей округа. Подобный подход, заключающийся в сбалансированном питании сельскохозяйственных культур, позволяет стабильно получать хорошие урожаи и сохранять почвенное плодородие.

Как известно, картофель и сахарная свекла относятся к наиболее калиелюбивым культурам. Например, прибавка урожайности клубней картофеля на черноземе выщелоченном в Республике Башкортостан при средней обеспеченности подвижным

калием достигала 54% за счет внесения 200 кг K_2O /га (Исмагилов и Юсупов, 2008). При этом высокие дозы хлористого калия способствовали повышению содержания крахмала в клубнях – на 0.2-0.3%. В Нижегородской области даже при очень высокой обеспеченности чернозема выщелоченного подвижным калием прибавка урожайности корнеплодов сахарной свеклы в результате внесения 180 кг K_2O /га достигала 26%, а сахаристость возрастала на 1.1% (Тюрникова, 2001). Лен – это тоже калиелюбивая культура, хорошо отзывается на применение калийных удобрений. Так, в вышеуказанном регионе прибавка урожайности льносоломки на светло-серой лесной почве с высокой обеспеченностью подвижным калием достигала 26% при внесении 120 кг K_2O /га (Тюрникова, 2001). Однако в данном обзоре мы обобщили в основном результаты полевых опытов по применению калийных удобрений под зерновые, а также крупяные (гречиха) и кормовые (многолетние травы, кукуруза на силос) культуры, поскольку высокая отдача от внесения калия под картофель, сахарную свеклу и лен достаточно очевидна. Для полевых опытов, в которых изучалось несколько возрастающих доз калийных удобрений, мы включили наиболее оптимальные варианты – с максимальной прибавкой урожайности от калия.

Дерново-подзолистые почвы

Высокая эффективность калийных удобрений наблюдается в нечерноземных регионах, где распространены дерново-подзолистые почвы, особенно супесчаного гранулометрического состава (табл. 1). Они недостаточно обеспечены доступными для растений формами калия. Например, в краткосрочных опытах, проведенных на супесчаных почвах в Пермском крае, урожайность ячменя повышалась на 32% в результате внесения 120 кг K_2O /га (Беляев, 2005). В целом, ячмень хорошо отзывается на применение калийных удобрений по сравнению с дру-

гими зерновыми культурами (Прокошев и Дерюгин, 2000). Обобщение результатов опытов, проведенных в Республике Марий Эл на разных по гранулометрическому составу почвах, также свидетельствует о высокой отдаче при внесении калийных удобрений под ячмень (Алметов и др., 2012). При этом содержание подвижного калия в почвах варьировало от среднего до повышенного уровня. Однако даже на среднесуглинистых почвах с повышенной и высокой обеспеченностью подвижным калием средняя прибавка урожайности ячменя при внесении высокой дозы калия (180 кг K_2O /га) составила 10% (Пасынков, 2002). Указанные краткосрочные опыты прово-

Таблица 1. Эффективность калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах ПФО.

Культура	Гранулометрический состав почвы	Обеспеченность почвы подвижным К (по Кирсанову)	Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка от К, %	Источник
Ячмень			$N_{60}P_{120}$	1.73	-	
			+ K_{60}	2.11	22	
			+ K_{120}	2.28	32	
Овес (с подсев. клевера)	Супесь	Низкая – средняя**	$N_{60}P_{120}$	2.56	-	Беляев, 2005
			+ K_{60}	2.95	15	
			+ K_{120}	3.24	27	
Яровая пшеница			$N_{60}P_{60}$	1.61	-	
			+ K_{60}	1.82	13	
Ячмень	Супесь	Средняя – повышенная	$N_{60}P_{90}$	2.41	-	Алметов и др., 2012
	+ K_{60}		2.81	17		
	Легкий суглинок	$N_{60}P_{90}$	3.39	-		
	+ K_{60}	3.62	7			
	Средний суглинок	Средняя	$N_{60}P_{90}$	2.62	-	
			+ K_{90}	3.19	22	
Ячмень	Средний суглинок	Повышенная – высокая	$N_{60}P_{60}$	3.28	-	Пасынков, 2002
			+ K_{180}	3.60	10	
Озимая рожь	Средний суглинок	Средняя	$N_{47}P_{46}^*$	3.90	-	Башков и Дзюин, 2006
Кукуруза (зеленая масса)			+ K_{46}^*	4.19	7	
			$N_{47}P_{46}^*$	35.8	-	
Яровая пшеница			+ K_{46}^*	36.9	3	
			$N_{47}P_{46}^*$	1.78	-	
Клевер 1 г.п. (сено)			+ K_{46}^*	2.01	13	
			$N_{47}P_{46}^*$	5.67	-	
Клевер 2 г.п. (сено)			+ K_{46}^*	5.80	2	
			$N_{47}P_{46}^*$	6.61	-	
Ячмень			+ K_{46}^*	6.70	1	
			$N_{47}P_{46}^*$	3.69	-	
			+ K_{46}^*	4.27	16	
Клевер 1 г.п. (зеленая масса)	Средний суглинок	Высокая	$N_{30}P_{30}$	59.6	-	Башков и Мясников, 2005
			+ K_{30}	63.6	7	
Ячмень			$N_{60}P_{60}$	3.09	-	
Яровая пшеница			+ K_{90}	3.23	5	
			$N_{60}P_{60}$	2.08	-	
	Тяжелый суглинок	Средняя – повышенная	+ K_{90}	2.05	-1	Алешин, 2011
			$N_{60}P_{60}$	3.51	-	
Овес			+ K_{90}	3.59	2	

* Приведены средние дозы на 1 га севооборотной площади, и урожайность культур усреднена для двух фонов (навоз и навоз + известь).

** Диапазон содержания обменного калия (по методу Масловой): 53-110 мг K_2O /кг почвы.

Таблица 2. Эффективность калийных удобрений на серых лесных почвах ПФО.

Культура	Подтип почвы	Обеспеченность почвы подвижным К (по Чирикову)	Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка от К, %	Источник
Озимая пшеница	Светло-серая лесная	Повышенная	$N_{50} P_{50}^*$	2.99	-	Титова и др., 2005
			$+ K_{50}^*$	3.29	10	
			$N_{50} P_{50}^*$	2.89	-	
Ячмень			$+ K_{50}^*$	3.27	13	
Клевер (сено)			$N_{50} P_{50}^*$	3.34	-	
			$+ K_{50}^*$	3.67	10	
Яровая пшеница	Светло-серая лесная	Высокая	$N_{30} P_{60}^{**}$	2.04	-	Тюрникова, 2001; Тюрникова и др., 2011
			$+ K_{90}^{**}$	2.32	14	
			$+ K_{120}^{**}$	2.44	20	
Яровая пшеница	Серая лесная	Очень высокая	$N_{60} P_{60}$	1.61	-	Гарифуллин и др., 2003
			$+ K_{60}$	1.62	1	
Гречиха	Серая лесная	-	$N_{50} P_{50} K_{20}$	1.57	-	Дашкина и Четечкина, 2010
			$N_{50} P_{50} K_{40}$	1.91	22	

* Приведены средние дозы на 1 га севооборотной площади, и урожайность культур усреднена для двух фонов (без извести и с известью).

** Последствие удобрений, внесенных под предшественник (лен).

дились в Кировской области с разными сортами пи-варенного ячменя.

Интересно проанализировать данные, полученные за 4-ю ротацию зернотравяного севооборота в много-летнем опыте в Удмуртской Республике (Башков и Дзюин, 2006). Почва – среднесуглинистая со средней обеспеченностью подвижным калием. В указанном опыте наблюдалась более высокая отзывчивость яч-меня, а также яровой пшеницы на применение калий-ных удобрений – прибавка урожайности у данных культур составила 13-16%. У озимой ржи, развиваю-щей более мощную и глубоко проникающую корне-вую систему, прибавка урожайности от калия была заметно ниже (7%). Кормовые культуры (клевер на сено и кукуруза на зеленую массу) практически не от-зывались на применение калийных удобрений в дан-ном опыте. В тоже время, при возделывании клевера на зеленую массу на почве с более высоким содержа-нием подвижного калия (однолетний опыт в том же регионе) была получена существенная прибавка уро-жайности от калия (Башков и Мясников, 2005).

В краткосрочных опытах на тяжелосуглинистых почвах Пермского края при средней – повышенной обеспеченности подвижным калием заметная при-бавка урожайности зерна (5%) была получена толь-ко при внесении калия под ячмень по сравнению с другими зерновыми культурами (Алешин, 2011). По-видимому, на таких почвах лучше вносить калийные удобрения под наиболее калиелюбивые культуры в севообороте с учетом последствия на зерновых культурах.

Серые лесные почвы

На серых лесных почвах ПФО в последние годы было проведено сравнительно небольшое количество полевых опытов, где изучалась отзывчивость зерно-вых, крупяных и кормовых культур на применение калийных удобрений. В табл. 2 обобщены результа-

ты многолетнего полевого опыта, который проводил-ся на светло-серой лесной легкосуглинистой почве в Нижегородской области (Титова и др., 2005). Содержа-ние подвижного калия в почве – повышенное. Сле-дует подчеркнуть повышение отдачи от применения калийных удобрений под озимую пшеницу и клевер на известкованном фоне – прибавка урожайности данных культур от калия возрастала соответственно с 8 до 12% и с 8 до 11% по сравнению с неизвестко-ванным фоном. Ячмень в целом лучше отзывался на внесение калия в почву – усредненная для двух фонов прибавка урожайности составила 13%.

При внесении калийных удобрений в запас их доза должна быть достаточной, чтобы обеспечить потреб-ности в калии двух и более культур. Так, оптимизация питания яровой пшеницы калием в краткосрочном полевом опыте, проведенном в вышеуказанном реги-оне также на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, наблюдалась при внесении под предшествен-ник (лен) 120 кг K_2O /га (Тюрникова, 2001). Прибавка урожайности зерна в результате последствия калия составила 20%. При этом почва имела высокое содер-жание подвижного калия.

На серой лесной тяжелосуглинистой почве с очень высокой обеспеченностью подвижным калием яровая пшеница не отзывалась на применение калийных удо-брений (Гарифуллин и др., 2003). Опыты проводились в Республике Башкортостан. В табл. 2 приведена сред-няя урожайность для 2-х изученных глубин вспашки. Однако следует отметить невысокий достигнутый уровень урожайности в данных исследованиях, и, со-ответственно, низкую потребность растений в эле-ментах питания.

Краткосрочные опыты, проведенные на серой лес-ной тяжелосуглинистой почве в Республике Татар-стан, свидетельствуют о высокой отзывчивости гре-чихи на улучшение условий питания растений калием (Дашкина и Четечкина, 2010). Средняя за годы иссле-дований прибавка урожайности от внесения двойной

Таблица 3. Эффективность калийных удобрений на черноземных почвах ПФО.

Культура	Подтип почвы	Обеспеченность почвы подвижным К (по Чирикову)	Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка от К, %	Источник
Яровая пшеница	Чернозем выщелоченный	Повышенная	$N_{150}P_{25}$	2.40	-	IPNI-Башкирский ГАУ, 2011 (неопубл. данные)
			+ K_{28}	3.49	45	
Яровая пшеница	Чернозем выщелоченный	-	$N_{60}P_{60}$	1.67	-	Гарифуллин и др., 2003
			+ K_{60}	1.84	10	
Яровая пшеница	Чернозем выщелоченный	Очень высокая	$N_{90}P_{90}^*$	2.23	-	Тюрникова, 2001; Тюрникова и др., 2011
			+ K_{120}^*	2.49	12	
			+ K_{180}^*	2.70	21	
Гречиха	Чернозем выщелоченный	-	$N_{45}P_{45}$	1.65	-	Нарушева и Юрченко, 2006
			+ K_{30}	1.59	-4	
Озимая пшеница	Чернозем типичный	Высокая	$N_{60}P_{60}$	3.24	-	Несмеянова и др., 2008
			+ K_{30}	3.37	4	
Ячмень			+ K_{60}	3.46	7	
			$N_{60}P_{60}$	2.41	-	
			+ K_{30}	2.57	7	
Озимая пшеница			$N_{70}P_{70}^{**}$	3.99	-	
			+ K_{35}^{**}	4.11	3	
Яровая пшеница	Чернозем обыкновенный	Высокая***	$N_{70}P_{70}^{**}$	2.14	-	Чичкин, 2003
			+ K_{35}^{**}	2.21	3	
Кукуруза (зерно)			$N_{70}P_{70}^{**}$	3.84	-	
			+ K_{35}^{**}	3.87	1	
Ячмень			$N_{70}P_{70}^{**}$	2.70	-	
			+ K_{35}^{**}	2.91	8	

* Последствие удобрений, внесенных под предшественник (сахарная свекла).

** Приведены средние дозы на 1 га севооборотной площади.

*** Определялось содержание обменного К (по методу Масловой).

дозы калия (40 кг K_2O /га) составила 22% по сравнению с одинарной дозой.

Черноземы

В целом, выявляется снижение отдачи от применения калийных удобрений под зерновые культуры от черноземов выщелоченных к черноземам обыкновенным (табл. 3). Очень высокая прибавка урожайности яровой пшеницы от калия (45%) была получена в однолетнем опыте, проведенном в Республике Башкортостан на черноземе выщелоченном с повышенным содержанием подвижного калия (IPNI-Башкирский ГАУ, 2011: неопубл. данные). В то же время содержание обменного калия (по Масловой) было низким. По-видимому, стандартный метод анализа на содержание подвижного калия не позволил адекватно охарактеризовать обеспеченность почвы доступным для растений калием. В других краткосрочных опытах, которые проводились на черноземах выщелоченных в том же регионе, прибавка урожайности яровой пшеницы от калия составила 10% в среднем для 3-х изученных глубин вспашки (Гарифуллин и др., 2003).

Краткосрочный опыт по изучению внесения калийных удобрений в запас, проведенный в Нижегородской области на черноземе выщелоченном с очень высокой обеспеченностью подвижным калием, показал, что оптимизация питания яровой пшени-

цы калием наблюдается при внесении 180 кг K_2O /га под такой калиелюбивый предшественник, как сахарная свекла (Тюрникова, 2001). Прибавка урожайности зерна при этом достигала 21%.

Внесение хлористого калия весной под предпосевную культивацию вызвало снижение урожайности гречихи (Нарушева и Юрченко, 2006). Указанные краткосрочные опыты проводились в Саратовской области на черноземе выщелоченном. Гречиха чувствительна к хлору, поэтому хлорсодержащие калийные удобрения под эту культуру необходимо вносить с осени для вымывания хлора за пределы корнеобитаемого слоя почвы к началу вегетационного сезона (Прокошев и Дерюгин, 2000).

Согласно результатам, полученным в стационарном опыте на черноземе типичном с высокой обеспеченностью подвижным калием, прибавка урожайности озимой пшеницы от калия (60 кг K_2O /га) составила 7% в среднем за три года исследований (Несмеянова и др., 2008). Исследования проводились в зернопаропропашном севообороте в Самарской области. Аналогичная отзывчивость на калийные удобрения в среднем за 3 ротации севооборота наблюдалась и у ячменя, но при внесении вдвое меньшей дозы калия (Несмеянова и др., 2010).

В том же регионе на черноземе обыкновенном с исходной высокой обеспеченностью обменным калием существенная отдача от калия наблюдалась на ячме-

не по сравнению с другими зерновыми культурами (Чичкин, 2003). Это следует из анализа усредненных данных за 3 ротации зернопаропропашного севооборота. По данным того же автора, урожайность зерна кукурузы в стационарных опытах возрастала за счет внесения калия в среднем на 2% в условиях без орошения и на 10% – при орошении (Чичкин, 1997). Обеспеченность обыкновенных черноземов обменным калием была повышенной. При выращивании озимой и яровой пшеницы наблюдалось обратное – прибавка урожайности от калия составила 3-7% в условиях без орошения и 2-3% – при орошении. В той же работе отмечено заметное последствие калийных удобрений на люцерне (при орошении). Внесение калия под предшественник люцерны повышало урожайность сена в среднем на 11%.

Необходимо отметить, что при недостаточной обеспеченности почвы доступным для растений калием применение калийных удобрений позволяет повысить устойчивость растений к засушливым условиям, которые часто наблюдаются в степном Поволжье. В этой связи показательны многолетние исследования, проведенные на черноземах южных Саратовской области (Чуб, 1986). При средней обеспеченности почв подвижным калием (по Мачигину) внесение калия повышало урожайность яровой пшеницы во влажные годы в среднем на 5%, а в засушливые – на 9%. На почвах с повышенным содержанием подвижного калия такой разницы не наблюдалось – прибавка урожайности и во влажные, и в засушливые годы составила 5%.

Заключение

Хорошая отдача от применения калийных удобрений под зерновые культуры в ПФО наблюдается не только при низкой и средней обеспеченности дерново-подзолистых и серых лесных почв, а также черноземов выщелоченных и типичных подвижным калием (согласно общепринятым методам анализа), но и при более высоких классах обеспеченности. При выращивании зерновых культур на тяжелосуглинистых дерново-подзолистых и серых лесных почвах, а также на черноземах обыкновенных и южных лучше вносить калийные удобрения под наиболее калиелюбивые культуры в севообороте с учетом последствия калия.

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

Исмагилов Р.Р. – заведующий кафедрой растениеводства, кормопроизводства и плодоовощеводства Башкирского ГАУ, профессор, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: istmagilovr_bsau@mail.ru.

Литература

РОССТАТ. 2013. <http://www.gks.ru>

Тюрникова Е.Г. 2001. Влияние калийных удобрений на продуктивность льна и сахарной свеклы в условиях Волго-Вятского

региона. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва-Немчиновка. 24 с.

Исмагилов Р.Р. и Юсупов А.Ш. 2008. Сорта и удобрения в технологии производства клубней картофеля для переработки. Коняевские чтения. Екатеринбург: Уральская ГСХА. С. 126-129.

Беляев Г.Н. 2005. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность. Пермь: Перм. кн. изд-во. 304 с.

Прокошев В.В. и Дерюгин И.П. 2000. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум. 185 с.

Алметов Н.С., Чернова Л.С. и Завалин А.А. 2012. Плодородие, 3: 2-4.

Пасынков А.В. 2002. Агротехника, 7: 25-31.

Башков А.С. и Дзюин А.Г. 2006. Урожайность культур севооборота на дерново-подзолистой почве при длительном применении удобрений. В кн.: Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве. Ижевск: Ижевская ГСХА. Т. 1. С. 16-20.

Башков А.С. и Мясников Е.А. 2005. Влияние удобрений на урожайность клевера красного на дерново-подзолистых почвах. В кн.: Адаптивные технологии в растениеводстве. Ижевск: Ижевская ГСХА. С. 65-68.

Алешин М.А. 2011. Эффективность использования калия хлористого электролитного при возделывании пропашных и яровых зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Предуралья. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пермь. 20 с.

Титова В.И., Варламова Л.Д. и Тюрникова Е.Г. 2005. Нижегородский аграрный журнал, 6 (32): 18-20.

Тюрникова Е.Г., Титова В.И., Ренжина Е.П. и Шафронов О.Д. 2011. Агротехнический вестник, 2: 10-12.

Гарифуллин Ф.Ш., Акбаров Р.А. и Аллаяров Р.Ф. 2003. Эффективность удобрений на фонах различных способов основной обработки. В кн.: Роль средств химизации в повышении продуктивности агроэкосистем. Уфа: Башкирский ГАУ. С. 109-111.

Дашкина Р.Р. и Четчикова Н.В. 2010. Влияние калийных удобрений на рост и развитие гречихи в условиях ООО «Племдело» Тетюшского района Республики Татарстан. В кн.: Актуальные вопросы агрономической науки в современных условиях. М.: РГАЗУ. С. 27-29.

Несмеянова Н.И., Гайнуллин Ф.М. и Казаков В.А. 2008. Известия Самарской ГСХА, 4: 27-29.

Несмеянова Н.И., Калашиник Г.И. и Санин А.А. 2010. Влияние длительного систематического внесения удобрений на урожайность и качество зерна ячменя. В кн.: Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА. С. 228-230.

Чичкин А.П. 2003. Агроэкологические проблемы применения удобрений и воспроизводства плодородия почв в Среднем Поволжье. В кн.: Научные основы адаптивных систем земледелия в степных районах Среднего Поволжья. Самара: Изд-во «НТЦ». С. 209-225.

Чичкин А.П. 1997. Факторы эффективности калийных удобрений в Самарском Поволжье. В кн.: Проблемы земледелия Среднего Поволжья. Самара: Самарский НИИСХ. С. 110-112.

Чуб М.П. 1986. Определение потребности яровой пшеницы в удобрениях в зависимости от погодных факторов и содержания в почве подвижных элементов питания. В кн.: Эффективность удобрений и повышение плодородия почв в засушливом Поволжье. Саратов: НИИСХ Юго-Востока. С. 4-19.