

УДК 631.459.2:631.87:633.11«321»

Н. А. МИХАЙЛОВСКАЯ, А. Ф. ЧЕРНЫШ, С. А. КАСЬЯНЧИК

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ КАЛИПЛАНТ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВАХ

Институт почвоведения и агрохимии

(Поступила в редакцию 16.02.2010)

Введение. На территории Беларуси водная эрозия представляет серьезную экологическую проблему, связанную с особенностями рельефа и природой почвообразующих пород. Ее формированию на пахотных землях республики способствуют достаточная увлажненность территории, выраженный холмисто-грядовый рельеф, а также специфика почвообразующих пород в Центральной и Северной почвенно-экологических провинциях. Развитие эрозионных процессов приводит к деградации почв и снижению их производительной способности вследствие потерь тонкодисперсной фракции почвы, гумуса и элементов питания. На пахотных землях ежегодно с одного гектара водосборной площади с поверхностным стоком смывается в среднем до 10–15 т твердой фазы почвы, 150–180 кг гумусовых веществ, безвозвратно теряется до 10 кг азота, 4–5 кг фосфора и калия. Обусловленное водной эрозией ухудшение агрофизических, агрохимических и биологических свойств эродированных почв оказывает негативное влияние на их производительную способность. В среднем снижение урожайности зерновых культур на почвах, подверженных эрозионным процессам, может достигать 12–40% в зависимости от степени их эродированности [1]. В связи с этим повышение продукционной способности эрозионноопасных почв является одной из наиболее приоритетных задач.

По данным картографирования эродированных почв [1], процессы эрозии на территории республики имеют четко выраженные региональные особенности. В Центральной почвенно-экологической провинции (Белорусская гряда) эрозионные процессы формируются на лессовидных и лессовых породах, приуроченных к крупнохолмистым формам рельефа. Для этой зоны характерен самый высокий уровень сельскохозяйственной освоенности территории, а почвы характеризуются низкой устойчивостью к эрозии [1].

Проблема рационального использования эрозионноопасных почв требует разносторонних подходов для ее решения. В современных условиях необходимо шире использовать достижения сельскохозяйственной микробиологии, которые могут обеспечить как экологические, так и экономические преимущества.

Одним из резервов улучшения калийного питания зерновых культур на эродированных почвах является микробная мобилизация почвенных запасов калия, который входит в состав первичных и вторичных минералов. Удельный вес калия в разных типах почв колеблется от 0,5 до 3%, в глинистых и суглинистых почвах его содержание достигает 2–2,5% [2]. Почвенный калий в форме калийалюмосиликатов, составляющий 98–99% от его валового содержания, трудно доступен для питания растений, однако его доступность может быть существенно повышена за счет микробной мобилизации. Микроорганизмы, населяющие поверхность корней растений и ризосферу, играют ключевую роль в процессах трансформации минералов и в высвобождении отдельных элементов из связанных форм [3]. Трансформация компонентов почвообразующей породы представляет важное звено общего процесса – преобразования минеральной части почвы микроорганизмами. По значению для биосферы этот процесс можно сравнить

с ассимиляцией углекислоты зелеными растениями и автотрофными бактериями или с фиксацией атмосферного азота почвенной микрофлорой [3]. Принимая во внимание значительность запасов валового калия в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на легких лессовидных суглинках, применение калиймобилизующих бактерий с целью обеспечения части потребностей растений за счет микробной мобилизации экологически обосновано.

Научные данные по микробной трансформации минеральных соединений позволяют считать, что в природе не существует минералов, абсолютно устойчивых к действию микроорганизмов и их метаболитов. Установлено, что даже такой прочный минерал, как кварц, постепенно разрушается под действием метаболитов некоторых грибов и бактерий [4, 5]. При этом следует отметить, что этот процесс не является односторонним, доказана трансформация одних минералов в другие и новообразование минералов под действием микробных метаболитов [6]. Биогенное минералообразование представляет собой широко распространенный в природе, но пока еще недостаточно изученный процесс.

Бактериальное удобрение Калиплант, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии, содержит природный штамм слизиобразующих бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д [7], которые оказывают разностороннее положительное влияние на инокулированные растения. Его внесение стимулирует развитие корневой системы растений за счет продукции фитогормонов [8, 9] и улучшает минеральное питание [10, 11], при дефиците доступного калия в почве *B. circulans* мобилизуют его из труднодоступных форм [10–12].

Цель исследований – установить влияние бактериального удобрения Калиплант на урожайность и качество яровой пшеницы на эрозионноопасных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, сформированных на легких лессовидных суглинках.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в условиях Центральной почвенно-экологической провинции Республики Беларусь в стационаре «Стоковые площадки» (СПК «Щемяслица», Минский р-н) на наиболее подверженных водно-эрозионным процессам дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на легких лессовидных суглинках в 2004–2007 гг.

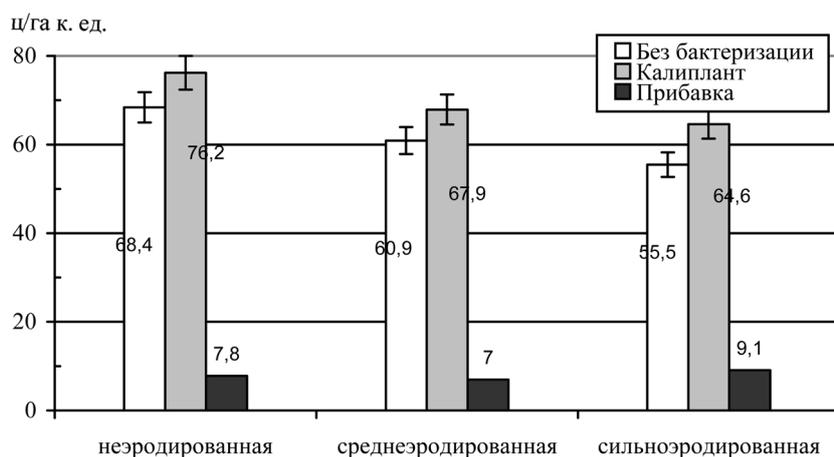
Стационарный опыт «Стоковые площадки» заложен по геоморфологическому профилю (катене) от водораздельной равнины до подножья склона. Склоны северной и южной экспозиции крутизной 5–6°. На водораздельной равнине расположена незеродированная почва, в верхней части склона – среднеэродированная, в средней части – сильноэродированная и в нижней части склона – глееватая намывная почва. Агрохимические свойства почвы: гумус – 0,8–2,5%; pH_{KCl} 5,2–5,9; P_2O_5 – 290–330 мг/кг и K_2O – 180–230 мг/кг. Площадь стоковой площадки – 744 м², рабочей площадки – 809,4 м². Эффективность бактериализации семян изучена на фонах $N_{70-80}P_{40-50}K_{50-70}^{+}$ 30 т/га навоза. Жидкий концентрированный препарат калиймобилизующих бактерий Калиплант вносили путем предпосевной обработки семян.

Агрометеорологические условия были благоприятными для роста и развития яровой пшеницы. ГТК в 2004, 2006 и 2007 гг. составили 2,03, 1,85 и 2,0 соответственно при среднемноголетней величине ГТК 1,64. Наиболее благоприятные условия сложились в 2004 и 2007 гг., так как температура воздуха и количество осадков достаточно равномерно распределялись по месяцам и были близки к средним многолетним данным.

Аминокислотный анализ зерна проводили на аминокислотном анализаторе Т-339. Биологическую ценность белка определяли расчетными методами – по аминокислотному скору [13].

Результаты и их обсуждение. Оптимизация калийного питания, в том числе методами биотехнологии, является одним из основных факторов формирования высокой урожайности и повышения качества растениеводческой продукции. Калий – один из основных элементов минерального питания растений, выполняющий также важнейшие физиологические и биохимические функции. Калий играет критическую роль в росте меристемы, регулирует водный статус растений, активизирует деятельность целого ряда ферментов, в том числе участвующих в синтезе белка, повышает фотосинтетическую активность, оптимизирует кислотно-щелочной баланс [14]. Дефицит калия приводит к снижению урожайности и качества продукции.

Результаты наших исследований свидетельствуют о перспективности применения бактериального удобрения Калиплант на эрозионноопасных дерново-подзолистых легкосуглинистых



Среднегодовая продуктивность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на легких лессовидных суглинках, 2004–2007 гг.

почвах, сформированных на легких лессовидных суглинках. Эти почвы характеризуются высоким содержанием валового калия, который может использоваться калиймобилизующими бактериями для обеспечения питания растений. Способность данного удобрения мобилизовать калий из калийсодержащих минералов и количественные параметры калиймобилизации были установлены нами ранее [10, 11].

В среднем за три года продуктивность яровой пшеницы на неэродированной почве составила 68,4 ц/га к. ед. На эродированных почвах отмечено значительное снижение урожайности: до 60,9 ц/га к. ед. на среднеэродированной и до 56,5 ц/га к. ед. на сильноэродированной почве. Предпосевная обработка семян препаратом калиймобилизующих бактерий приводила к повышению продуктивности яровой пшеницы по всей почвенно-эрозионной катене: на неэродированной почве – от 68,4 до 76,2 ц/га к. ед., на среднеэродированной – от 60,9 до 67,9 ц/га к. ед. и на сильноэродированной – от 56,5 до 64,6 ц/га к. ед. Наибольший эффект от внесения бактериального удобрения Калиплант отмечен на сильноэродированной почве – прибавка от бактеризации достигала 9,1 ц/га к. ед., в то время как на водоразделе и на среднеэродированной почвах – 7,8 и 7,0 ц/га к. ед. соответственно (рисунок).

По годам исследований отмечены аналогичные закономерности – внесение бактериального удобрения Калиплант способствовало повышению урожайности зерна, наиболее высокий уровень прибавок урожайности получали на сильноэродированной почве. При особенно благоприятных погодных условиях, сложившихся в 2004 г. (ГТК 2,03) и характеризовавшихся достаточным количеством осадков в первой половине вегетационного периода, эффект от бактериального удобрения оказался наиболее значительным – прибавки зерна яровой пшеницы варьировали по элементам склона в пределах 8,8–12,8 ц/га, а на сильноэродированной почве достигала 12,8 ц/га (табл. 1). В ряде случаев применение удобрения Калиплант позволило повысить урожайность на сильноэродированной почве до уровня, получаемого в условиях среднеэродированной почвы.

Таблица 1. Влияние бактериального удобрения Калиплант на урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на легких лессовидных суглинках, ц/га

Почва участка	Контроль	Калиплант	Прибавка
<i>2004 г.</i>			
Неэродированная	52,2	62,6	10,4
Среднеэродированная	51,5	60,3	8,8
Сильноэродированная	46,7	59,5	12,8
НСР ₀₅ фактор А (почва)		5,3	
фактор В (бактеризация)		3,8	

Почва участка	Контроль	Калиплант	Прибавка
2006 г.			
Неэродированная	58,8	62,0	3,2
Среднеэродированная	48,8	52,8	3,0
Сильноэродированная	47,2	50,6	3,4
НСП ₀₅ фактор А (почва)		3,1	
фактор В (бактеризация)		2,4	
2007 г.			
Неэродированная	59,9	65,8	5,9
Среднеэродированная	51,9	56,6	4,7
Сильноэродированная	45,0	51,4	6,4
НСП ₀₅ фактор А (почва)		4,5	
фактор В (бактеризация)		2,9	

Установленный факт, что в среднем по опыту наибольший эффект от бактеризации отмечен на сильноэродированной почве, свидетельствует о высокой эффективности калиймобилизующих бактерий в условиях стресса, при дефиците калия и других элементов питания, т. е. бактеризация семян препаратом Калиплант повышает адаптацию растений к экстремальным условиям среды. Анализ научной литературы показывает действие антистрессовых механизмов при использовании разных видов ризобактерий для инокуляции семян. Наиболее значимый эффект от их внесения чаще проявляется в неблагоприятных для растений условиях. Аналогичные закономерности взаимодействия растений и микроорганизмов были установлены Х. Бергманом, который показал, что обработка семян метаболитами *Acetobacter methanolicus* существенно повышала устойчивость пшеницы к стрессу, вызываемому снижением влажности почвы [15]. Интродуцированные ризобактерии оказывают значительный гормональный эффект и улучшают развитие растений в стрессовых условиях благодаря продуцированию биологически активных веществ, что также рассматривается как один из важных факторов антистрессового действия ризобактерий. Известно также, что в условиях стресса *Azospirillum lipoferum* стимулировали рост корней ячменя и одновременно снижали содержание в них свободного пролина, что является доказательством повышения устойчивости бактеризованных растений к стрессу [16]. Антистрессовое действие на растения, установленное для разных видов ризобактерий, считается одним из важнейших механизмов их взаимодействия и определяет взаимную устойчивость микроорганизмов и растений к неблагоприятным условиям среды.

В наших исследованиях бактеризация семян препаратом Калиплант обеспечивала повышение урожайности яровой пшеницы по всей почвенно-эрозионной катене, что указывает на наличие и других положительных механизмов действия *B. circulans* на бактеризованные растения, наряду с мобилизацией почвенного калия. Ранее нами были опубликованы результаты лабораторных экспериментов, показывающие преимущества в развитии корневой системы бактеризованных растений яровой пшеницы по сравнению с контролем без инокуляции. Под действием штамма *B. circulans* объем корней инокулированных растений возрастал на 18%, сухая масса – на 40%, высота растений увеличивалась в среднем на 8%, сырая масса надземной части – на 18% [9]. Это служит доказательством того, что предпосевная инокуляция семян штаммами бактерий с высокой активностью калиймобилизации повышает адаптивные возможности растений. С практической точки зрения инокуляция семян бактериальным удобрением Калиплант представляет перспективный элемент биотехнологии для повышения урожайности яровой пшеницы на эродированных почвах.

Оценка экономической эффективности применения удобрения Калиплант на посевах яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на легких лессовидных суглинках позволила установить, что наиболее высокие экономические показатели обеспечиваются при возделывании яровой пшеницы на сильноэродированной почве. В среднем за три года величина чистого дохода с 1 га составила 65,8 доллара США, рентабельность – на уровне 139% (табл. 2). Результаты свидетельствуют об экономической обоснованности применения бактериального удобрения на эрозионноопасных почвах.

Т а б л и ц а 2. Экономическая эффективность бактериального удобрения Калиплант при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на легких лессовидных суглинках

Почва участка	Вариант опыта	Урожайность	Прибавка	Стоимость прибавки	Всего затрат	Чистый доход с 1 га	Рентабельность, %
		ц/га к. ед.		доллары США			
Неэродированная	Контроль	68,4	–	–	–	–	-
	Калиплант	76,2	7,8	97,1	43,5	53,6	123
Среднеэродированная	Контроль	60,9	–	–	–	–	-
	Калиплант	67,9	7,0	87,2	41,1	46,1	112
Сильноэродированная	Контроль	55,5	–	–	–	–	-
	Калиплант	64,6	9,1	113,3	47,5	65,8	139
НСР ₀₅	Фактор А (почва)	6,0					
	Фактор В (Калиплант)	5,0					

Наряду с повышением урожайности зерновых культур приоритетной задачей является улучшение качества зерна, получаемого на эродированных почвах. В стационарном опыте «Стоковые площадки» изучено также влияние удобрения Калиплант на химический состав и характеристики качества зерна двух сортов яровой пшеницы по содержанию критических и незаменимых аминокислот, а также на расчетные показатели биологической ценности белка [13].

Исследования показали, что внесение удобрения Калиплант не оказывало существенного влияния на содержание сырого белка, а также калия, фосфора, кальция и магния в зерне яровой пшеницы сортов Контецца и Рассвет (табл. 3). Однако было установлено положительное влияние данного удобрения на качество белка яровой пшеницы при ее возделывании на неэродированной и среднеэродированной почвах. На вариантах с проведением бактериализации семян установлено повышение содержания ряда критических и незаменимых аминокислот в белке сортов Контецца и Рассвет (табл. 4). Следует особо отметить, что внесение удобрения Калиплант приводило к повышению содержания лизина (Lys*) в составе белка, который является лимитирующей аминокислотой и в значительной мере определяет биологическую ценность белка. Наиболее значимое повышение содержания лизина в белке было также отмечено при возделывании яровой пшеницы на неэродированной и среднеэродированной почвах.

Т а б л и ц а 3. Содержание белка и элементов питания в зерне яровой пшеницы, «Стоковые площадки», %

Почва участка	Вариант опыта	Сырой белок	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO
<i>Сорт Контецца (NPK + навоз)</i>						
Неэродированная	Контроль	9,29	0,87	0,42	0,05	0,19
	Калиплант	9,23	0,87	0,43	0,04	0,19
Среднеэродированная	Контроль	9,29	0,89	0,42	0,04	0,20
	Калиплант	9,41	0,88	0,41	0,04	0,20
Сильноэродированная	Контроль	9,17	0,85	0,42	0,04	0,20
	Калиплант	9,52	0,84	0,42	0,04	0,20
НСР ₀₅		0,53	0,09	0,04	0,03	0,02
<i>Сорт Рассвет</i>						
Неэродированная	Контроль	11,6	0,65	0,66	0,07	0,13
	Калиплант	13,1	0,65	0,68	0,07	0,14
Среднеэродированная	Контроль	12,0	0,64	0,63	0,07	0,14
	Калиплант	12,0	0,63	0,60	0,04	0,12
Среднеэродированная	Контроль	12,0	0,63	0,61	0,05	0,12
	Калиплант	11,6	0,67	0,67	0,05	0,14
НСР ₀₅		1,2	0,03	0,06	0,04	0,01

Т а б л и ц а 4. Содержание критических и незаменимых аминокислот в белке яровой пшеницы, мг/г белка

Почва участка	Вариант опыта	Thr*	Val	Met*	Phe	Ile	Leu	Lys*
<i>Сорт Контесса</i>								
Неэродированная	Контроль	37,7	56,3	22,6	60,3	44,8	85,8	20,0
	Калиплант	38,4	58,0	23,7	62,6	46,2	89,4	23,5
Среднеэродированная	Контроль	31,8	46,1	19,2	45,1	34,8	67,4	19,1
	Калиплант	36,4	54,6	22,2	60,0	43,9	86,5	26,8
Сильноэродированная	Контроль	31,5	45,7	18,7	43,2	33,9	65,2	18,8
	Калиплант	31,2	45,6	18,2	43,5	34,1	65,4	19,1
НСР ₀₅		3,8	2,8	3,9	8,2	5,5	10,1	4,4
<i>Сорт Рассвет</i>								
Неэродированная	Контроль	30,7	39,0	9,6	43,2	30,0	59,7	19,9
	Калиплант	32,7	42,3	8,9	48,5	33,2	65,1	20,6
Среднеэродированная	Контроль	31,7	41,1	8,2	42,9	30,8	58,8	20,7
	Калиплант	31,1	40,2	10,2	47,9	29,7	62,0	24,4
Сильноэродированная	Контроль	32,0	41,0	8,0	43,8	30,2	60,1	18,2
	Калиплант	32,1	41,4	11,6	46,5	31,6	62,7	17,3
НСР ₀₅		3,2	2,0	1,8	6,5	4,2	6,3	3,8

В целом увеличение суммы критических и незаменимых аминокислот в белке свидетельствует о повышении биологической ценности белка яровой пшеницы при использовании бактериального удобрения Калиплант. Наибольший положительный эффект по влиянию на суммы критических и незаменимых аминокислот в белке отмечается при возделывании яровой пшеницы на среднеэродированных почвах: для сорта Контесса повышение сора критических аминокислот составило 13%, а незаменимых – 19%, для сорта Рассвет – 4 и 3% соответственно (табл. 5). В условиях неэродированных почв применение данного удобрения также позволяло получать зерно более высокого качества: по сорту Контесса скор критических и незаменимых аминокислот увеличился на 4%, по сорту Рассвет – на 2%, незаменимых – на 6% (см. табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Влияние бактериального удобрения Калиплант на биологическую ценность белка яровой пшеницы

Почва участка	Вариант опыта	Содержание аминокислот, мг/г белка		Аминокислотный скор, % к шкале ФАО/ВОЗ	
		ΣАКкр	ΣАКн	АКкр	АКн
<i>Сорт Контесса</i>					
Неэродированная	Контроль	80,3	327,5	67,5	93,6
	Калиплант	85,6	341,8	71,9	97,7
Среднеэродированная	Контроль	70,1	263,5	58,9	75,3
	Калиплант	85,4	330,4	71,8	94,4
Сильноэродированная	Контроль	69,0	257,0	58,0	73,4
	Калиплант	68,5	257,1	57,6	73,5
<i>Сорт Рассвет</i>					
Неэродированная	Контроль	66,3	254,9	55,7	72,8
	Калиплант	68,7	276,3	57,7	78,9
Среднеэродированная	Контроль	66,7	257,5	56,1	73,6
	Калиплант	71,7	268,3	60,3	76,7
Сильноэродированная	Контроль	64,7	257,8	54,4	73,7
	Калиплант	66,7	265,8	56,1	75,9

П р и м е ч а н и е: АКкр – критические аминокислоты; АКн – незаменимые аминокислоты.

При возделывании яровой пшеницы сорта Контесса на сильноэродированной почве бактериальное удобрение Калиплант не оказывало влияния на биологическую ценность белка. Для сорта Рассвет установлено улучшение биологической ценности белка по всей почвенно-эрозийной катене, в том числе на сильноэродированной почве, при этом скор критических и незаменимых кислот за счет внесения бактериального удобрения повышался примерно на 2%.

Таким образом, анализ экспериментальных данных показал, что по биологической ценности белок бактеризованных удобрением Калиплант растений яровой пшеницы в большей степени соответствует требованиям ФАО/ВОЗ, в особенности при возделывании на водоразделе и средне-эродированной почве.

Заключение. Использование бактериального удобрения Калиплант, содержащего штамм калиймобилизирующих бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д, представляет собой новый, перспективный и экономически обоснованный элемент биотехнологии для повышения продуктивности яровой пшеницы на эрозионноопасных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на лесовидных суглинках. В среднем за три года предпосевная бактеризация семян обеспечивала прибавки на всех элементах склона (в пределах 7,0–9,1 ц/га к. ед.). Наибольший положительный эффект (9,1 ц/га к. ед.) отмечен при возделывании яровой пшеницы в условиях сильноэродированных почв, что свидетельствует об антистрессовом действии бактериального удобрения Калиплант и целесообразности его применения на эрозионноопасных почвах. Механизмы антистрессового действия обусловлены способностью *Bacillus circulans* мобилизовать калий почвенных запасов и стимулировать развитие корневой системы бактеризованных растений. Установлено также, что применение данного удобрения приводило к повышению содержания критических и незаменимых аминокислот в белке двух сортов яровой пшеницы, в том числе лизина, лимитирующего биологическую ценность белка. Наиболее значимое улучшение биологической ценности белка сортов Контецца и Рассвет отмечено при их возделывании на среднеэродированной почве: для сорта Контецца скор критических аминокислот повышался на 13%, незаменимых – на 19%, для сорта Рассвет – на 4 и 3% соответственно; а также на водоразделе: для сорта Контецца скор критических и незаменимых аминокислот повышался на 4%, для сорта Рассвет скор критических аминокислот увеличился на 2%, незаменимых – на 6%. Для сорта Рассвет установлено улучшение биологической ценности белка по всей почвенно-эрозионной катене, в том числе на сильноэродированной почве, при этом скор критических и незаменимых кислот за счет внесения бактериального удобрения повышался примерно на 2%.

Литература

1. Проектирование противоэрозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / сост. А. Ф. Черныш [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 52 с.
2. Горбунов, Н. И. Минералогия и коллоидная химия почв / Н. И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 293 с.
3. Аристовская, Т. В. Микробиология процессов почвообразования / Т. В. Аристовская. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
4. Bennett, P. C. Quartz dissolution in organic rich aqueous system / P. C. Bennett // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1991. – Vol. 55. – P. 1781–1797.
5. Laboratory evidence for microbially mediated silicate mineral dissolution in nature / W. J. Ullman [et al.] // *Chemical Geology.* – 1996. – Vol. 132. – P. 11–17.
6. Ehrlich, H. L. Geomicrobiology / H. L. Ehrlich. – New York: Marcel Dekker, 1981. – 393 p.
7. Штамм бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д для бактеризации 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 Институт почвоведения и агрохимии. – № а 20050228; заявл. 10.03.2005 // *Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці.* – 2007. – № 4 (57). – С. 112.
8. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н. А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия.* – 2007. – № 1 (38). – С. 225–231.
9. 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. науч.-практ. конф., Горки, 6–7 июня 2007 г. / БГСХА.* – Горки, 2007. – С. 225–229.
10. Михайловская, Н. А. Количественная оценка активности калиймобилизирующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н. А. Михайловская // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук.* – 2006. – № 3. – С. 41–46.
11. 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. науч.-практ. конф., Чернигов–Харьков, 12–14 июля 2004 г. / Ин-т с.-х. микробиологии; ННЦ Ин-т почвовед. и агрохим.; Междунар. ин-т калия.* – Чернигов; Харьков, 2004. – С. 223–232.

12. M i i k h a i l o u s k a y a, 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.
13. Ч а х о в с к и й, И. А. Методические рекомендации по биологической оценке продовольственного зерна / И. А. Чаховский, П. Г. Новиков. – М., 1982. – 23 с.
14. M e n g e l, K. Principles of plant nutrition / K. Mengel, E. A. Kirkby. – Bern: Int. Potash Inst, 1987. – 687 p.
15. B e r g m a n, H. Interrelationships between Microorganisms and Plants in Soil / H. Bergman // *Proc. Intern. Symp., Liblice, Czechoslovakia, June 22–27, 1987*. – Liblice, 1989. – P. 475.
16. B a t e s, L. S. Determination of free proline for water-stress studies / L. S. Bates, R. P. Waldren, I. D. Teare // *Plant Soil*. – 1973. – Vol. 39. – P. 205–207.

N. A. MIKHAILOVSKAYA, A. F. TCHERNYSH, S. A. KASYANCHYK

EFFECT OF THE BACTERIAL FERTILIZER KALIPLANT ON THE YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GROWN ON ERODED SOILS

Summary

Prospects and economic substantiation of the bacterial fertilizer Kaliplant (K-mobilizing bacteria) application for spring wheat growing are established in the field experiment conducted in accordance with the geomorphologic profile of Luvisol sandy loam soil on loess loam. Introduction of the bacterial fertilizer Kaliplant resulted in the increase of spring wheat productivity at all slope elements – by 7.0–9.1 c/ha f.u. The most significant positive effect is observed when spring wheat is grown on severely eroded soil, that indicates antistressful properties of the Kaliplant.

The bacterial fertilizer has a good influence on biological value of spring wheat protein owing to the increase of critical and irreplaceable amino acids content including lysine. The most significant improvements of protein biological values are observed when spring wheat is grown on moderately eroded and not eroded soils.