

23. Рак, М.В. Агрохимический способ обогащения селеном зерна яровой пшеницы и сена тимopheевки луговой / М.В. Рак, Г.М. Сафроновская, Н.И. Арсенова // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №(3). – С.196-201.

## INFLUENCE OF Se-FERTILIZERS AND LEVELS ACIDITY OF LUVISOL LIGHT LOAMY SOIL ON PRODUCTIVITY OF LONG-TERM CEREAL GRASS AND ACCUMULATION IN THEM Se

S.E. Golovatyj, Z.S. Kovalevitch, N.K. Lukashenko, I.A. Efimova

### Summary

Results of field experiences on influence of Se-fertilizers on efficiency of grass and accumulation Se in them Se is given. In the first year of use of grass the authentic increase of a crop of hay of grass from entering of Se in soil are presented.

In the first year of entering Se in a doze 100 r/ra the contents it in hay *Dactylis glomerata* L. has increased in 4,7-5,5 times, in hay *Festuca pratensis* Huds. – in 4,6-8,2 times, in hay *Phleum pretense* L. – in 5,8-6,5 times and has made 117,5-209,8 mkg/kg. At a doze of entering Se 300 r/ra the contents of Se in plants of *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. And *Phleum pretense* L. has increased in son with background in 12,9; 19,8; 12,7 times (pH 6,0) and in 10,8; 13,4 and 10,7 times (pH 6,7) also have made 340,2-456,1 mkg/kg.

At unitary entering into ground  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  in a doze 300 r Se/ra before sowing of plants on luvisol light loamy soil to ground the contents Se in hay *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., and *Phleum* at a level optimum for forages is provided during the two-years vegetation.

Поступила 16 ноября 2009 г.

УДК 631.559:633.112.9:631.445.2

## ВЛИЯНИЕ КАЛИПЛАНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОТРЕБЛЕНИЕ КАЛИЯ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова  
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

В состав бактериального удобрения Калиплант входит природный штамм слизеобразующих бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д [1], которые оказывают разностороннее положительное влияние на инокулированные растения. При внесении Калипланта отмечается стимуляция развития корневой системы растений за счет продукции фитогормонов [2, 3] и улучшение минерального питания [4, 6, 7]. При дефиците доступного калия в почве *B. circulans* мобилизуют его из калийсодержащих алюмосиликатов [4, 5]. Установлена также способность штамма к мобилизации фосфора из нерастворимых трехзамещенных ортофос-

фатов кальция [2]. Наличие разных приспособительных механизмов у *B. circulans* способствует их адаптации и приживаемости в конкурентных условиях ризосферы и определяет их способность оказывать комплексное положительное воздействие на режим питания инокулированных растений, что в результате приводит к повышению их урожайности и качества.

К настоящему времени некоторые аспекты микробной мобилизации калия достаточно исследованы. Рассмотрены возможные механизмы микробной трансформации калийсодержащих минералов почвы [8], преобразование минералов под действием метаболитов микроорганизмов [9], участие разных микроорганизмов в растворении силикатных минералов [10-11]. Однако, несмотря на имеющиеся достижения в области изучения микробной мобилизации калия многие аспекты этой проблемы до сих пор изучены недостаточно.

Одним из наиболее ценных свойств бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д является их способность к мобилизации труднодоступных форм почвенного калия [4, 5]. Использование Калипланта в условиях дефицита подвижного калия способствует повышению доступности его почвенных запасов. Опыт наших исследований показывают также, что и при достаточной обеспеченности почвы подвижными формами калия применение Калипланта эффективно и при определенных условиях активизирует потребление водорастворимого, обменного и необменного калия инокулированными растениями. Однако к настоящему времени такие исследования проведены только на посевах зернобобовой культуры – гороха посевного [7]. Практически не изучено влияние Калипланта на потребление калия зерновыми культурами.

Цель исследований – установить влияние Калипланта на урожайность озимого тритикале и потребление разных по степени подвижности форм калия в дерново-подзолистой супесчаной почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния Калипланта на урожайность и содержание разных форм калия в почве на посевах озимого тритикале проведены в стационарном полевом опыте в СПК «Хотляны» (Узденский р-н, Минская обл.). Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной. Агрохимические свойства пахотного слоя: рН (KCl) 6,0-6,2, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 300-350 мг/кг, гумуса 2,64-2,71%, обменного кальция (CaO) 800-850 мг/кг, обменного магния (MgO) 140-150 мг/кг. В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы калием. Содержание подвижного калия в годы исследований составило: первый уровень – 84-94, второй – 126-146, третий – 144-164 и четвертый – 201 мг/кг  $K_2O$ . В 2006-2007 гг. возделывали озимое тритикале Сокол, в 2008-2009 гг. – озимое тритикале Вольтарио. Под кукурузу внесен навоз – 60 т/га. Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от возделываемой культуры. Доза фосфорных удобрений 30 кг/га ( $P_2O_5$ ). В 2007 г. и 2009 г. исследования проведены на контроле без удобрений и на фоне внесения  $N_{120}P_{60}$  под озимую тритикале. Общая площадь делянок – 45 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 24 м<sup>2</sup>. Для обработки посевов использовали жидкую препаративную форму бактериального удобрения Калиплант.

Содержание водорастворимого калия в почве определяли в водной вытяжке, обменного – в 1н ацетате аммония по Масловой и необменного калия – в 2 н со-



ляной кислоте по Пчелкину [12, 13]. Почвенные образцы для исследований отбирали после уборки урожая озимого тритикале.

Вегетационный период 2006-2007 гг. характеризовался относительным дефицитом осадков, ГТК составил 1,06. Наиболее неблагоприятные условия для развития озимого тритикале сложились в апреле и июне. По сравнению со средне-многолетними наблюдениями количество осадков было ниже на 30 мм, а среднесуточная температура воздуха была выше на 1-2°. Агрометеорологические условия 2008-2009 гг. характеризовались повышенной температурой воздуха в апреле и значительным увеличением количества осадков в мае-июле по сравнению со средними многолетними. В июне 2009 г. количество осадков превысило норму в 3,3 раза. ГТК вегетационного периода характеризовался значительными различиями по месяцам: в мае ГТК составил 0,9, в июне – 4,3, в июле – 3,4.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что применение бактериального удобрения Калиплант эффективно при разной обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы подвижными формами калия. На всех изученных уровнях содержания подвижного калия в почве прибавки урожайности от Калипланта были статистически достоверны. Наибольшее положительное влияние Калипланта на урожайность озимого тритикале отмечено на фоне внесения азотных и фосфорных удобрений в дозах  $N_{150}P_{60}$  при обеспеченности почвы подвижным калием в пределах 84-164 мг/кг  $K_2O$ . Прибавки урожайности зерна на первом, втором и третьем уровнях составили 7,7, 4,9 и 3,4 ц/га соответственно в 2007 г. и 5,9, 5,3 и 3,8 ц/га соответственно в 2009 г. (табл. 1, 2). При увеличении содержания подвижного калия в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве до 201 мг/кг  $K_2O$  эффект от применения Калипланта снижался, уровень прибавок урожайности тритикале составил 2,7 ц/га в 2007 г. и 3,4 ц/га зерна в 2009г. (табл. 1, 2). Таким образом, наиболее высокая эффективность бактериального удобрения на основе калиймобилизующих бактерий установлена при относительном дефиците подвижного калия в почве (84-164 мг/кг  $K_2O$ ). Однако тот факт, что и при достаточной обеспеченности почвы калием прибавки урожайности от Калипланта статистически достоверны, свидетельствует о целесообразности использования Калипланта в диапазоне обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы подвижным калием от 80 до 200 мг/кг  $K_2O$ .

Для того, чтобы оценить влияние Калипланта на потребление разных по степени подвижности форм почвенного калия растениями озимой тритикале, определено содержание водорастворимого, обменного и необменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве на вариантах без внесения калиймобилизующих бактерий и с проведением бактериализации посевов Калиплантом (табл. 3-5).

Водорастворимые соли калия – нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды и карбонаты, находящиеся в почвенном растворе, являются наиболее доступными для питания растений [14]. По сравнению с обменными и необменными формами калия содержание водорастворимых соединений калия обычно невелико (табл. 3-5). Обменный калий представлен катионами калия в почвенном поглощающем комплексе. Водорастворимые соединения калия и катионы почвенного поглощающего комплекса служат основным источником калийного питания растений, а их содержание характеризует уровень обеспеченности почвы калием для питания растений.

Таблица 1

**Влияние Калипланта на урожайность озимой тритикале Сокол  
(СПК «Хотляны», 2006-2007 гг.)**

Вариант	Без удобрений		N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	
	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	17,5	-	26,9	-
Калиплант	23,5	6,0	34,6	7,7
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,9	-	38,0	-
Калиплант	30,7	4,8	42,9	4,9
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,0	-	42,5	-
Калиплант	28,4	3,4	45,9	3,4
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,5	-	42,6	-
Калиплант	29,2	3,7	45,3	2,7
НСР <sub>0,05</sub> Фактор А (K <sub>2</sub> O)	2,76		3,53	
Фактор В (Калиплант)	1,95		2,50	

Таблица 2

**Влияние Калипланта на урожайность озимой тритикале Вольтаро  
(СПК «Хотляны», 2008-2009 гг.)**

Вариант	Без удобрений		N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	
	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1-й уровень, 84 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	25,0	-	50,9	-
Калиплант	29,2	4,2	56,8	5,9
2-й уровень, 126 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	33,0	-	54,1	-
Калиплант	37,1	4,1	59,4	5,3
3-й уровень, 144 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	33,6	-	53,3	-
Калиплант	36,7	3,1	57,1	3,8
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Без бакт.	30,2	-	53,4	-
Калиплант	33,4	3,2	56,5	3,1
НСР <sub>0,05</sub> Фактор А (K <sub>2</sub> O)	3,46		2,36	
Фактор В (Калиплант)	3,02		2,50	

В наших исследованиях установлено статистически достоверное снижение содержания водорастворимого (табл. 3) и обменного (табл. 4) калия на вариантах опыта с внесением Калипланта на первом, втором и третьем уровнях обеспеченности почвы (84-146 мг/кг  $K_2O$ ), что указывает на активизацию потребления этих форм калия бактеризованными растениями озимой тритикале. На четвертом уровне содержания  $K_2O$  в почве (201 мг/кг  $K_2O$ ) эффект от Калипланта не проявляется. Активизация потребления водорастворимого и обменного калия коррелирует с величиной урожайности и эффективностью Калипланта – наиболее высокие прибавки от Калипланта получены также на первом, втором и третьем уровнях обеспеченности почвы калием. Наличие калиймобилизующих бактерий в корневой зоне вызывает стимуляцию роста корней и повышает адаптивный потенциал бактеризованных растений, что было показано нами в предыдущих публикациях [2, 3].

Необменный калий достаточно прочно удерживается кристаллической решеткой минералов и поэтому менее доступен для питания растений [12, 15]. По сравнению с более подвижными формами калия, содержание его необменных форм в дерново-подзолистой супесчаной почве значительно выше (табл. 3-5). В почве существует динамическое равновесие между формами калия – использованный растениями водорастворимый калий пополняется за счет обменных форм, а по мере потребления обменных форм их запасы в почве восполняются за счет мобилизации необменных форм [12]. В нашем эксперименте под действием Калипланта отмечено более активное использование необменных форм калия озимого тритикале на вариантах с обработкой посевов (табл. 5). Достоверное снижение содержания необменного калия отмечено также на четвертом уровне содержания  $K_2O$  в почве.

Таблица 3

**Влияние Калипланта на содержание водорастворимого калия в почве (полевой опыт, СПК «Хотляны»)**

Вариант	Содержание калия, мг/кг	
	Без удобрений	$N_{120}P_{60}$
1-й уровень, 94 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	14	12
Калиплант	11	10
2-й уровень, 146 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	21	24
Калиплант	18	19
3-й уровень, 164 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	22	26
Калиплант	17	17,5
4-й уровень, 201 мг/кг $K_2O$		
Без бактеризации	33	26
Калиплант	26	25
$HCP_{0,05}$		
Фактор А (Калиплант)	1,8	1,7
Фактор В ( $K_2O$ )	2,6	2,4



Таблица 4

**Влияние Калипланта на содержание обменного калия в почве  
(полевой опыт, СПК «Хотляны»)**

Вариант	Содержание калия, мг/кг	
	Без удобрений	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	85	78
Калиплант	83	69
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	117	127
Калиплант	109	98
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	132	136
Калиплант	132	105
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	188	144
Калиплант	158	142
НСР <sub>0,05</sub>		
Фактор А (Калиплант)	10,2	6,6
Фактор В (K <sub>2</sub> O)	14,4	9,4

Таблица 5

**Влияние Калипланта на содержание необменного калия в почве  
(полевой опыт, СПК «Хотляны»)**

Вариант	Содержание калия, мг/кг	
	Без удобрений	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	234	240
Калиплант	225	220
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	265	296
Калиплант	255	257
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	323	327
Калиплант	298	296
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O		
Без бактеризации	380	362
Калиплант	339	329
НСР <sub>0,05</sub>		
Фактор А (Калиплант)	15,5	17,6
Фактор В (K <sub>2</sub> O)	21,9	24,8

Известно, что степень использования калия почвы зависит от следующих факторов – типа почвы, гранулометрического состава, общего содержания калия в почве, биологических особенностей возделываемой культуры [12, 14-17]. Деятельность микроорганизмов корневой зоны растений также следует отнести

к факторам, оказывающим влияние на использование почвенного калия растениями. Применение бактериальных удобрений, в состав которых входят калий-мобилизующие бактерии, активизирует потребление разных по степени подвижности форм калия из почвы и таким образом улучшает калийное питание растений. Повышение урожайности озимого тритикале при использовании Калипланта обусловлено стимуляцией роста корней, индуцированной калиймобилизующими бактериями [1, 2], повышением адаптивных возможностей [3, 4, 5] и улучшением режима калийного питания растений.

### ВЫВОДЫ

1. Обработка посевов озимого тритикале бактериальным удобрением Калиплант обеспечивает достоверные прибавки урожайности зерна при содержании подвижного калия в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в диапазоне 84-201 мг/кг  $K_2O$ . Наиболее значимый эффект от Калипланта отмечен на фоне внесения  $N_{120}P_{60}$  при обеспеченности почвы  $K_2O$  в пределах 84-164 мг/кг; при этом прибавки урожайности зерна составили 3,4-7,7 ц/га в 2007 г. и 3,8-5,9 ц/га в 2009 г. При увеличении содержания  $K_2O$  в почве до 200 мг/кг прибавки урожайности от Калипланта статистически достоверны, но их уровень снижается до 2,7 ц/га и 3,4 ц/га зерна в 2007 и 2009 гг. соответственно.

2. Повышение урожайности озимой тритикале при использовании Калипланта обусловлено стимуляцией роста корней, индуцированной калиймобилизующими бактериями, повышением адаптивных возможностей и улучшением режима калийного питания растений.

3. Установлено достоверное снижение содержания водорастворимого, обменного и необменного калия на вариантах с внесением Калипланта при обеспеченности почвы  $K_2O$  в диапазоне 84-164 мг/кг, что указывает на активизацию потребления этих форм калия озимого тритикале. Активизация потребления этих форм калия связана с величиной урожайности и эффективностью Калипланта, так как наиболее высокий уровень урожайности и прибавок от бактериализации также отмечен на первом, втором и третьем уровнях обеспеченности почвы калием.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Штамм бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д для бактериализации семян зерновых культур: пат. 9646 Респ. Беларусь, МПК С 12 N 1/20, А 01 N 63/00 / Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Журавлева, Т.Б. Барашенко, Н.Н. Курилович, С.В. Дюсова; заявитель РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – № а 20050228; заявл. 10.03.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4(57). – С. 112.

2. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225-231.

3. Михайловская, Н.А. Влияние ризобактерий на развитие инокулированных растений / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко., Т.В. Барашенко // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы Междунар. научно-практ. конф., Горки, 6-7 июня 2007 г. / БГСХА, Горки, 2007. – С. 225-229.

4. Михайловская, Н.А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н.А. Михайловская // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2006. – №3. – С. 41-46.



5. Михайловская, Н.А. Способность ризобактерий к мобилизации почвенного калия / Н.А. Михайловская, Л.Н. Лученок // Фосфор и калий у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації: матеріали Міжнарод. научно-практ. конф., Чернігов-Харьков, 12-14 июля 2004 г. / Инст. с.-х. микробиологии; ННЦ Инст. почвовед. и агрохим.; Междунар. Инст. калия. – Чернигов-Харьков, 2004 г. – С. 223-232.

6. Mikhailouskaya, N. K-mobilizing bacteria and their effect on wheat yield / N. Mikhailouskaya, A. Tchernysh // Agronomijas vestis (Latvian Journal of Agronomy). – 2005. – V. 8. – P. 147-150.

7. Михайловская, Н.А. Влияние Калипланта на урожайность и гороха и потребление калия на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – 2009. – С. 235-243.

8. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования / Т.В. Аристовская. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.

9. Ferris F.G., Shotyk W. and Fyfe W.S. Mineral formation and decomposition by microorganisms. In: T.J. Beveridge and R.J. Doyle (Editors), Metal Ions and Bacteria. Wiley, New York, 1989. – P. 413-441.

10. Bennett, P.C. Quartz dissolution in organic rich aqueous system / P.C. Bennett // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1991. – V. 55. – P. 1781-1797.

11. Ullman, W.J. Laboratory evidence for microbially mediated silicate mineral dissolution in nature / W.J. Ullman, D.L. Kirchman, S.A. Welch // Chemical Geology. – 1996. – V. 132. – P. 11-17.

12. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – Москва: Колос, 1966. – С. 5-27.

13. Агрохимические методы исследования почв. – Москва, 1965. – С. 128-164.

14. Агрохимия / Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – С. 156-159.

15. Горбунов, Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 293 с.

16. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения: практ. руководство / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – Москва, 2000. – С. 13-14.

17. Mengel, K. Principles of plant nutrition / K. Mengel, E.A. Kirkby. – Int. Potash Inst. Bern, 1987. – P. 687.

## **EFFECT OF BIOFERTILIZER KALIPLANT ON WINTER TRITICALE YIELD AND USE OF POTASSIUM ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL**

**N.A. Mikhailouskaya, T.B. Barashenko, S.V. Dyusova**

### **Summary**

The application of biofertilizer Kaliplant (K-mobilizing bacteria) was found to provide reliable yield responses of winter triticale grain in relatively wide diapason of mobile potassium contents (84-201 mg/kg, K<sub>2</sub>O) in Luvisol loamy sand soil. Significant stimulation effects of Kaliplant on the use of water-soluble, exchangeable and nonexchangeable potassium forms were observed if K<sub>2</sub>O contents in soil were in diapason of 84-164 mg/kg. Kaliplant effect on grain yield was connected with root growth promotion and the improvements of plant adaptive potential as well as K-nutrition.

*Поступила 2 октября 2009 г.*