

in Pichaevsk district of Tambov region, located on the North-East of CCR. In this district the percentage of middle supplied (41...80 mg/kg) with potassium soil is the highest – 62.3 %. As a whole, the lowest weighted average content of mobile potassium forms is noted in Kursk (96 mg/kg), Lipetsk (101 mg/kg) and Tambov (102 mg/kg) regions, where the percentage of soils, middle supplied with this element, is 40.2, 33.0 and 23.8 % respectively, though soils with raised content of its mobile forms (81...120 mg/kg) dominate.

Arable soils in Belgorod and Voronezh regions are characterized by the highest weighted average content of mobile potassium (127 and 123 mg/kg respectively). In Belgorod region the high content of mobile forms of this element (121...180 mg/kg) is characteristic for 36.1 % of inspected soils, and a very high one (more than 180 mg/kg) – for 11.0 % of inspected soils. In Voronezh region these indices are 43.9 and 6.8 % correspondingly. Such soils generally predominate in steppe zone, located on the East and South-East of those regions. In spite of enough stable content of mobile forms of potassium intake of this element in agricultural landscapes should be increased.

Key words: Chernozem, total potassium, mobile forms of potassium, balance, fertilizers.

УДК 631.4

ДЛИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ЦЕНТРА ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ*

Ю.Г. ЧЕНДЕВ, доктор географических наук, зав. кафедрой

Л.Г. СМЕРНОВА, доктор биологических наук, профессор

А.Н. ПЕТИН, доктор географических наук, декан

Н.С. КУХАРУК, кандидат биологических наук, доцент

Л.Л. НОВЫХ, кандидат биологических наук, доцент

Национальный исследовательский университет «БелГУ»

E-mail: Kuharuk@bsu.edu.ru

Резюме. В статье приводятся результаты сравнительного анализа содержания гумуса в черноземах разновозрастных пашен, проведенного методом почвенных агрохронорядов. Выявлено, что на ровных водоразделах в условиях традиционно применяемой агротехники наибольшая интенсивность потерь гумуса в горизонте $A_{\text{пах}}$ (0,03...0,04 % ежегодно) наблюдается в течение первых 50...70 лет распашки. В дальнейшем интенсивность дегумификации снижается, однако потери продолжают. В длительно осваиваемых (140...240 лет) черноземах выявлена тенденция снижения скорости агрогенной дегумификации пахотных горизонтов и почвенных профилей в ряду «чернозем выщелоченный – чернозем типичный – чернозем обыкновенный». На юге Среднерусской возвышенности соотношение темпов и объемов средних потерь гумуса в пахотных почвах склонов с таковыми на абсолютно ровных поверхностях оценивается как 3:1.

Ключевые слова: пахотные черноземы, содержание и запасы гумуса, дегумификация, лесостепь и степь, Восточно-Европейская равнина, Среднерусская возвышенность.

Плодородие почвенного покрова всегда расценивалось как один из важнейших атрибутов природно-ресурсного потенциала, определяющий продовольственную, экономическую и политическую стабильность государств. В России этот аспект имеет особенное звучание из-за широкого распространения черноземных почв – одного из главных природных богатств нашей страны. Гумусовое состояние черноземов и его изменение под влиянием антропогенных факторов (в особенности распашки) многократно обсуждались в научной литературе [1...9 и др.]. Тем не менее, в про-

блеме мониторинга гумусового состояния черноземов остается еще много нерешенных вопросов. В частности, наряду с известным мнением об их быстротечной, почти катастрофической дегумификации в течение последнего столетия [10, 11, 8], существует иная точка зрения – потери гумуса в почвах пашни степной и лесостепной зон преувеличены [3, 12, 7 и др.]. Юг Среднерусской возвышенности (Белгородская область) с высокой степенью хозяйственной освоенности и густым долинно-балочным расчленением в значительной степени охвачен эрозионными процессами. В связи с этим большой методический и прикладной интерес представляют расчеты вклада поверхностной эрозии в дегумификацию пахотных черноземов рассматриваемого региона. Также нет единого мнения по вопросу соотношения интенсивности дегумификации зональных подтипов черноземов, а также черноземов на склоновых и ровных поверхностях в процессе их длительного земледельческого освоения [1, 13, 5, 9 и др.].

Цель нашей работы – изучение гумусового состояния черноземов разновозрастных пашен в центре Восточно-Европейской равнины.

Задачи исследования: сбор и анализ данных, включающий экспериментальные исследования авторов, об изменении во времени содержания гумуса в пахотных горизонтах черноземов, формирующихся на ровных водоразделах;

выявление зональных особенностей изменения содержания гумуса в различных подтипах пахотных черноземов во времени;

расчет вклада поверхностной эрозии в дегумификацию пахотных черноземов на территории юга Среднерусской возвышенности.

Условия, материалы и методы. Почвенный покров исследуемой территории представлен тремя подтипами черноземов – выщелоченным, типичным и обыкновенным. Большая часть собранных данных относится к территории Белгородской и частично Курской и Воронежской областей – в пределах юга лесостепной и севера степной зон. Объектом исследования были черноземные почвы и их гумусное состояние.

Изучали почвы ровных водоразделов, используемые в богарном земледелии, с преобладающим спо-

* Работа выполнена при поддержке гранта № 2.1.1/9571 аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 гг.)»

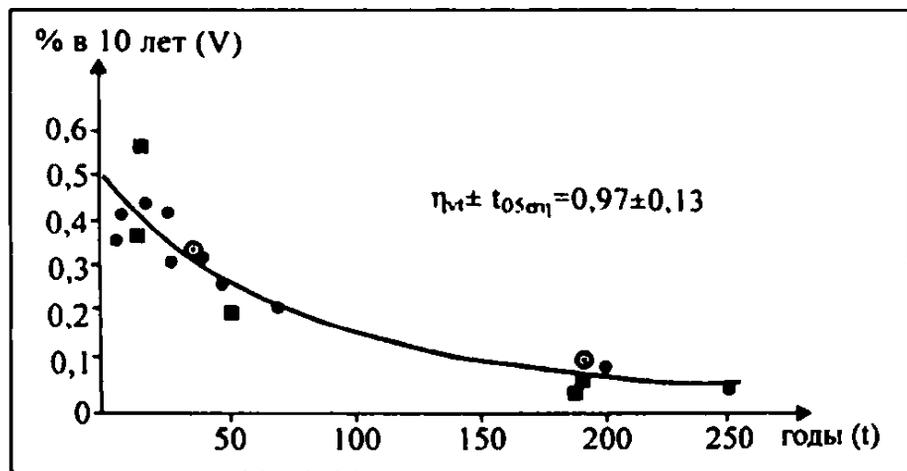


Рис. 1. Темпы снижения абсолютного содержания гумуса в горизонте $A_{\text{гум}}$ (слой 0...25 см) при распашке незероированных черноземов тяжелого механического состава Центральной части Восточно-Европейской равнины (по данным из работ [2, 3, 12, 13] и собственных исследований авторов): ○ – выщелоченный; ● – типичный; ■ – обыкновенный.

соединением обработок в виде вспашки с оборотом пласта. До исследования приемы агротехники характеризовались пространственной однородностью. В почвах агроландшафтов, насыщенных зерно-пропашными севооборотами, длительное время наблюдался отрицательный баланс гумуса, обусловленный недостаточным внесением органических удобрений, дозы которых варьировали, но никогда не превышали 5 т/га подстилочного навоза в год.

С использованием материалов крупномасштабного почвенного картографирования, включающих почвенные карты и подробную характеристику почв сельскохозяйственных предприятий, мы составили карту мест заложения почвенных разрезов на плакорах в восточной части Белгородской области (вблизи границы лесостепи и степи), общее число которых составило 293 на площади 8800 км². Обследование типичных и выщелоченных черноземов проведено в 1973-1996 гг. Свойства обыкновенных черноземов соответствуют состоянию в период 1974-1983 гг. На изготовленную карту масштаба 1:200 000 были перенесены контуры пашен и целинных степных земель по состоянию на конец XVIII века (1784-1789 гг.). Для сравнительного анализа отбирали разрезы на участках с возрастом распашки менее, равным и более 200 лет. Согласно историческим и историко-картографическим сведениям, средний возраст распашки длительно осваиваемых черноземов равен 240 годам (крайние датировки – 1700-1789 гг.), а черноземов, освоенных позднее, примерно 140 годам при варьировании времени начала распашки с 1784 по 1900 гг. В результате были найдены следующие выборки по двум градациям возраста распашки почв (до 140 лет и 140...240 лет): для черноземов выщелоченных и обыкновенных – примерно по 40 пар разрезов, для черноземов типичных – по 70 пар.

Сравнение выборок по двум градациям возраста распашки проводили с учетом равенства дисперсий (определяли критерий Фишера), а достоверность разности средних значений устанавливали путем ее сравнения с наименьшей существенной разностью ($НСР_{05}$).

Почвы разновозрастных пашен сравнивали по содержанию гумуса. Различная обеспеченность данными

по вертикали почвенных профилей, находящимися в отчетах по проведению крупномасштабной почвенной съемки, обусловила создание разных по объему послойно анализируемых выборок. Все выборки подвергали частотной обработке.

Результаты и обсуждение. Известные авторам сведения о темпах дегумификации черноземов при распашке целинных или залежных почв [2, 3, 14, 15] и собственные наблюдения свидетельствуют о том, что изменение во времени скорости дегумификации пахотных автоморфных черноземов определяется экспоненциальной зависимостью (см. рисунок). По данным разных авторов [2, 3, 7, 9, 16] содержание гумуса в слое 0...20 см автоморфных целинных черноземов лесостепи и северной части степной зоны центра Восточно-Европейской равнины имеет незначительное пространственное варьирование и слабо связано с их подтиповой принадлежностью, составляя 8...9 % от массы почвы. На первых стадиях распашки скорость дегумификации максимальна – 0,5...0,4 % абсолютного содержания органического вещества за 10 лет. Интенсивность потерь гумуса в почвах через 50...70 лет после начала их освоения заметно снижается. В дальнейшем процесс приобретает близкую к линейной зависимость от времени. При этом полного прекращения дегумификации пахотных черноземов по достижении ими 6 %-ного содержания гумуса, как считали ранее [3], не происходит. Дегумификация медленно охватывает всю толщу профиля и продолжается столетия после начала земледельческого освоения черноземов.

В отдельных районах на абсолютно ровных водораздельных поверхностях встречались выпашанные черноземы с содержанием гумуса в горизонте $A_{\text{гум}}$ 3...3,5 %, тогда как в их фоновых аналогах на целине оно составляло 7,5...8,0 %.

Кривые распределения изучаемого показателя оказались одновершинными и с небольшими лево- или правосторонними асимметриями.

Сравнивая между собой изменения содержания гумуса в трех исследуемых подтипах черноземов (табл. 1) во времени, нетрудно обнаружить снижение интенсивности потерь органического вещества как в пахотных слоях, так и в более глуболежащей толще в ряду «чернозем выщелоченный – чернозем типичный – чернозем обыкновенный» (табл. 2). Это не соответствует взглядам Д.И. Щеглова [9] и некоторых других авторов [1], признающих, что наиболее интенсивные потери гумуса происходят в пахотных черноземах типичных и менее интенсивные – в черноземах выщелоченных.

За период 140...240 лет распашки достоверное снижение содержания гумуса в черноземах выщелоченных произошло до глубины 125 см, в черноземах типичных –

Таблица 1. Содержание гумуса в черноземах выщелоченных, типичных и обыкновенных на ровных водоразделах с разной длительностью земледельческого использования на юге Среднерусской возвышенности (данные авторов), %

Распашка, лет	Слой, см	Черноземы выщелоченные		Черноземы типичные		Черноземы обыкновенные	
		n	$\bar{X} \pm \delta_x$	n	$\bar{X} \pm \delta_x$	n	$\bar{X} \pm \delta_x$
140	0...25	38	6,18±0,11	68	6,16±0,10	37	5,84±0,12
	25...50	34	5,04±0,20	34	5,29±0,16	23	5,53±0,23
	50...75	35	4,14±0,19	68	4,09±0,12	29	4,07±0,18
	75...100	26	2,58±0,20	45	2,66±0,14	20	2,13±0,20
	100...125	22	1,53±0,16	31	1,32±0,12	10	1,24±0,24
240	0...25	36	5,25±0,13	74	5,54±0,11	42	5,48±0,08
	25...50	34	4,22±0,17	42	4,56±0,16	31	4,90±0,12
	50...75	34	3,48±0,18	66	3,74±0,13	33	3,74±0,14
	75...100	28	2,07±0,15	52	2,38±0,14	25	2,46±0,21
	100...125	15	0,82±0,06	40	1,23±0,09	10	1,04±0,13

до 75 см, в черноземах обыкновенных – до 50 см (табл. 2). Направленная во времени дегумификация глуболежащих слоев пахотных черноземов признается не всеми исследователями [4]. Однако наши выводы подтверждают эту закономерность.

Анализ разнообразных исторических источников (в том числе разновременных карт и результатов земельно-оценочных работ) позволяет рассчитать средний возраст современных пахотных почв Белгородской области, который оказался равным 240 годам. Было также установлено, что стартовыми точками отсчета агротехногенного изменения гумусового состояния почв изучаемой территории (до момента вовлечения их в распашку) можно считать содержание гумуса в почве в слое 0...20 см – 8,2 %, а его запасы в слое 0...1 м – 550 т/га [16].

Согласно результатам массовых агрохимических анализов, современное средневзвешенное содержание гумуса в пахотном слое почв Белгородской области составляет 4,81 %. С учетом среднего возраста распашки современных почв и первоначального содержания гумуса на целине можно определить, что средняя скорость его уменьшения в пахотном слое составляет 0,14 % в течение 10 лет, что эквивалентно ежегодным потерям на уровне 340 кг/га. В относительном исчислении потери органического вещества из пахотного слоя почв Белгородской области составили 41,5 % от первоначальных запасов.

Исходя из соотношения площадей слабогумусных, малогумусных и среднегумусных разностей каждого подтипа пахотных почв Белгородской области, а также с учетом сведений о запасах гумуса в указанных категориях почв [13], были рассчитаны средние запасы гумуса в метровом слое для пахотных почв современного периода, которые оказались равны 420 т/га. Следовательно, разница между исходными и современными запасами органического вещества в почвах достигла 130 т/га, что равноценно утрате из этого слоя 23,6 % органического вещества относительно первоначальных запасов. Ежегодная убыль гумуса в метровом слое пахотных почв оценивается массой в 540 кг/га. Приводимые расчеты отражают, главным образом, состояние черноземных почв, доля которых в Белгородской области равна 77 % от общей площади почвенного покрова [13].

Таблица 2. Изменение содержания гумуса в профилях плакорных черноземов за период земледельческого освоения 140...240 лет (по результатам массовых обследований почв на юге Среднерусской возвышенности)

Слой, см	Черноземы выщелоченные		Черноземы типичные		Черноземы обыкновенные	
	изменение	НСР ₀₅	изменение	НСР ₀₅	изменение	НСР ₀₅
0...25	-0,93	0,34	-0,62	0,30	-0,36	0,28
25...50	-0,82	0,52	-0,73	0,46	-0,63	0,52
50...75	-0,66	0,52	-0,35	0,35	-0,33	0,46
75...100	-0,51	0,50	-0,28	0,40	+0,33	0,59
100...125	-0,71	0,35	-0,09	0,30	-0,20	0,57

Примечание: достоверные изменения выделены жирным шрифтом.

Найденные общие потери органического вещества почв складываются из двух составляющих: минерализация в результате «выпахивания» и удаление с верхними почвенными слоями вследствие эрозии. Учет доли эродированных почв в почвенном покрове пашни Белгородской области (49,9 % от общей площади), общего объема и массы смытого гумусированного мелкозема (0,984 км³ и 1,13 × 10⁹ т [17]), позволил установить, что за весь период освоения средняя скорость дегумификации в слое 0...20 см почв на абсолютно ровных поверхностях составляет 0,06 % за 10 лет, а на склоновых – 0,22 % за 10 лет. При этом на склоновых землях темпы потерь гумуса в результате эрозии соотносились с темпами потерь от «выпахивания» в пропорции 0,16:0,06 ≈ 3:1.

Выводы. Потери органического вещества черноземов центра Восточно-Европейской равнины в результате «выпахивания» (без учета эрозии) продолжают на протяжении всего периода непрерывного земледельческого освоения территории (столетия). При этом интенсивность дегумификации после 50...70 лет пребывания черноземов в пахотном состоянии заметно снижается.

На ровных водоразделах с применением обычной агротехники (с низкими дозами ежегодно вносимых органических удобрений) на юге Среднерусской возвышенности выявлена тенденция снижения скорости агrogenной дегумификации пахотных горизонтов и в целом почвенных профилей в ряду «чернозем выщелоченный – чернозем типичный – чернозем обыкновенный».

За всю историю земледельческого освоения почв на юге Среднерусской возвышенности (средний возраст распашки 240 лет) в метровой толще черноземов утрачено 24 % исходных запасов гумуса, а ежегодная убыль органического вещества оценивается массой в 540 кг/га. Соотношение темпов и объемов средних потерь гумуса в пахотных почвах склонов с таковыми на абсолютно ровных поверхностях оценивается как 3:1.

Литература.

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под общ. редакцией А.П. Щербакова, И.И. Васенева. – Курск, 1996. – 330 с.
2. Адерихин П.Г. Изменение черноземных почв ЦЧО при использовании их в сельском хозяйстве // Черноземы ЦЧО и их плодородие. – М.: Наука, 1964. – С. 61-89.
3. Афанасьева Е.А. Черноземы Средне-Русской возвышенности. – М.: Наука, 1966. – 224 с.
4. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Изменение гумусного состояния лесостепных и степных черноземов под курганами и при длительной распашке // Почвоведение. – 2002. – № 2. – С. 140-149.
5. Глазовская М.А. Агrogenная трансформация факторов и механизмов изменения запасов гумуса в толще пахотных почв // Проблемы эволюции почв: Материалы IV Всероссийской конф. - Пушкино, 2003. – С. 201-210.
6. Крупеников И.А. Чернозем на рубеже веков // Почвоведение. – 2002. – №9. – С. 1134-1137.
7. Орлов Д.С., Биюркова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 254 с.
8. Чесняк Г.Я., Гаврилюк Ф.Я., Крупеников И.А. и др. Гумусовое состояние черноземов // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М.: Наука, 1983. – С. 186-198.
9. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.
10. Ахтырцев Б.П. Экологические проблемы использования, антропогенная эволюция и современное состояние среднерусских черноземов // Воронежский краевед. – Воронеж, 1991. – Вып. 1. – С. 104-117.
11. Зонн С.В., Травлев А.П. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв. – К.: Наук. думка, 1989. – 214 с.
12. Кокovina Т.П., Лебедева И.И. Современное состояние черноземов под пашней // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. – М.: ВАСХНИЛ, 1990. – С. 27-35.
13. Ахтырцев Б.П., Соловichenko В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1984. – 267 с.

14. Почвенно-агрохимические основы устойчивости земледелия Центрально-Черноземной Зоны / Под общ. редакцией Н.З. Милащенко. – М.: Агропромиздат, 1991. – 142 с.
15. Сидоров М.И., Хабаров Н.И., Небольсин И.М. и др. Эффективность и совершенствование систем земледелия ЦЧЗ. – Воронеж: Центрально-Черноземное кн. изд-во, 1983. – 94 с.
16. Чендев Ю.Г., Авраменко П.М., Лицуков С.Д. Изменение гумусного состояния пахотных почв Белгородской области // Агрохимия. – 1998. – № 6. – С. 12-20.
17. Чендев Ю.Г., Петин А.Н. Потери минеральных составляющих ландшафта на юге Среднерусской возвышенности // Экономика природопользования Алтайского региона: история, современность, перспективы: Материалы конф. – Барнаул, 2000. – С. 182-186.

PROLONGED CHANGES IN HUMUS CONTENT FOR ARABLE CHERNOZEMS OF EASTERN EUROPEAN PLAIN CENTER

Yu. G. Chendev, L. G. Smirnova, A.N. Petin, N.S. Kukharuk, L.L. Novykh

Summary. In the article by method of soil's agrochronosequences results of humus content comparative analysis in chernozems with different ages of cultivation are given. Under the conditions of traditionally used agricultural engineering on the flat watersheds the maximum intensity of humus losses in Ap horizon (0,03-0,04 % of absolute contents annually) is observed for the first 50-70 years of plowing. Subsequently the intensity of dehumification reduces; however, losses of humus continue. For the prolongedly mastered (140-240 years) chernozems is revealed the tendency of reduction in speed of agrogenic dehumification of arable horizons and soil profiles in a number "leached chernozem – typical chernozem – ordinary chernozem". In the south of Central Russian Upland the relationship of rates and volumes of average losses of humus in the arable soils of slopes with the same index on absolutely flat surfaces is evaluated as 3:1.

Key words: Arable chernozems, content and reserves of humus, dehumification, forest-steppe and steppe, Eastern European Plain, Central Russian Upland.

УДК 579.64:631.86

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

А.А. ЗАВАЛИН, член-корреспондент Россельхозакадемии, зав. лабораторией

ВНИИ агрохимии им. Д.Н.Прянишникова Россельхозакадемии

E-mail: otdzem@mail.ru

Резюме. Показаны механизмы действия биопрепаратов на растения, заключающиеся в улучшении азотного и фосфорного питания; интенсификации накопления биомассы, подавлении развития болезней; повышении коэффициентов использования элементов питания из удобрений и почвы. Инокуляция семян яровых и озимых зерновых культур, кукурузы, многолетних трав и клубней картофеля повышает урожайность на 15...30 %. Эффективность биопрепаратов эквивалентна внесению под культуры азотного удобрения в дозах от 30 до 45 кг/г а д.в. Биопрепараты равноценно минеральным удобрениям воздействуют на показатели качества растениеводческой продукции. Нанесение биопрепарата, созданного на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13, на гранулы азотного удобрения увеличивает коэффициент использования яровой пшеницей азота из удобрения в 1,2-1,5 раз, оплату 1 кг азота удобрения прибавкой урожая зерна, а также накопление фосфора и калия в урожае в 1,1-1,4 раза. Дополнительным источником улучшения фосфорного питания растений может стать использование арбускулярной микоризы.

Ключевые слова: биопрепараты, удобрения, урожайность, использование элементов питания, окупаемость удобрений.

тений, улучшение хранения продукции); повышение коэффициентов использования элементов питания из удобрений и почвы; увеличение устойчивости растений к стрессовым условиям (дефицит атмосферных осадков, неблагоприятные температуры, повышенная кислотность, засоление или загрязнение почвы веществами различной природы).

Биопрепараты положительно влияют на всхожесть семян и образование корней растений, снижая развитие корневых гнилей. Инокулянты стимулируют увеличение биомассы растений по фазам вегетации, при этом характер их действия определяется видом используемого препарата, а также штаммом микроорганизмов и сортовыми особенностями растений.

Как показывают результаты полевых опытов, обработка семян ризоагрином и флавобактерином обеспечивает снижение развития корневых гнилей у озимой пшеницы при различных погодных условиях на 14...45 %. На озимой тритикале указанные биопрепараты снижали развитие этих заболеваний в 1,2-1,3 раза, а распространенность – в 1,3-1,7 раз. Причем на обеих культурах более эффективной была бинарная инокуляция. Пораженность озимой ржи корневыми гнилями при использовании биопрепаратов снижалась в 1,5 раза. Ризоагрин и флавобактерин, как при отдельной, так и при бинарной инокуляции семян повышали перезимовку озимых культур.

В полевых опытах с озимой пшеницей, озимой рожью, озимой тритикале, яровой пшеницей, ячменем, овсом, кукурузой на зерно и силос, картофелем на различных типах почвы во многих регионах России установлено, что в результате инокуляции семенного материала биопрепаратами ризосферных diaзотрофов в начале вегетации изменения концентрации азота, фосфора и калия в растениях не происходило, то есть

Российские ученые в последние годы создали биопрепараты [1], применение которых обеспечивает повышение урожайности бобовых и небобовых культур [2]. Основные механизмы действия микроорганизмов на растения состоят в следующем – улучшение азотного питания (фиксация атмосферного азота); оптимизация фосфорного питания; стимуляция роста и развития (более быстрое развитие и созревание урожая); подавление фитопатогенов (контроль за развитием болезней и снижение поражённости рас-