

## ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ КАЛИПЛАНТ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Н.А. Михайловская, Е.Г. Тарасюк  
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества продукции – одна из актуальных задач, для решения которой целесообразно использование бактериальных удобрений. Рациональное сочетание минеральных и бактериальных удобрений позволяет активизировать биологические механизмы минерального питания, стимуляции роста и защиты растений, что является необходимым условием улучшения качества продукции. Разработанное в Институте почвоведения и агрохимии бактериальное удобрение Калиплант [1] стимулирует развитие корневой системы [2, 3] и улучшает минеральное питание растений [4, 6]. При недостатке доступного калия в почве внесение Калипланта активизирует его мобилизацию из труднодоступных форм [4, 5]. Одним из возможных факторов положительного влияния Калипланта на режим питания является способность штамма *B. circulans* БИМ В-376Д к фосфатмобилизации [2]. Разностороннее положительное воздействие Калипланта на режим питания зерновых культур приводит к повышению их урожайности и качества.

Цель исследований – установить влияние Калипланта на качество продукции зерновых культур на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при разных уровнях обеспеченности подвижным калием.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования 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 подвижным калием. В 2004 г. содержание K<sub>2</sub>O составило: первый уровень – 105, второй – 186, третий – 222 и четвертый – 281 мг/кг K<sub>2</sub>O. В 2005 и 2007 гг. содержание подвижного калия составило: первый уровень – 94, второй – 146, третий – 164 и четвертый – 201 мг/кг K<sub>2</sub>O. Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от возделываемой культуры. Доза фосфорных удобрений 30-60 кг/га (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). В 2004 г. исследования проведены на фоне внесения N<sub>90</sub>P<sub>30</sub>, в 2005 г. – N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> и в 2007 г. – N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>. Общая площадь опытных делянок – 45 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 24 м<sup>2</sup>.

Изучено влияние бактериального удобрения Калиплант на качество трех зерновых культур: озимая рожь Игуменская (2004 г.), яровая пшеница Рассвет (2005 г.) и озимое тритикале Сокол (2007 г.). Бактериальное удобрение вносили путем обработки посевов: на яровой культуре – в фазе всходы – начало кущения, на озимых культурах – весной в фазе кущения. Для обработки посевов использовали жидкую препаративную форму бактериального удобрения Калиплант.

Качество продукции зерновых культур оценивали по содержанию белка и его аминокислотному составу, которые определяют биологическую ценность продукции [7, 8]. Содержание аминокислот в белке определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Биологическую ценность продукции оценивали общепринятыми методами [8]. По содержанию незаменимых и критических аминокислот в белке вычисляли аминокислотный скор и химическое число. Аминокислотный скор (%) характеризует содержание аминокислот в белке по отношению к требованиям ФАО/ВОЗ (аминокислотная шкала ФАО/ВОЗ). Химическое число (%) характеризует содержание аминокислот в белке зерна по отношению к идеальному белку (цельное яйцо).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Озимая рожь является традиционной зерновой культурой для Беларуси, несмотря на постепенное сокращение площадей ее посевов в пользу пшеницы и тритикале. Озимая рожь характеризуется высокой продуктивностью, полноценными продовольственными и кормовыми качествами зерна. Применение Калипланта обеспечивает повышение урожайности озимой ржи [4].

Установлено также влияние Калипланта на качество зерна озимой ржи. Использование Калипланта приводило к повышению содержания сырого белка в зерне озимой ржи на 0,4-0,5% на трех

первых уровнях насыщения, при содержании калия в почве в пределах 105-222 мг/кг. Калиплант не оказывал существенного влияния на содержание элементов питания в зерне озимой ржи, содержание калия, фосфора, кальция и магния – в пределах допустимых нормативов (табл. 1).

На вариантах без применения Калипланта отмечено, что при повышении обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы  $K_2O$  от 105 до 222 мг/кг содержание протеина в зерне повышалось на 0,6-0,8%, дальнейшее повышение содержания  $K_2O$  в почве не оказывало влияния на содержание белка в зерне (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание элементов питания в зерне озимой ржи Игуменская, % (фон  $N_{90}P_{30}$ , СПК «Хотляны», 2004 г.)**

Вариант	Белок, %	$K_2O$	$P_2O_5$	CaO	MgO
1-й уровень, 105 мг/ кг $K_2O$					
$N_{90}P_{30}$	7,7	0,59	0,74	0,04	0,08
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	8,2	0,59	0,74	0,03	0,08
2-й уровень, 186 мг/ кг $K_2O$					
$N_{90}P_{30}$	8,3	0,60	0,73	0,03	0,08
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	8,7	0,62	0,73	0,03	0,08
3-й уровень, 222 мг/ кг $K_2O$					
$N_{90}P_{30}$	8,5	0,61	0,74	0,03	0,09
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	9,0	0,61	0,75	0,03	0,08
4-й уровень, 281 мг/ кг $K_2O$					
$N_{90}P_{30}$	8,5	0,71	0,74	0,03	0,08
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	8,5	0,70	0,72	0,03	0,08
НСР <sub>05</sub> Уровни $K_2O$	0,11	0,01	0,01		
.....Калиплант	0,17	0,03	0,02		

Применение бактериального удобрения Калиплант на фоне внесения  $N_{90}P_{30}$  способствовало увеличению содержания критических и незаменимых аминокислот в белке озимой ржи Игуменская на трех уровнях содержания  $K_2O$  (105-222 мг/кг) (табл. 2). Скор критических аминокислот возрастал на 5-8%, незаменимых – на 7-11% по сравнению с вариантами без бактериализации (табл. 2). При повышении содержания подвижного калия в почве до 280 мг/кг применение Калипланта не оказывало влияния на аминокислотный состав белка (табл. 2). Положительное действие калиймобилизующих бактерий на качество зерна в большей степени проявляется при относительно невысоком и среднем уровне обеспеченности почвы  $K_2O$ .

Таблица 2

**Влияние Калипланта на биологическую ценность белка озимой ржи Игуменская на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (фон  $N_{90}P_{30}$ , СПК «Хотляны», 2004 г.)**

Вариант	Содержание аминокислот, мг/г белка		Аминокислотный скор, %	
	ΣАКкр	ΣАКн	АКкр	АКн
1-й уровень, 105 мг/кг $K_2O$				
$N_{90}P_{30}$	72,5	251,7	62	71
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	83,2	285,0	70	81
2-й уровень, 186 мг/кг $K_2O$				
$N_{90}P_{30}$	74,1	250,9	62	72
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	82,8	287,5	69,6	81,6
3-й уровень, 222 мг/кг $K_2O$				
$N_{90}P_{30}$	75,5	257,4	63	74
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	82,2	281,6	69	81
4-й уровень, 281 мг/кг $K_2O$				
$N_{90}P_{30}$	86,0	303,2	77	90
$N_{90}P_{30}$ + Калиплант	85,1	288,0	76	85
НСР <sub>05</sub> Уровни $K_2O$	0,44	0,90		
Калиплант	1,02	2,08		

АКкр – критические аминокислоты, АКн – незаменимые аминокислоты

В настоящее время отмечается вытеснение озимой ржи на менее плодородные почвы. В этих условиях применение Калипланта, который содержит калиймобилизующие бактерии и повышает эф-

фektivность использования почвенного калия, в особенности при дефиците его подвижных форм, может быть актуальным. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности бактериального удобрения как для повышения урожайности, так и для улучшения качества зерна.

В 2005 г. изучено влияние Калипланта на накопление незаменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы Рассвет. Яровая пшеница является ценной продовольственной культурой. Оптимизация ее калийного питания в значительной мере определяет хлебопекарные качества зерна и его использование на продовольственные цели. В связи с этим определено влияние Калипланта на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы. Отмечено, что повышение обеспеченности почвы подвижным калием сопровождалось заметным повышением содержания критических (лизин, треонин) и незаменимых (лейцин, валин, фенилаланин) аминокислот. При этом наиболее значимый эффект от Калипланта отмечен при обеспеченности почвы  $K_2O$  в пределах 94-164 мг/кг почвы (рис. 2-6).

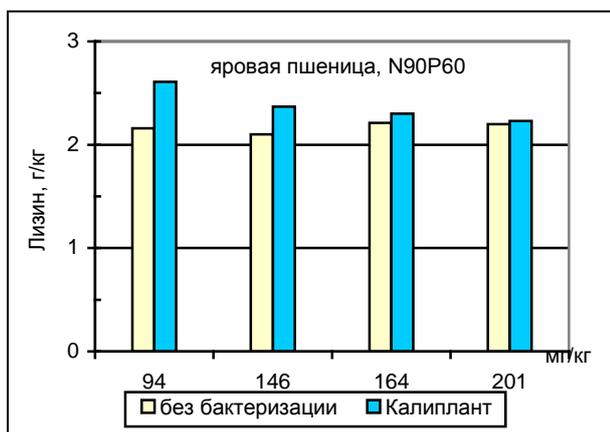


Рис. 2. Влияние Калипланта на содержание лизина в зерне (яровая пшеница Рассвет,  $N_{90}P_{60}$ )

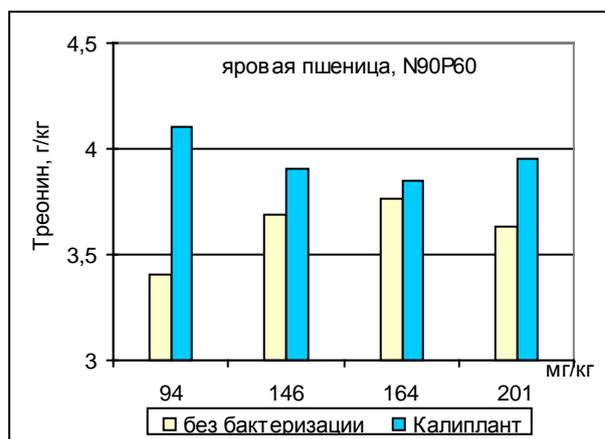


Рис. 3. Влияние Калипланта на содержание треонина в зерне (яровая пшеница Рассвет,  $N_{90}P_{60}$ )

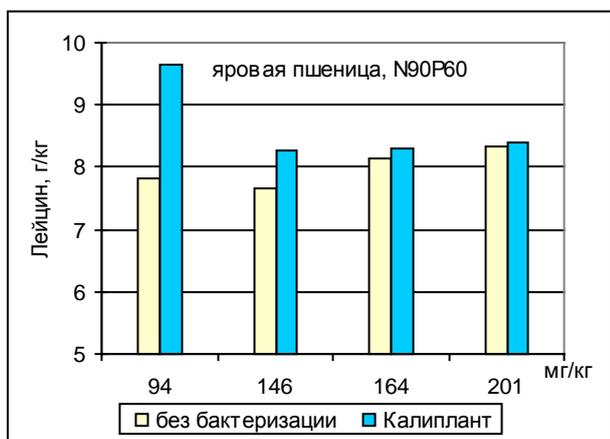


Рис. 4. Влияние Калипланта на содержание лейцина в зерне (яровая пшеница Рассвет,  $N_{90}P_{60}$ )

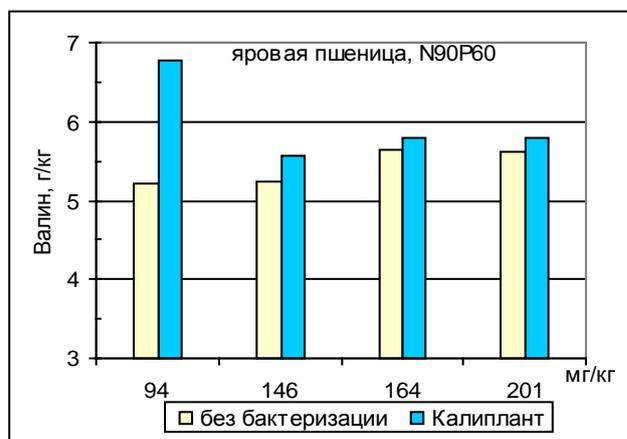


Рис. 5. Влияние Калипланта на содержание валина в зерне (яровая пшеница Рассвет,  $N_{90}P_{60}$ )

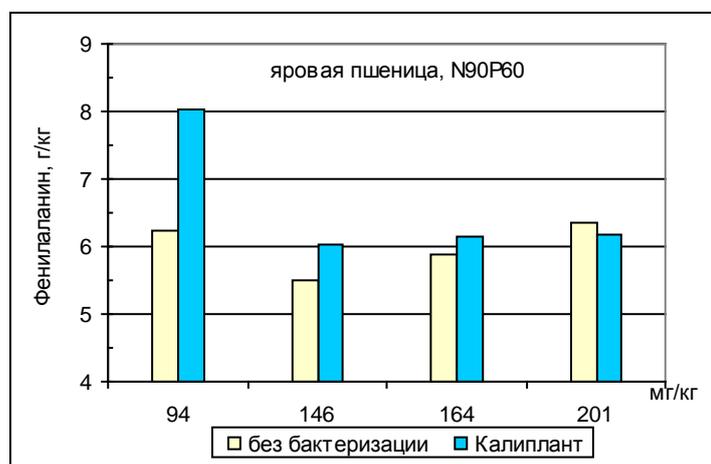


Рис. 6. Влияние Калипланта на содержание фенилаланина в зерне (яровая пшеница Рассвет, N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>)

В настоящее время в республике отмечается постоянное увеличение площади посевов озимой тритикале, обусловленное такими преимуществами культуры, как высокая урожайность, кормовые достоинства, повышенная устойчивость к некоторым заболеваниям и неблагоприятным почвенным условиям. Актуальность исследований по влиянию бактериальных удобрений на режим питания и качество озимой тритикале также возрастает. Ранее нами было установлено, что применение бактериального удобрения Калиплант позволяет повысить эффективность использования почвенного калия и существенно увеличивает урожайность озимой тритикале [9].

Калиплант оказывает влияние и на показатели качества озимой тритикале. В эксперименте на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве отмечено повышение содержания протеина в зерне озимой тритикале Сокол на 0,7-1,3% на всех изученных уровнях обеспеченности почвы K<sub>2</sub>O. Наибольший эффект отмечен на 2-м уровне при содержании в почве 146 мг/кг K<sub>2</sub>O (табл. 3). При этом отмечено, что внесение Калипланта оказывало большее влияние на содержание протеина в зерне озимой тритикале, чем повышение содержания подвижной K<sub>2</sub>O в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (табл. 3).

На всех изученных уровнях обеспеченности почвы K<sub>2</sub>O под действием Калипланта увеличивалось содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне. Сумма критических аминокислот составила 56-61%, незаменимых аминокислот – 69-73% от нормы, рекомендованной ФАО/ВОЗ (табл. 4).

Таблица 3

**Содержание элементов питания в зерне озимой тритикале Сокол (фон N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>, СПК «Хотляны», 2007 г.)**

Вариант	Белок	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO
	%				
1-й уровень, 94 мг/ кг K <sub>2</sub> O					
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	13,4	1,05	0,94	0,04	0,13
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	14,2	1,15	0,97	0,04	0,12
2-й уровень, 146 мг/ кг K <sub>2</sub> O					
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	13,4	1,02	0,94	0,04	0,13
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	14,7	1,15	0,87	0,04	0,11
3-й уровень, 164 мг/ кг K <sub>2</sub> O					
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	13,8	1,06	0,88	0,04	0,11
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	14,6	1,13	0,96	0,04	0,12
4-й уровень, 201 мг/ кг K <sub>2</sub> O					
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	14,2	1,10	0,93	0,04	0,12
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	14,9	1,13	0,88	0,04	0,11
НСР <sub>05</sub> Уровни K <sub>2</sub> O	0,33	0,12	0,07		
Калиплант	0,49	0,07	0,05		

**Влияние Калипланта на качество зерна озимой тритикале Сокол  
(фон N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>, СПК «Хотляны», 2007 г.)**

Бактеризация	Содержание аминокислот, г/кг зерна		Аминокислотный скор, %	
	Σ АКкр	Σ АКн	АКкр	АКн
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O				
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	8,5	29,0	53	69
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	9,9	31,6	59	71
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O				
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	9,4	29,8	59	71
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	9,8	30,7	61	73
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O				
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	9,1	29,2	53	67
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	9,8	30,2	57	69
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O				
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	9,0	29,5	49	66
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> + Калиплант	8,6	29,8	56	72
НСР <sub>05</sub> Уровни K <sub>2</sub> O	0,16	0,65		
Калиплант	0,29	0,82		

АКкр – критические аминокислоты, АКн – незаменимые аминокислоты

Установлено повышение содержания лизина в белке озимой тритикале за счет применения Калипланта (рис. 7). Наиболее значимый эффект отмечен на первом (94 мг/кг) уровне содержания подвижной K<sub>2</sub>O в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве.

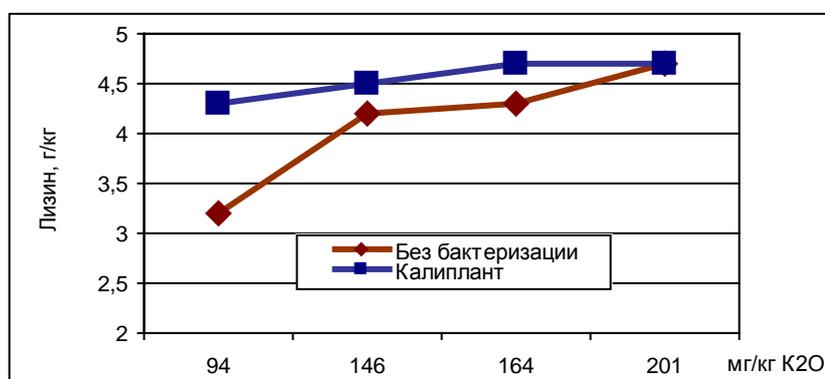


Рис. 7. Влияние Калипланта на содержание лизина в белке озимой тритикале  
(фон N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>, СПК «Хотляны», 2007г.)

Таким образом, в наших исследованиях установлено, что эффективность Калипланта по влиянию на качество продукции зерновых культур зависит от обеспеченности почвы подвижными формами калия. Калий, как один из основных биогенных элементов, выполняет важнейшие физиологические и биохимические функции в метаболизме клетки. Под действием калия активизируется функционирование ферментов, участвующих в синтезе белка, повышается скорость усвоения азота и образование белка [10]. При дефиците калия наблюдаются множественные нарушения процессов обмена веществ у растений, приводящие к снижению продуктивности культур и качества урожая. Внесение калиймобилизирующих бактерий создает благоприятные условия для развития корневой системы и повышает адаптивные возможности растений. Наличие калиймобилизирующих бактерий в корневой зоне обеспечивает постоянный приток физиологически необходимых количеств калия, фитогормонов, витаминов антибиотиков и других биологически активных веществ, оказывающих влияние на продукционный процесс. В комплексе перечисленные факторы действия Калипланта приводят к повышению урожайности и качества продукции.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено положительное влияние бактериального удобрения Калиплант на качество продукции зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве. Эффективность Калипланта по влиянию на качество продукции зависит от обеспеченности почвы подвижными формами калия.
2. При внесении Калипланта отмечено повышение содержания белка в зерне озимых культур – озимой ржи на 0,4-0,5% при содержании  $K_2O$  в почве в пределах 105-222 мг/кг (фон  $N_{90}P_{30}$ ), озимой тритикале на 0,7-1,3% при обеспеченности почвы  $K_2O$  в диапазоне 94-164 мг/кг (фон  $N_{120}P_{60}$ ).
3. Применение Калипланта способствовало улучшению аминокислотного состава белка зерновых культур при следующих условиях: озимой ржи – при содержании  $K_2O$  в почве 105-222 мг/кг (фон  $N_{90}P_{30}$ ), озимой тритикале – 94-164 мг/кг (фон  $N_{120}P_{60}$ ) и яровой пшеницы – 94-164 мг/кг (фон  $N_{90}P_{60}$ ).

## 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 // Весці 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 Междунар. научно-практ. конф., Чернигов-Харьков, 12-14 июля 2004 г. / Инст. с.-х микробиологии; ННЦ Инст. почвовед. и агрохим.; Междунар. ин-т 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. – Vol. 8. – P. 147-150.
7. Вильдфлуш И.Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Лапа В.В., Персикова Т.Ф. // Минск, Технопринт, 2005. – С. 7-49.
8. Богдевич, И.М. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2005. – С.13-15.
9. Михайловская, Н.А. Влияние Калипланта на урожайность и потребление калия озимой тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, С.В. Дюсова // Почвоведение и агрохимия. – № 2(43). – 2009. – С. 240-247.
10. Mengel, K. Principles of plant nutrition / K. Mengel, E.A. Kickby // Int. Potash Inst. Bern, 1987. – 687 p.

## EFFECT OF BIOFERTILIZER KALIPLANT ON QUALITY OF GRAIN CROPS GROWING ON LUVISOL LOAMY SANDY SOIL

N.A. Mikhajlovskaya, E.G. Tarasyuk

### Summary

The application of biofertilizer Kaliplant (K-mobilizing bacteria) was found to affect grain crops quality. More reliable effect of Kaliplant on grain quality was observed under deficit of mobile potassium in luvisol loamy sandy soil. Significant increases of protein contents in winter rye (0.4-0.5%) and winter triticale – 0.7-1.3% were found. Introduction of Kaliplant resulted in the improvement of amino acid composition of grain under following conditions: for winter rye under  $K_2O$  content in soil in diapason of 105-222 mg/kg, for winter triticale and spring wheat – 94-164 mg/kg.

Поступила 5 апреля 2010 г.