

УДК 635.21:631.841.7
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-104-108>

Сычёв В.Г.¹,
 Аканова Н.И.¹,
 Визирская М.М.²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
 «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
 (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)
 127550, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова 31А
 E-mail: info@vniia-pr.ru, N_Akanova@mail.ru
² «ЕвроХим Трейдинг Рус»
 115054 Москва, ул. Дубининская, 53, стр.6
 E-mail: mariya.vizirskaya@eurochem.ru

Ключевые слова: картофель, азот, качество клубней, плодородие, потери азота, ингибитор, уреазы, урожайность.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сычёв В.Г., Аканова Н.И., Визирская М.М. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАРБАМИДА С ИНГИБИТОРОМ УРЕАЗЫ НА КАРТОФЕЛЕ. Овощи России. 2019;(3):104-108.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-104-108>

Поступила в редакцию: 23.04.2019
Опубликована: 25.06.2019

Sychev V.G.¹,
 Akanova N.I.¹,
 Vizirskaya M.M.²

¹FSBSI "Institute of Agrochemistry"
 127550, Russia, Moscow, st. Pryanishnikov 31A
 E-mail: info@vniia-pr.ru, N_Akanova@mail.ru
² EuroChem Trading Rus
 115054 Moscow, st. Dubininskaya, 53, p.6
 E-mail: mariya.vizirskaya@eurochem.ru

Keywords: potatoes, nitrogen, quality of tubers, fertility, nitrogen loss, inhibitor, urease, yield.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Sychev V.G., Akanova N.I., Vizirskaya M.M. EFFECTIVENESS OF UREA WITH UREASE INHIBITOR – UTEC TO THE POTATO. Vegetable crops of Russia. 2019;(3):104-108 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-104-108>

Received: 23.04.2019
Accepted: 25.06.2019

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАРБАМИДА С ИНГИБИТОРОМ УРЕАЗЫ НА КАРТОФЕЛЕ



В статье приведены результаты исследований по эффективности карбамида с добавкой ингибитора уреазы – UTEC на посадках картофеля. Полевой опыт был заложен в 2017 году на солонцеватой светло-каштановой почве тяжелого гранулометрического состава в условиях Волгоградской области на экспериментальном полигоне Нижне-Волжского НИИСХ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН». В качестве объекта исследований использовали картофель среднеранний столовый сорта Невский. Выявлено преимущество новой формы удобрения в повышении урожая клубней и улучшения их качества. При использовании карбамида UTEC формируется урожай клубней с наилучшим соотношением фракций. Применение карбамида UTEC обеспечило получение урожайности картофеля 56,4 т/га, масса товарных клубней составила 54,82 т/га, общая прибавка урожая к контролю – 35,6%, в денежном выражении это составило 245887,0 руб/га дополнительной прибыли. В этих условиях отмечен наименьший выход фуражной продукции 0,16 т/га, что в 2,65 раз меньше, чем в контрольном варианте. Выявлено преимущество применения карбамида UTEC в сравнении с аммиачной селитрой, получено увеличение урожая товарного картофеля на 5,1 т/га и дополнительной прибыли 76,8 тыс. руб/га. Оценка качества картофеля показала, что наилучшим вариантом был также вариант с использованием карбамида UTEC, содержание крахмала в клубнях составило 9,22%. Отметим, что практически такая же величина показателя в варианте с применением карбамида (вариант 2), а наименьшее содержание крахмала отмечено при использовании аммиачной селитры – 9,05%.

EFFECTIVENESS OF UREA WITH UREASE INHIBITOR – UTEC TO THE POTATO

In the article are presented the research result on effectiveness of application new form of urea on potato. New urea form is urea with urease inhibitors. This fertilizers type allow to reduce losses of nitrogen in ammonium form. Field experiment was carried out in 2017 on solonch light chestnut soils with heavy granulometric compound in the conditions of the Volgograd region in the experimental polygon of the lower Volga agricultural research Institute – branch of Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific center for agro-ecology, integrated land reclamation and protective afforestation wounds". As an object of research used potatoes mid-early table varieties Nevsky. The advantage of a new fertilizer form is the yield increase and improvement of tubers quality. Urea UTEC application leads to formation bigger and uniform tuber size. The use of urea UTEC provide the potato yield of 56.4 t/ha, with marketable tubers fraction up to 54.82 t/ha, the total yield increase to the control – 35.6%, in monetary terms this amounted to 245887.0 RUB/ha additional profit. Under these conditions, was obtained lowest amount of non-marketable yield – 0.16 t/ha, which is 2.65 times less than in the control variant. The advantage of urea UTEC application in comparison with ammonium nitrate was the increase in the yield of marketable potatoes by 5.1 t/ha and an additional profit up to 76.8 thousand rubles/ha. The Assessment of the potato quality showed that the best treatment was also the treatment with UTEC urea, the starch content in tubers was 9.22%. Note that almost the same value of the indicator in the variant with the use of urea (option 2), and the lowest starch content was noted when using ammonium nitrate – 9.05%.

Одним из основных необходимых элементов питания растений является азот, источником которого могут быть минеральные удобрения, например, такие как мочевины или аммиачная селитра. Усвоение этого элемента растениями происходит в форме нитрат-иона или иона аммония [1]. Трансформация азотных удобрений в почве сопровождается потерей элемента питания, которая значительно снижает эффективность использования азота растениями. Помимо того, потери азота в разных формах – в газообразной (аммиак, оксиды азота) или в результате вымывания (нитраты) – оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, загрязняя воздух и водные ресурсы, что ведет не только к ухудшению обеспеченности ими растений, но и к загрязнению окружающей среды [2, 3]. После попадания в почву карбамид подвергается гидролизу с образованием аммонийного азота, благодаря содержащемуся в почве энзиму уреазы, после чего следует окисление аммиака до нитрита (промежуточное) и, в конце концов, до нитрата. В ходе этих процессов потери внесенного азота могут составлять, в зависимости от почвенно-климатических условий, до 20-60% в виде NH_3 , 2-4% – в форме N_2O , 20-40% – в виде NO и до 60% – в виде NO_3 [4].

В настоящее время на посевах практически всех сельскохозяйственных культур удобрения вносят дробно (основное, обогащение посевного материала, пред- и припосевное, подкормки). Это позволяет обеспечить необходимый уровень питания растениям на протяжении всего онтогенеза и уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду, но возрастают затраты на применение удобрений. Решить эту проблему можно при использовании удобрений повышенной эффективности, содержащих ингибиторы, которые позволяют вносить их один раз за вегетацию, или хотя бы сократить кратность применения.

Ингибиторы уреазы, как добавки к удобрениям, блокируют деятельность фермента уреазы, выделяемый уреабактериями и корнями растений, в зоне контакта удобрения с почвенным раствором [5]. Фермент уреазы превращает молекулу мочевины в гидрокарбонат аммония –

соединение весьма нестабильное, распадающееся с образованием свободного аммиака, который теряется в атмосферу. Следует отметить, что выделяющийся из удобрения аммиак сохраняется в почве длительное время, препятствуя образованию нитратного азота и оказывается токсичным для молодых проростков.

Для ингибирования энзима уреазы, как правило, используют активный ингредиент НБТФТ ((н-бутил) тиофосфорный триамид) в виде различных формул, который может использоваться в мочеvine или аммиачной селитре [6]. Одним из таких видов азотных удобрений является карбамид модифицированный УТЕС. Жидкий ингибитор уреазы вводят в карбамид перед гранулированием, что способствует при применении удлинению периода доступности карбамида для растений, создаются благоприятные условия для прорастания семян и старта вегетации, снижается фитотоксическое действие удобрений на растения.

По сравнению с обычным карбамидом, УТЕС защищает удобрение от действия уреазы во время гидролиза после его внесения в почву, что обеспечивает задержку трансформации амидного азота в аммонийный на 10-15 суток [7, 8]. Это способствует снижению потерь азота в виде аммиака до 60% по сравнению с потерями из обычного карбамида, даже при запаздывании с заделкой его в почву [9].

Эффективность ингибиторов уреазы зависит от факторов окружающей среды. Имеются сведения, что pH почвы >7 повышает общую эмиссию NH_3 , а повышенный температурный режим почвы увеличивает скорость гидролиза [10]. Замедление нитрификации посредством ингибиторов дает целый ряд преимуществ:

- при поверхностном внесении карбамида уменьшают потери аммиака;
- снижает нитратное загрязнение продукции, почв и грунтовых вод;
- процесс поглощения азота карбамида в виде молекулы становится пролонгированным;
- при припосевном внесении карбамида снижение токсического действия избытка выделяющегося аммиака на проростки, особенно при внесении высоких норм удобрений [11].

Эти преимущества позволяют более рационально применять карбамид, например, в сухой период или во время кратковременных дождей, предотвращаются потери азота в виде NH_3 . Если впоследствии выпадают осадки, удобрение эффективно действует в качестве подкормки. Использование карбамида УТЕС может повысить эффективность его использования до 20% и способствовать снижению норм внесения без ущерба для урожайности в среднем на 5-10% при тех же нормах внесения [12].

Материал и методика исследований

С целью оценки эффективности карбамида УТЕС в 2017 году был заложен полевой опыт на солонцеватой светлокаштановой почве тяжелого гранулометрического состава на экспериментальном полигоне Нижне-Волжского НИИСХ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН». Актуальность темы исследований состояла в том, что инновационная технология и эффективный инструмент сокращения потерь – ингибирование процесса трансформации азота в почве. Такие продукты от «ЕвроХим», как УТЕС, оказались наиболее эффективными в мировой практике.

Гранулометрический состав почвы по почвенному профилю в основном представлен крупнопылеватыми и илистыми частицами. Высокое содержание глины и наличие плотного иллювиального горизонта затрудняет фильтрацию атмосферных осадков, а плохая оструктуренность и солонцеватость почвы способствуют быстрой усадке пахотного слоя, заплыванию поверхности и образованию почвенной корки, неравномерному поспеванию почвы весной и образованию сети трещин в засушливую погоду.

Вегетационный период для овощных культур сложился как не типичный для Волгоградской области. С апреля по май выпало 80,1 мм осадков. Вследствие этого посадка картофеля была отложена на более поздние сроки.

Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 2,27% (по Тюрину), pH водн. – 7,49, содержание

Таблица 1. Состав обменных катионов почвы опытного участка в пахотном слое (до закладки опыта)
Table 1. The composition of the exchangeable cations of the soil of the experimental plot in the topsoil (before experience)

Слой почвы, м	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
	мг.экв. на 100 г почвы					в % от суммы			
0-0,2	8,6	3,4	2,3	1,7	16,0	50,23	23,1	15,2	9,73

(мг/100 г) NO₃ – 1,26, P₂O₅ – 8,82 и K₂O – 40,43. Количественный состав обменных оснований представлен в таблице 1.

В качестве объекта исследований использовали картофель среднеранний столовый сорта Невский. Сорт экологически пластичный, адаптирован к разнообразным агроклиматическим условиям, устойчив к засухе и кратковременному переувлажнению, имеет высокую устойчивость к фитофторозу, парше, черной ножке и другим грибковым заболеваниям.

При проведении фенологических наблюдений учитывали, что если не менее 10% растений на делянке вступало в определяемую фазу развития, то этот день считали за начало её наступления. Когда в фазу вступали >75% растений – отмечали массовое наступление фазы развития.

Схема опыта на картофеле состояла из 4 вариантов:

1. Контроль (без удобрений).
2. Карбамид – 195 кг/га (ф.м.).
3. Карбамид UTEC – 195 кг/га (ф.м.).
4. Аммиачная селитра – 262 кг/га (ф.м.).

Удобрения вносили ленточно, на глубину 8-10 см, в ряды. Площадь опытной делянки – 1800 м² (4,5 м x 400 м). Повторность опыта 4-х кратная.

Обсуждение результатов

Внесение различных форм азотных удобрений не отразилось на длительности прохождения фенологических фаз развития картофеля, во всех вариантах опыта вегетационный период составил 90 суток от периода всходов.

Как показали полученные данные (рис.1), форма азотных удобрений оказала существенное влияние на содержание нитратного азота в почве: наибольшее содержание в начальные периоды развития отмечалось на фоне карбамида (2 вариант) и аммиачной селитры (4 вариант), наименьшее – в варианте с внесением карбамида UTEC (3 вариант). Однако внесение достаточного количества удобрений не привело к дефициту азота в почве.

Следует отметить, что к фазе цветения содержание нитратного азота в варианте с внесением аммиачной селитры снижается, а на фоне применения карбамида – повышается. К концу вегетации картофеля в контрольном варианте содержание нитратного азота составляет 6,07 мг/100 г, наибольшее – в вариантах с внесением карбамида – 24,16-27,17 мг/100 г, достоверно более низкое – при внесении аммиачной селитры – 20,27 мг/100 г почвы.

Результаты анализа химического состава надземной части растений

показывают, что пролонгированное действие карбамида UTEC обеспечило большее накопление азота в ботве – 4,46 мг/кг, а на фоне внесения аммиачной селитры содержание азота наименьшее – 3,3 мг/кг (рис. 2).

Включение в питание растений картофеля карбамида UTEC положительно отразилось на формировании продуктивности (табл. 2). Самая низкая масса растения – 301 г/куст в фазу бутонизации отмечена в контрольном варианте. Внесение карбамида имело некоторые преимущества перед аммиачной селитрой, масса ботвы в эту фазу составила 401 г/куст. Наибольшая величина показателя отмечена в варианте с использованием карбамида UTEC (3 вар.) – 463 г/куст (табл. 2).

Выявленные закономерности сохранились во все фазы развития растений. В период окончания цветения растений масса ботвы в варианте с применением карбамида UTEC превышала таковой показатель в варианте с аммиачной селитрой на 100 г/куст или на 19,5%, а масса клубней – на 34 г/куст или на 5,5%. В сравнении с контролем увеличение анализируемых показателей было на 40,2% и 32,1% соответственно. При сопоставлении результатов с контрольным вариантом выявлено, что количество стеблей при внесении азотных удобрений увеличилось с 4 до 8, при этом форма удобрения значимого влияния не оказала.

Темпы формирования биомассы растений обусловили различия в урожайности (табл. 3). Наибольшая прибавка урожайности клубней в сравнении с контролем получена при внесении карбамида UTEC (вариант 3) – 14,8 т/га или 35,6%. Следует отметить, что хотя между вариантами с различными формами карбамида разница по урожайности не достоверна, в варианте с карбамидом UTEC наблюдали положительную тенденцию к увеличению продуктивности.

В сравнении с вариантом, где вносили аммиачную селитру (4 вариант) выявлена достоверная разница с вариантом карбамид UTEC (вариант 3) на 2,6 т/га или на 5% (табл. 3). Стоит особо обратить внимание на то, что при внесении карбамида UTEC сформировался урожай клубней с наибольшим выходом продуктовой фракции – 54,8 т/га. Наибольший выход фуражной продукции отмечен в контрольном варианте – 0,43 т/га, а наименьший – при внесении карбамида UTEC (3 вариант) и составил 0,16 т/га (табл. 3).

Оценивая фракционный состав клубней в варианте с внесением карбамида UTEC (вариант 3) выявлено, что 70% массы клубней составляет фракция 30-60 мм и 20% – фракции >60 мм (табл. 4).

Оценка качества картофеля показала, что наилучшим вариантом был также с использованием карбамида



Рис. 1. Динамика содержания нитратного азота в почве при внесении различных форм азотных удобрений.
Fig. 1. Dynamics of nitrate nitrogen in the soil by various forms of nitrogen fertilizers.

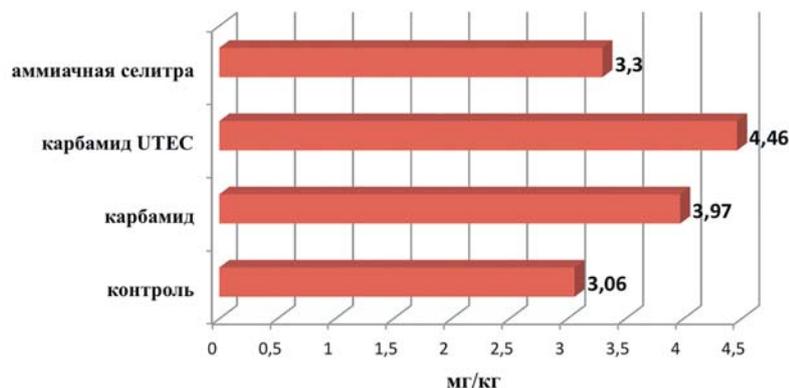


Рис. 2. Содержание азота в надземной части картофеля в фазу цветения растений, мг/кг.
Fig. 2. Nitrogen content in the above-ground part of potatoes in the flowering phase of plants, mg / kg.

Таблица 2. Биометрические показатели растений картофеля по фазам развития
Table 2. Biometric indicators of potato by development phase

Фаза развития	Высота растений, см	Количество, шт/куст		Масса, г/куст	
		стеблей	клубней	ботвы	клубней
1 – контрольный вариант (без удобрений)					
всходы	17,6	4			
стеблевание	28,0	4			
бутонизация	38,8	5		301	
цветение	46,0	6	15	426	520
окончание цветения	53,4	6	17	438	501
2 вариант – внесение карбамида					
всходы	13,7	5			
стеблевание	36,8	5			
бутонизация	47,6	6		412	
цветение	53,1	7	18	529	548
окончание цветения	68,0	7	20	551	634
3 вариант – внесение карбамида УТЕС					
всходы	17,8	5			
стеблевание	40,6	6			
бутонизация	55,4	7		463	
цветение	57,0	7	21	557	589
окончание цветения	65,8	7	23	614	662
4 вариант – внесение аммиачной селитры					
всходы	17,0	4			
стеблевание	39,5	4			
бутонизация	48,5	5		401	
цветение	55,9	5	19	512	522
окончание цветения	61,7	8	19	514	628

Таблица 3. Формирование продуктивности картофеля, 2017 год
Table 3. Potato yield, 2017

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка		Выход продуктовой фракции	Фуражная продукция
		%	т/га		
Контроль (без удобрений)	41,6	-	-	38,2	0,43
Карбамид	55,2	32,7	13,6	52,2	0,21
Карбамид УТЕС	56,4	35,6	14,8	54,8	0,16
Аммиачная селитра	53,8	29,3	12,2	49,7	0,28
НСР ₀₅	1,3				

Таблица 4. Влияние форм азотных удобрений на фракционный состав клубней картофеля, 2017 год
Table 4. The effect of nitrogen fertilizer forms on the fractional composition of potato tubers, 2017

	Содержание крахмала (сырая масса), %	Фракционный состав клубней, %		
		30 мм	30-60 мм	>60 мм
Контроль (без удобрений)	8,14	30	70	-
Карбамид	9,15	25	65	10
Карбамид УТЕС	9,22	10	70	20
Аммиачная селитра	9,05	20	80	-
НСР ₀₅	0,34			

Таблица 5. Оценка экономической эффективности применения различных форм азотных удобрений под картофель
Table 5. Evaluation of the economic efficiency of the use of various forms of nitrogen fertilizers for potatoes

Варианты опыта	Урожайность		Прибавка		Экономические показатели				
	общая	товарная	общая	товарная	общие затраты на удобрения руб/га	цена реализации картофеля, руб/т	выручка, руб/га	дополнительная прибыль	
	т/га							руб/га	руб/га
Контроль без удобрений	41,6	38,2	-	-	-	15000,0	573000	-	-
Карбамид	55,2	52,2	13,6	13,95	3179,0	15000,0	779071	206071	3951,5
Карбамид УТЕС	56,4	54,8	14,8	16,62	3179,0	15000,0	818887	245887	4485,4
Аммиачная селитра	53,8	49,7	12,2	11,5	3249,0	15000,0	742251	169251	3405,5

УТЕС (вариант 3), содержание крахмала в клубнях составило 9,22%. Отметим, что практически такая же величина показателя в варианте с применением карбамида (вариант 2), а наименьшее содержание крахмала отмечено при использовании аммиачной селитры – 9,05%.

Таким образом, применение карбамида УТЕС обеспечило получение урожайности картофеля 56,4 т/га, масса товарных клубней составила 54,82 т/га, общая прибавка урожая к контролю – 35,6%, в денежном выражении это составило 245887,0 руб/га дополнительной прибыли. В этих условиях отмечен наименьший

выход фуражной продукции 0,16 т/га, что в 2,65 раз меньше, чем в контрольном варианте. Выявлено преимущество применения карбамида УТЕС в сравнении с аммиачной селитрой, получено увеличение урожая товарного картофеля на 5,1 т/га и дополнительной прибыли 76,8 тыс. руб/га.

Об авторах:

Сычев В.Г. – академик РАН, профессор
Аканова Н.И. – доктор биол. наук, профессор,
руководитель группы известковых удобрений и химической мелиорации
Визирская М.М. – кандидат биол. наук,
руководитель направления агрохимического сервиса

About the authors:

Sychev V.G. – Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Director
Akanova N.I. – doctor of Biological Science, Professor,
Head of the group of lime fertilizers and chemical reclamation
Vizirskaya M. M. – Candidate of Biological Science,
Head of Agrochemical Service Department

Литература

1. Адерихин П.Г., Щербак А.П. Формы азота в почвах Центрально-Черноземных областей СССР Международного конгресса почвоведов. - М., 1974. - Т.9. - С.83-89.
2. Безлюдный Н.Н. Трансформация азотных удобрений в дерново-подзолистых почвах Белорусской ССР и пути повышения их активности: Автореф. дис. докт. с-х. наук. – Жодино, 1984. – 17 с.
3. Маннхайм Т., Бегер Н. Удобрение культур стабилизированными азотными удобрениями // Международный сельскохозяйственный журнал «Научное обеспечение и управление агропромышленным комплексом». – 2015. – №3. – С.28-30.
4. Энгель Р., Ромеро К., Джонс К., Дженсен Т. Потери аммиака и использование азота растениями из карбамида при поверхностном внесении в зимние месяцы // Питание растений. – 2018. – №3. – С.13-16.
5. Тарун Е.И., Желдакова Т.А., Метелица Д.И. Замещенные 1,5,6,7-тетрагидро-4н-бензимидазол-4-оны – ингибиторы уреазы // Биомедицинская химия. – 2008. – Т.54, вып. 5. – С.588-596.
6. Бовыкин Б.А., Крамарев С.М., Тихонов В.И., Матросов А.С. Новый ингибитор нитрификации // Агрохимия. – 1997. – №11. – С.32-35.
7. Боронин Н.К., Валева Н.П. и др. Эффективность ингибиторов нитрификации в условиях Нечерноземья // Агрохимия. – 1995. – №7. – С.33.
8. Горелик Ж.А., Грицевич Ю.Г., Паевская Н.И. Действие ингибиторов уреазы на гидролиз и эффективность поверхностно внесенной мочевины // Агрохимия. – 1983. – №3. – С.9-15.
9. Филисюк Г.Н. Получение и эффективность применения новой формы капсулированной мочевины под картофель на выщелоченном черноземе Тюменской области. Автореф. канд. дисс. Тюмень. – 2004. – 24 с.
10. Капцинель Ю.И., Казанцева О.Ф. Агрохимическая эффективность капсулированной мочевины // Бюллетень ВИАУ. – 1990. – С.6-11.
11. Козел Е.Г. Эффективность применения новой формы капсулированной мочевины под столовую свеклу на выщелоченных черноземах Тюменской области Автореф. канд. дисс. Тюмень. – 2000. – 24 с.
12. Основы агрохимии Учебно-методическое пособие Сост.: З.Н. Маркина. – Брянск: БГИТА, 2012. – 121 с.

References

1. Aderikhin P.G., Shcherbakov A.P. Nitrogen forms in the soils of the Central Black Earth regions of the USSR International Congress of Soil Scientists. – M., 1974. – V.9. – P.83-89.
2. Deserted N.N. Transformation of nitrogen fertilizers in sod-podzolic soils of the Byelorussian SSR and ways to increase their activity: Author. dis. Dr. sciences. – Zhodino, 1984. – 17 p.
3. Mannheim T., Beger N. Fertilizer cultures with stabilized nitrogen fertilizers // International Agricultural Journal "Scientific support and management of the agro-industrial complex". – 2015. – №3. – P.28-30.
4. Engel R., Romero K., Jones K., Jensen T. Loss of ammonia and the use of nitrogen by carbamide plants when applied during the winter months // Plant nutrition. – 2018. – №3. – p.13-16.
5. Tarun E.I., Zheldakova T.A., Metelitsa D.I. Substituted 1,5,6,7-tetrahydro-4n-benzimidazol-4-one- urease inhibitors // Biomedical chemistry. – 2008. – Vol. 54, no. 5. – P.588-596.
6. Bovykin B.A., Kramarev S.M., Tikhonov V.I., Matrosov A.S. New inhibitor of nitrification // Agrochemistry. – 1997. – №11. – pp.32-35.
7. Boronin N.K., Valeeva N.P. et al. Efficiency of nitrification inhibitors under conditions of the Non-Black Earth Region // Agrochemistry. – 1995. – №7. – P.33.
8. Gorelik J.I.A., Gritsevich Yu.G., Paevskaya N.I. The effect of urease inhibitors on hydrolysis and the effectiveness of surface-applied urea // Agrochemistry. – 1983. – №3. – P.9-15.
9. Filisyuk G.N. The production and effectiveness of the application of a new form of encapsulated urea for potatoes on leached chernozem of the Tyumen region. Author. Cand. diss. Tyumen. – 2004. – 24 p.
10. Kapsinel Yu.I., Kazantseva O.F. Agrochemical efficacy of encapsulated urea // Bulletin of the VIUA. – 1990. – P.6-11.
11. Kozel E.G. The effectiveness of the application of a new form of encapsulated urea for table beet on leached chernozem of the Tyumen region / Author. Cand. diss. Tyumen. – 2000. – 24 p.
12. Fundamentals of agrochemistry. Teaching aid. Comp.: Z.N. Markina. – Bryansk, 2012. – 121 p.