

ones resistant to 2,4-D and 2M-4X weed plant species – *Elytrigia repens*, *Tripleurospermum inodora*, *Poligonum spp.*, *Galeopsis spp.*, *Viola spp.*, *Sonchus arvensis*, *Cirsium arvensis*, *Artemisia spp.*, *Taraxacum spp.*, *Melandrium album*, *Poligonum spp.*, *Stellaria media*, *Myosotis arvensis*, *Spergula sativa*, *Poa annua*, *Apera spica-venti*, *Galium aparine*, *Artemisia vulgare* etc., for the perspective coming the increase of windfallen rape, *Avena fatua*, *Papaver rhoeas*, *Echinochloa crusgalli* infestation is forecasted.

ВЕСЦІ НАЦЫЯНАЛЬНАЙ АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ № 2 2011
СЕРЫЯ АГРАРНЫХ НАВУК

УДК:633.1:631.5:631.83

Ф. И. ПРИВАЛОВ¹, И. Г. БРУЙ¹, Л. И. БЕЛЯВСКАЯ¹, Н. В. ШУЛЬГА²

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ ФОРМ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

²Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 27.10.2010)

Введение. Зерно является важнейшим ресурсом для получения продуктов питания человека и кормов животных. Оно занимает ведущее место в продовольственном фонде мира и в общем объеме продукции растениеводства многих стран составляет более 60% [1]. Объем запасов зерна, остающихся на хранении до следующего урожая, и уровень его производства на душу населения являются основными показателями международной продовольственной безопасности. Негативные тенденции последних лет (рост цен и использование зерна странами-производителями в качестве сырья для получения биотоплива) требуют наращивания собственного зерна, в первую очередь за счет интенсификации земледелия [2].

В решении вопроса валовых сборов, урожайности зерновых культур и улучшения качества продукции важное значение имеет обеспечение растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. При постоянно растущем уровне внесения азота и фосфора в почву роль микроэлементов в обеспечении сбалансированного питания растений заметно возрастает. Их агрохимическое и физиологическое значение многогранно. Являясь составной частью ферментов-катализаторов биологической природы, микроэлементы играют важнейшую роль в регуляции функций клеточного организма и борьбе с грибными и бактериальными болезнями [3].

Геологические особенности формирования кислых дерново-подзолистых и торфяно-болотных почв Беларуси в условиях прохладного влажного климата и медленного накопления органического вещества способствовали вымыванию или, напротив, жесткой фиксации в почве важнейших микроэлементов, дефицит которых подавляет жизнедеятельность растений. Большинство почв северо-западного региона (Беларусь, Литва, Латвия, Эстония) слабо обеспечены доступной медью, марганцем, цинком, бором и молибденом [4].

В последнее время в Беларуси отмечена тенденция к снижению запасов подвижных форм микроэлементов в большинстве почв. Подвижность важнейших биогенных металлов дополнительно снижается при известковании [3].

На сегодняшний день не существует готового ответа на вопрос: в каком количестве и как следует применять те или иные микроудобрения для максимальной отдачи с целью минимизации ущерба, который наносит окружающей среде интенсивное земледелие. В странах Евросоюза норма внесения удобрений жестко регламентирована: количество питательных веществ, внесенных с минеральными и органическими удобрениями не должно превышать их вынос с урожаем [5].

Внесение микроудобрений в почву вместе с макроудобрениями до посева в регионах, близких по почвенно-климатическим условиям к Беларуси, считается эффективным и экономически обоснованным [6].

Чаще всего при получении сложных удобрений микроэлементы добавляют в фосфорные удобрения на стадии их производства (борнитроаммофоска, марганцевый суперфосфат и др) [7]. В этом случае внесение соединений бора и молибдена в фосфатную пульпу является вполне оправданным приемом: борат- и молибдат-ионы при контакте с фосфатами своей активности не теряют. Что касается биогенных катионов (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+}), то при нейтрализации кислой фосфорной пульпы они переходят в водонерастворимую форму, что сказывается на их биологической доступности [8, 9].

Биогенные металлы, по нашему мнению, целесообразнее сочетать с макроудобрением, не вызывающим их химического осаждения. С нашей точки зрения, как оптимальный вариант можно рассматривать хлористый калий, производимый в Беларуси в достаточном количестве. Включение в состав гранул хлористого калия микродобавок в количествах, сопоставимых с биологической потребностью растений, сводит к минимуму эффект локальной передозировки микроудобрения и снижает нагрузку на окружающую среду при сохранении высокой подвижности биогенных катионов.

По заказу ПО «Беларуськалий» Институтом общей и неорганической химии НАН Беларуси были разработаны два вида калийных удобрений: Калимик А и Калимик Б, отличающиеся между собой природой микродобавки, ее количеством и характером распределения микроэлементов (медь, марганец, цинк) в грануле макроудобрения, который зависит от технологии внесения добавки (ТУ ВУ 600122610.012–2009): в кек прессования или на поверхность готовых гранул КС1 [10].

Цель настоящих исследований – изучение влияния новых видов калийных удобрений Калимик А и Калимик Б на урожайность зерновых колосовых культур.

Материалы и методы исследования. Полевые опыты закладывали в 2008–2009 гг. на полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой легкосуглинистой, хорошо окультуренной, слабо оподзоленной почве, развивающейся на легком песчаном суглинке. Пахотный горизонт характеризуется следующими агрохимическими показателями: $\text{pH}_{\text{КС1}}$ 5,9–6,1, содержание гумуса – от 2,2 до 2,4%, подвижного фосфора и калия – 341 и 266 мг/кг почвы, меди (1М НС1) – 2,3, марганца (1М НС1) – 142,5, цинка (1М НС1) – 6,0 мг/кг почвы.

Опыт проводили на яровом ячмене сорта Дзівосны, яровой пшенице сорта Рассвет, озимой тритикале сорта Михась и озимой пшенице сорта Сюита в соответствии с методикой полевого опыта [11, 12]. Повторность 4-кратная, площадь делянки 54 м², учетная площадь – 19,8 м².

Агротехника возделывания зерновых культур соответствовала требованиям отраслевого регламента. Общим фоном под озимые зерновые культуры вносили $\text{N}_{120}\text{P}_{60}$ (под ячмень – $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$). Эталонном сравнения служил стандартный гранулированный хлористый калий внесенный, как и изучаемые удобрения, в расчете 120 кг/га по д.в. (эталон). Расчеты показали, что при норме внесения в почву 120 кг K_2O на га, калийное удобрение Калимик, в зависимости от состава, обеспечивает от 50 до 100% биологической потребности зерновых колосовых культур в важнейших биогенных металлах.

Метеорологические условия в 2008 г. сложились благоприятно для возделывания зерновых культур. Сумма эффективных температур и количество атмосферных осадков за период вегетации находились на уровне среднеголетних значений. Вегетационный период 2009 г. характеризовался резкой сменой влагообеспеченности. Благополучная перезимовка озимых сменилась недостатком влаги во время весеннего кущения и начала трубкования – периода закладки стеблестоя и репродуктивных органов растений. Дожди в июне–июле (2,5 нормы) привели к избыточному переувлажнению почвы, вызвавшему раннее отмирание корневой системы, интенсивное развитие и распространение листовых болезней, снижение устойчивости к полеганию и замедление темпов налива зерна и формирования массы 1000 зерен. Различные погодные условия в годы исследования позволили выявить влияние микроэлементов, внесенных с гранулами калийного удобрения, на повышение общей устойчивости растений и урожайности, в меняющихся условиях онтогенеза.

Результаты и их обсуждение.

Т а б л и ц а 1. Влияние новых форм калийных удобрений на урожайность ярового ячменя сорта Дзівосны и яровой пшеницы сорта Рассвет

Вариант опыта	Ячмень яровой			Пшеница яровая		
	2008 г.*	2009 г.**	среднее	2008 г.*	2009 г.**	среднее
I. Контроль (фон)	43,5	48,2	45,8	37,3	38,3	37,8
II. Фон + Калий хлористый (эталон)	46,8	54,2	50,5	41,1	43,1	42,1
III. Фон + Калимик А	49,7	59,2	54,4	42,6	47,5	45,0
IV. Фон + Калимик Б	48,1			42,2	45,1	43,6
<i>HCP</i> ₀₅	2,1	3,82		1,2	4,01	

* Облагораживание гранул калийного удобрения.

** Введение микродобавок в кек прессования.

Яровые зерновые культуры. В условиях полевых исследований 2008–2009 гг. установлено, что калийные удобрения как в чистом виде, так и содержащие микроэлементы достоверно повышали урожайность ярового ячменя на 4,7–8,6 ц/га, яровой пшеницы – на 4,3–7,2 ц/га по сравнению с контролем (табл. 1).

В среднем за два года испытаний лучшие результаты получены при использовании удобрения Калимик А. По отношению к эталону масса дополнительной продукции составила 3,9 ц/га ярового ячменя и 2,9 ц/га зерна яровой пшеницы.

Несколько слабее эффективность микроэлементов в калийном удобрении Калимик Б. Отклонение урожайности ярового ячменя и яровой пшеницы относительно эталона колебалось в пределах ошибки опыта и составляло 1,1–2,0 ц зерна с 1га.

Результаты исследований показали, что при выращивании яровых зерновых культур большую прибавку урожая дает удобрение с микродобавками, внесенными в кек прессования. Можно предположить, что при нанесении микроэлементов на поверхность готовых гранул из-за высокой активности процессов жизнедеятельности в почве в весенне-летний период (высокая температура, дожди, активная почвенная жизнедеятельность и т. д.) часть внесенных микроэлементов теряется (вымывается, перехватывается микроорганизмами и сорняками и т. д.). При возделывании озимых в период осеннего роста и развития растений влияние указанных факторов заметно снижается.

Анализ морфоструктурных показателей ярового ячменя показывает, что влияние калийных удобрений на элементы продуктивности отличается по годам исследований. Так, если в 2008 г. увеличение урожайности при внесении калийных удобрений получено за счет роста продуктивности колоса (числа зерен в колосе и массы 1000 зерен), то в 2009 г. – за счет повышения плотности продуктивного стеблестоя на 23–29% (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Влияние новых форм калийных удобрений на морфоструктурные показатели ярового ячменя сорта Дзівосны

Вариант опыта	2008 г.	2009 г.	Среднее	2008 г.	2009 г.	Среднее
<i>Число зерен в колосе, шт.</i>				<i>Масса 1000 зерен, г</i>		
I	21,3	16,8	19,0	55,3	49,6	52,4
II	22,9	17,6	20,2	57,4	49,7	53,6
III	22,4	16,2	19,3	59,1	49,3	54,2
IV	23,1	–	–	58,6	–	–
<i>HCP</i> ₀₅	0,67	<i>Недост.</i>		1,52	0,93	
<i>Число колосьев, шт/м²</i>				<i>Масса зерна с колоса, г</i>		
I	390	572	481	1,18	0,83	1,0
II	385	707	546	1,31	0,87	1,0
III	404	739	572	1,32	0,80	1,1
IV	396	–	–	1,35	–	–

<i>НСР₀₅</i>	<i>Недост.</i>	58				
-------------------------	----------------	----	--	--	--	--

Изменения морфоструктурных показателей яровой пшеницы несколько стабильнее по годам. Отклонения по плотности продуктивного стеблестоя в зависимости от вида калийного удобрения отличались незначительно в 2008–2009 гг., что можно связать с более низким куцением яровой пшеницы вообще.

Рост урожайности яровой пшеницы под влиянием новых калийных удобрений получен за счет увеличения озерненности колоса на 9,1–11,3% и массы 1000 зерен на 2,9–3,5% (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Влияние новых форм калийных удобрений на морфоструктурные показатели яровой пшеницы сорта Рассвет

Вариант опыта	Число зерен в колосе, шт.			Масса 1000 зерен, г		
	2008 г.	2009 г.	среднее	2008 г.	2009 г.	среднее
I	35,5	32,6	34,0	41,2	33,4	37,3
II	38,8	31,3	35,0	42,6	34,3	38,4
III	40,1	34,2	37,2	43,2	33,6	38,4
IV	41,7	34,1	37,9	44,0	33,3	38,6
<i>НСР₀₅</i>	<i>Недост.</i>	<i>Недост.</i>		0,75	0,81	

Озимые зерновые культуры. Под озимые зерновые культуры вносили удобрения Калимик А и Калимик Б, полученные по технологии облагораживания готовых гранул калийного удобрения. Применение калийного удобрения Калимик А в дозе K_{120} обеспечило дополнительно 7,9 ц/га зерна озимой тритикале и 8,7 ц/га озимой пшеницы по сравнению с контролем. Превышение над стандартом (вариант I) составило 4,4 ц/га (озимая тритикале) и 4,1 ц/га (озимая пшеница) (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Влияние новых форм калийных удобрений на урожайность и морфоструктурные показатели озимой тритикале и озимой пшеницы, 2009 г.

Вариант опыта	Число колосьев, шт/м ²	Число зерен, шт/колос	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га*
<i>Озимая тритикале сорта Михась</i>						
I. Фон $P_{60}N_{120}$ (контроль)	446	40,6	41,3	1,68	71,7	
II. Фон + Калий хлористый (эталон)	458	41,6	40,9	1,69	75,2	3,5
III. Фон + Калимик А	452	45,4	41,3	1,88	79,6	<u>7,9</u> 4,4
IV. Фон + Калимик Б	445	45,6	41,0	1,87	77,2	<u>5,5</u> 2,0
<i>НСР₀₅</i>	<i>Недост.</i>	3,21	0,61		3,92	
<i>Озимая пшеница сорта Сюита</i>						
I. Фон $P_{60}N_{120}$ (контроль)	440	32,4	44,9	1,45	60,6	
II. Фон + Калий хлористый (эталон)	468	31,8	46,0	1,46	65,2	4,6
III. Фон + Калимик А	493	32,9	46,4	1,53	69,3	<u>8,7</u> 4,1
IV. Фон + Калимик Б	511	31,8	44,7	1,42	69,2	<u>8,6</u> 4,0
<i>НСР₀₅</i>	32	<i>Недост.</i>	0,61		3,68	

* Над чертой – прибавка к контролю, под чертой – прибавка к эталону.

В опыте с озимой тритикале при равной со стандартом плотности продуктивного стеблестоя в III варианте сформировалось большее (на 9%) число зерен в колосе, увеличившее один из показателей триады урожайности – массу зерна с колоса до 11%, при этом масса 1000 зерен остава-

лась на одном уровне. На озимой пшенице эффективность микроэлементов в удобрении Калимик А выразилась в тенденции роста продуктивного стеблестоя, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен, обеспечивших достоверный рост урожайности культуры на 4,1 ц/га (табл. 4).

Эффективность калийного удобрения Калимик Б была на уровне эффективности удобрения Калимик А на озимой пшенице и несколько ниже (на 2,4 ц/га) на озимой тритикале, возможно, это связано с биологическими особенностями культур.

Введение в калийное удобрение микроэлементов (Калимик Б) позволило достоверно повысить урожайность озимой пшеницы на 4,0 ц/га. На озимой тритикале получена недостоверная прибавка зерна 2,0 ц/га. Однако наблюдалось достоверно большее количество (9,7%) числа зерен в колосе, тогда как на озимой пшенице этот показатель изменялся по вариантам опыта незначительно, а рост урожайности происходил за счет большей (на 17,7%) по сравнению с эталоном плотности продуктивного стеблестоя.

Полевые испытания показали высокую эффективность всех видов калийных удобрений в условиях проведения исследований в 2008–2009 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве. Подобные результаты получены и в других исследованиях [13, 14].

Известно, что зерновые культуры характеризуются высокой отзывчивостью на применение микроудобрений, поэтому их внесение является обязательным приемом в системе интенсивных технологий, который обеспечивает повышение урожайности и качества зерна [15, 16], однако следует учитывать влияние способа внесения микроудобрений на эффективность их действия. Так, раздельное внесение макро- и микроэлементов требует использования избыточного количества микроудобрений по сравнению с биологической потребностью растений. Это приводит к неравномерному распределению элементов питания в почве и их локальной передозировке [6]. Использование же технологии «балк-блендинг» (механическое смешение макро- и микроудобрений) также не позволяет решить проблему локальной передозировки из-за эффекта сегрегации. Наиболее оптимальным является, исходя из опытов, включение микроэлементов в гранулы макроудобрения, при обязательном учете химических свойств смешиваемых компонентов и возможный эффект антагонизма у элементов питания, имеющих сходную химическую природу (например, антагонизм меди и цинка).

В наших полевых опытах внесение микроэлементов в почву с калийными удобрениями обеспечило положительный результат, а объем дополнительной продукции в зависимости от культуры и года исследований составил от 1,5 до 4,4 ц/га.

В 2009 г. для сельскохозяйственных предприятий республики ПО «Беларуськалий» налажено производство удобрения Калимик А. Проведенная производственная проверка эффективности этого удобрения по сравнению со стандартным хлористым калием подтвердила его эффективность. Так, использование нового удобрения на полях СПК «Шипяны-Агро» Смолевичского района Минской области позволило получить дополнительно 2,5 ц/га ярового ячменя и 1,2 ц/га яровой пшеницы на фоне невысокого уровня интенсификации. На высокоинтенсивном фоне технологий возделывания зерновых культур в СПК «Остромечево» Брестского района было получено дополнительно, по сравнению со стандартным хлористым калием, 3,6 и 1,7 ц/га ярового ячменя и яровой тритикале соответственно.

Заключение. Таким образом, новые формы калийных удобрений Калимик А и Калимик Б с добавками микроэлементов (марганец, цинк, медь) оказывают положительное влияние на рост и развитие растений, что сказывается на повышении урожайности (на 1,5–4,4 ц/га) по сравнению со стандартным хлористым калием.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности производства и дальнейшего использования в растениеводстве калийных удобрений, содержащих добавки важнейших биогенных металлов.

Литература

1. Ш п а а р, Д. Зерновые культур / Д. Шпаар. – Минск: ФУ Аинформ, 200. – 421 с.

2. Алейнов, Д. П. Биотопливо – альтернатива нефти и новый крупный потребитель производства дизельного биотоплива / Д. П. Алейнов // Химия и бизнес. – 2007. – №7–8. – С. 26–29.
3. Кабата – Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас // Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Анспок, П. И. Микроудобрения: справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / П. И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, ЛО, 1990. – 272 с.
5. Алейнов, Д. П. А нужны ли нам удобрения? / Д. П. Алейнов // Химическая промышленность сегодня. – 2007. – № 12. – С. 6–13.
6. Эффективность различных способов применения микроудобрений по почвенно-климатическим зонам / А. Н. Аристархов [и др.] / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tsinao/chat/ru/30let/25/html>. – Дата доступа: 25.12.2010.
7. Минеральные удобрения с микроэлементами / Б. В. Федюшкин [и др.] // Минеральные удобрения с микроэлементами. – Л.: Химия, 1989. – 271 с.
8. Технология гранулированного суперфосфата с добавками молибдена и цинка. / Б. Ф. Федюшкин [и др.] // Химическая промышленность. – 1989. – № 10. – С. 26–27.
9. Федюшкин, Б. Ф. Создание новой подотрасли туковой промышленности – производства минеральных удобрений с микроэлементами / Б. Ф. Федюшкин, К. Н. Овчинникова // Химическая промышленность. – 1989. – № 11. – С. 27–32.
10. Дополнение к каталогу пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в республике Беларусь. – Минск: Муфлон, 2009. – С. 20.
11. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами / под ред. А. В. Соколова. – М.: Наука, 1967. – 183 с.
12. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
13. Богдевич, И. М. Эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности почвы подвижными фосфатами / И. М. Богдевич, В. А. Дроздовская // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 3(37). – С. 70–77.
14. Лапа, В. В. Использование удобрений и баланс азота, фосфора и калия в почвах пахотных земель Беларуси / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2(39). – С. 67–72.
15. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / М. И. Рак [и др.] – Минск, 2006. – 26 с.
16. Яковлева, В. А. Микроудобрения / В. В. Яковлева, Т. А. Данилова // Микроудобрения. – М.: Россельхозиздат, 1965. – 45 с.

F. I. PRIVALOV, I. G. BROUY, L. I. BELJAVSKAJA, N. V. SHOULGA

EFFICIENCY OF NEW FORMS OF POTASSIUM FERTILIZERS AT CEREAL CROPS CULTIVATION

Summary

The article presents the results of a field experiment with new forms of potassium fertilizers containing micro additives. It's established that potassium fertilizers with micro additives (manganese, zinc, copper) have a positive influence on the growth and development of plants that increases the yield of spring and winter cereal crops.