

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11>

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАПСУЛИРОВАННОЙ МОЧЕВИНЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

Барабанщикова Л.Н.^{1*}, Филисюк Г.Н.²

¹ ORCID : 0000-0002-2473-3562;

² ORCID : 0000-0002-7113-5493;

^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (bar.2000[at]mail.ru)

Аннотация

В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства, обеспечением экологической чистоты получаемой продукции и ресурсосбережения важное значение приобретают исследования, направленные на сокращение потерь азотных удобрений и накопление избытка их нитратных форм в почве и продукции. Цель исследований: изучение влияния капсулированной мочевины на урожайность и качество картофеля сортов Невский, Люкс и Чароит. Опыт был заложен на опытном поле Государственного аграрного университета Северного Зауралья с 2018 по 2020 гг. Было установлено, что за все годы исследований наибольшую прибавку урожая дал вариант с капсулированной мочевиной, у сорта Невский она составила 15 т/га, у сорта Чароит – 13,5 т/га, у сорта Люкс – 12,1 т/га. При этом в контрольном варианте урожайность была 23,4–32,2 т/га. Наибольшая урожайность за все годы была у сорта Чароит в среднем равная 40,4 т/га. Содержание крахмала под влиянием азотных удобрений изменялось 13,2–16,4%. Самый высокий показатель отмечен у сорта Чароит (16,4%) в варианте с капсулированной мочевиной. Содержание нитратов в клубнях картофеля во всех вариантах не превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК) равную 250 мг/кг. Уровень нитратного азота снижался в вариантах с применением капсулированной мочевины силикатной пленкой от 33,6 до 67,4% по сравнению со стандартной мочевиной и аммиачной селитрой. Установлено, что применение мочевины пролонгированного действия незначительно увеличивает выход товарных клубней. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что применение мочевины покрытой силикатной оболочкой, повышает урожайность и качественные показатели картофеля, однако требуется дальнейшее изучение оптимизации технологий их внесения.

Ключевые слова: картофель, азотные удобрения, капсулированная мочевина, урожайность, нитраты, клубни.

**EFFICIENCY OF ENCAPSULATED UREA APPLICATION IN POTATO CULTIVATION IN THE NORTHERN
FOREST-STEPPE OF TYUMEN OBLAST**

Research article

Barabanshchikova L.N.^{1*}, Filisyuk G.N.²

¹ ORCID : 0000-0002-2473-3562;

² ORCID : 0000-0002-7113-5493;

^{1,2} State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (bar.2000[at]mail.ru)

Abstract

In regard to the intensification of agricultural production, ensuring the ecological purity of products and resource conservation, studies aimed at reducing the losses of nitrogen fertilizers and the accumulation of excess nitrate forms in the soil and products are of great importance. Objective of research: to study the effect of encapsulated urea on yield and quality of potato varieties Nevsky, Lux and Charoit. The experiment was laid on the experimental field of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals from 2018 to 2020. It was found that for all years of research the greatest yield increase was given by the variant with encapsulated urea, in the variety Nevsky it was 15 t/ha, in the variety Charoit – 13.5 t/ha, in the variety Lux – 12.1 t/ha. At the same time, in the control variant the yield was 23.4–32.2 t/ha. The highest yield for all years was in the variety Charoit on average equal to 40.4 tonnes/ha. Starch content under the influence of nitrogen fertilizers varied 13.2–16.4%. The highest indicator was observed in Charoit variety (16.4%) in the variant with encapsulated urea. Nitrate content in potato tubers in all variants did not exceed the maximum permissible concentration (MPC) equal to 250 mg/kg. The level of nitrate nitrogen decreased in variants with application of encapsulated urea with silicate film from 33.6 to 67.4% compared to standard urea and ammonium nitrate. It was established that the application of prolonged urea insignificantly increases the yield of marketable tubers. The results of these studies indicate that the use of silicate-coated urea increases yield and quality indicators of potatoes, but further study of optimization of technologies of their application is required.

Keywords: potatoes, nitrogen fertilizers, encapsulated urea, yield, nitrates, tubers.

Введение

Плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется содержанием в почвах питательных веществ и органического вещества [2]. Особое внимание заслуживает в этом отношении азот, так как формы его в почвах весьма подвижны. Применение азотных удобрений в нашей стране

имеет решающее значение в повышении урожая сельскохозяйственных культур на большинстве почв. Помимо этого азотные удобрения улучшают качество продукции растениеводства [1], [3].

В течение вегетации в почве под различными сельскохозяйственными культурами происходит процесс нитрификации, который позволяет дополнительно обеспечить от 60 до 100 кг/га нитратным азотом культурные растения. Интенсивность этого процесса зависит от погодных условий, системы земледелия и вида сельскохозяйственных растений [7], [8].

Для пополнения дефицита азота в почвах широко используют мочевины, которая является самым концентрированным азотным удобрением (46,6% N). Россия входит в пятерку ключевых производителей, но не является крупным потребителем карбамида. Разложение мочевины, поступающей в почву, представляет собой реакцию ферментативного гидролиза, которая катализируется почвенной уреазой. Большая часть почв Западной Сибири отличается высокой уреазной активностью, который ускоряет гидролиз мочевины [9], [13]. Высокая скорость гидролиза приводит к снижению эффективности использования мочевины за счет высоких потерь азота, загрязнению окружающей среды улетучивающимся при этом в атмосферу NH_3 , а также к возможному накоплению нитратов в растительной продукции в дозах, превышающих допустимые нормы. Возникает проблема ингибирования минерализации внесенной в почву мочевины, которую можно решить двумя путями: капсулирование мочевины и инактивация почвенной уреазы с использованием различных ингибиторов [19], [20], [22].

В настоящее время накоплено много данных по производству капсулированных удобрений и их влиянию на трансформацию азота в почве в различных почвенно-климатических зонах страны. Интерес к этой проблеме не ослабевает в связи с тем, что появляются все более перспективные покрытия из органических и неорганических материалов, служащие в качестве капсул для азотных удобрений [6], [15], [23].

Для сокращения потерь азота в 90-е годы прошлого века на кафедре общей химии аграрного университета под руководством профессора И.Д. Комиссарова разработали метод силикатного покрытия, который позволяет благодаря толщине оболочке контролировать интенсивность растворения удобрений. Силикатное покрытие не токсичное и не создает негативного последствие для почвенной микробиоты, также растворенная оболочка является питательным веществом для растений [19], [20].

Ранее проведенные исследования по изучению капсулированной мочевины на яровой пшенице показали, что данный вид азотных удобрений повышал урожайность до 39,9 ц/га, тогда как мочевина без покрытия повышала урожайность до 34,5 ц/га, а естественный агрофон обеспечивал получение не более 21,7 ц/га [5].

Е.Г. Козел в своих исследованиях установила, что совместное использование мочевины с гидрохиноном и пирокатехином повышает урожайность свеклы на 49-56% соответственно, одновременно с этим в корнеплодах снижалось качество нитратов до 39%, а количество водорастворимых сахаров повышалось на 4-5% [14].

Положительный эффект от применения капсулированной мочевины проявился и в опытах при выращивании листового салата [11]. Капсулирование позволяет снизить количество нитратов в листьях салата, а также повысить урожай этой культуры на 29,7% по сравнению с контролем.

Влияние медленнодействующей формы карбамида на урожай и качество картофеля ранее изучалось на примере сорта Невский. Исследование по применению капсулированной мочевины с ингибиторами уреазы обеспечивает значительную прибавку урожая картофеля, которая выше чем на варианте со стандартной мочевиной на 8 т/га. В работах также отмечается положительная активность совместного использования мочевины, гидрохинона и гумата натрия на содержание сахаров [5], [22].

В исследованиях на раннеспелых сортах картофеля Ред Скарлетт и Жуковский заметного эффекта от внесения капсулированной мочевины не проявилось, урожайность была ниже, по сравнению с другими формами азотных удобрений [16].

Методы и принципы исследования

Исследования проводились на опытном поле аграрного университета, на протяжении трех лет, с 2018 до 2020 года. Участок расположен в районе д. Труфанова Тюменского района, Тюменской области.

Цель работы – изучить действие капсулированной мочевины на урожайность и качество клубней картофеля сортов Невский, Люкс и Чароит в сравнении со стандартной мочевиной и аммиачной селитрой. Для выполнения поставленной цели необходимо было решение следующих задач:

- оценить влияние капсулированной мочевины на урожайность картофеля;
- установить влияние капсулированной мочевины на содержание крахмала в клубнях картофеля;
- определить влияние капсулированной мочевины на накопление нитратов в клубнях картофеля;

Агроклиматические условия опытного участка характеризуются как континентальные. Количество осадков в год достигает 374 мм, за теплый период времени, который длится 110-115 суток, их количество составляет 232 мм.

Почвенный покров опытного участка – чернозём выщелоченный, маломощный, тяжелосуглинистый. Содержание подвижного фосфора достигает 195 мг/кг, подвижного калия 130 мг/кг, азота в нитратной форме 17 мг/кг. Кислотность почвы – слабокислая 5,8 ед.рН. Среднеобеспечен по содержанию гумуса 6,0.

Объектом исследования являются сорта картофеля Невский (среднеранний), Люкс (ранний), Чароит (ранний) и азотные удобрения – гранулированная мочевина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (ГОСТ 2081-2010) [24], капсулированная мочевина и аммиачная селитра. Для сокращения потерь азота из карбамида был разработан метод покрытия гранул силикатной композицией. Медленнорастворимая капсула на поверхности гранул удобрения создаётся в результате взаимодействия 20%-ного водного растворов силиката натрия и 33%-ного раствора хлорида кальция при температуре 30-40°C в течении 9-12 минут с расходом 0,032 кг и 0,013 кг соответственно, в расчете на 1 кг удобрения [16], [19].

Схема опыта:

контроль – без удобрений;

1 вариант – аммиачная селитра (45 кг/га по д.в.);

2 вариант – капсулированная мочеви́на (45 кг/га по д.в);

3 вариант – стандартная мочеви́на (45 кг/га по д.в).

Удобрения вносили вручную перед посадкой, которая была проведена в оптимальные сроки с 25 по 30 мая при температуре почвы +7+8°C. Схема посадки – 70x40см, общая площадь делянки – 35 м², учетная – 25 м², повторность в опыте 3-х кратная, размещение делянок систематическое.

Обработка почвы производилась трактором МТЗ-82 с культиватором-доминатором на глубину 14-17 см, нарезка гребней трактором «Беларус»-320 с культиватором орудием навесным КОН-1.5, посадка вручную, уборка урожая трактором МТЗ-82 картофелекопателем навесным КТН-2в, учётных участков вручную, осенняя обработка трактором МТЗ-82 с плугом навесным ПН-3-35 на глубину 28-30 см.

Уход за посадками картофеля заключался в 1-ой междурядной обработкой культиватором КОН-1.5 со стрельчатыми лапами и 2-ой междурядной обработкой – окучивание.

Фенологические наблюдения и учётные проведены по методикам Госсортсети [17], всероссийский научно исследовательский институт картофельного хозяйства (ВНИИКХ) им А.Г. Лорха [18], содержание нитратов в клубнях картофеля по методическим указаниям МУ 5048-89 [26], крахмала поляриметрическим методом (ГОСТ 26176-91) [25].

Основные результаты

Информация о погодных условиях в годы проведения исследовательской работы была получена с метеорологической станции Тюмень (Тюменская область, Россия). Современное местоположение метеостанции: широта 57.12, долгота 65.43, высота над уровнем моря 102 м. Годы проведенных исследований отличались по теплу и влагообеспеченности. Так, 2018 и 2020 гг. характеризовались жаркой и сухой погодой, 2019 год был более благоприятным по теплу и осадкам для возделывания картофеля (таблица 1).

Таблица 1 - Метеорологические условия в годы проведения исследований 2018-2020 гг

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11.1>

Год	Температура воздуха, ° C					Среднее за вегетацию
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
2018	7,9	14,4	21,3	15,5	11,6	14,1
2019	13,0	14,6	20,4	15,7	11,5	15,0
2020	14,9	14,6	21,6	18,3	10,2	19,9
Средне-многолетне е	10,6	16,0	18,6	14,9	12,4	14,5
	Осадки, мм					За вегетацию
2018	82	58	51	112	4	
2019	40	81	102	70	32	325
2020	51	66	19	44	74	254
Средне-многолетне е	38	63	84	58	28	271

Урожайность картофеля на опытном участке изучаемых сортов на всех вариантах выше, чем в контроле (таблица 2). На участках контрольного варианта урожай картофеля составил в среднем 23,4-32,2 т/га. Наибольшую прибавку урожая во все годы исследований дал вариант с капсулированной мочевиной, у сорта Невский она составила 15 т/га, у сорта Чароит – 13,5 т/га, у сорта Люкс – 12,1 т/га при наименьшей существенной разнице НСР₀₅ = 2,3 т/га.

Таблица 2 - Влияние азотных удобрений на урожайность клубней картофеля в период с 2018-2020 гг

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11.2>

Сорт (Фактор А)	Удобрение (Фактор В)	Урожайность, т/га				К контролю ±	
		2018 г	2019 г	2020 г	средняя	т/га	%
Невский	контроль, без удобрения	23,4	24,0	24,1	23,8	-	-
	аммиачная селитра	31,5	29,0	32,0	30,8	+7	29,4

	мочевина капсулированная	38,5	39,0	39,0	38,8	+15	63,0
	мочевина стандартная	28,8	33,0	37,0	32,9	+9,1	38,2
Люкс	контроль, без удобрений	21,5	29,3	19,4	23,4	-	-
	аммиачная селитра	30,0	40,0	22,0	30,6	+7,2	30,7
	мочевина капсулированная	36,5	46,0	24,0	35,5	+12,1	51,7
	мочевина стандартная	31,5	41,0	28,0	33,5	+10,1	43,1
Чароит	контроль, без удобрений	32,5	43,0	21,3	32,2	-	-
	аммиачная селитра	40,6	57,0	26,0	41,2	+10	31,0
	мочевина капсулированная	44,3	62,0	31,0	45,7	+13,5	41,9
	мочевина стандартная	41,0	60,0	27,0	42,6	+10,4	32,2
	НСР ₀₅	А-2,3 В-3,6 АВ-5,6					

Урожайность картофеля в вариантах с другими азотными удобрениями была ниже. При внесении стандартной мочевины урожай сорта Чароит в среднем за 3 года составил 42,6 т/га, что на 10,4 т/га выше, чем в контроле, у сорта Люкс и Невский прибавки к урожаю соответственно равны 9,1 и 10,1 т/га. Такие же закономерности у всех изучаемых сортов прослеживаются при внесении аммиачной селитры. В среднем за три года исследований во всех вариантах наиболее урожайным оказался сорт Чароит 40,4 т/га, самый высокий показатель был отмечен в 2019 году 62,0 т/га.

Крахмалистость – это одно из основных качеств, за которое ценится картофель. Анализируя результаты за три года исследований необходимо отметить, что содержание крахмала под влиянием азотных удобрений в среднем изменялось от 13,2 до 16,4% (таблица 3).

Таблица 3 - Влияние азотных удобрений на содержание крахмала в клубнях картофеля в период с 2018-2020 гг

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11.3>

Сорт (Фактор А)	Удобрение (Фактор В)	Крахмал, %			
		2018 г	2019 г	2020 г	средняя
Невский	контроль, без удобрений	12,1	15,3	12,7	13,3
	аммиачная селитра	12,5	20,0	13,1	15,2
	мочевина капсулированная	14,1	17,1	15,7	14,9
	мочевина стандартная	12,6	16,2	13,7	14,1
Люкс	контроль, без удобрений	13,9	12,9	13,0	13,3

	аммиачная селитра	14,7	15,0	13,5	14,4
	мочевина капсулированная	14,9	15,2	16,7	15,6
	мочевина стандартная	14,6	13,2	15,7	14,5
Чароит	контроль, без удобрений	13,5	11,1	14,1	13,0
	аммиачная селитра	13,8	11,4	14,6	13,2
	мочевина капсулированная	16,4	14,2	18,5	16,4
	мочевина стандартная	14,9	14,0	17,0	15,3
	НСР ₀₅	А-0,50 В-0,73 АВ-1,2			

Самый высокий показатель в среднем 16,4% за три года был отмечен у сорта Чароит, в варианте с капсулированной мочевиной, что выше контроля на 26 % при НСР₀₅=0,5%.

Накопление нитратов в овощах зависит не только от форм, доз и сроков внесения минеральных удобрений, но и от видовых и сортовых особенностей растений. Среди факторов внешней среды на содержание нитратов в растениях больше всего влияет влажность, свет, температура воздуха и почвы, которые действуя в комплексе, усиливают или ослабляют свое взаимодействие.

Содержание нитратов в клубнях картофеля за все годы исследований не превышало предельно допустимую концентрацию ПДК=250мг/кг. Максимальные показатели содержания нитратного азота в клубнях картофеля сорта Невский равные 161 мг/кг наблюдается в варианте с аммиачной селитрой в 2019 году, в опытах с применением стандартной и капсулированной мочевины этот показатель снизился на 44,7% и 47,8% соответственно. Такие же закономерности можно наблюдать и в другие годы исследований (рисунок 1).

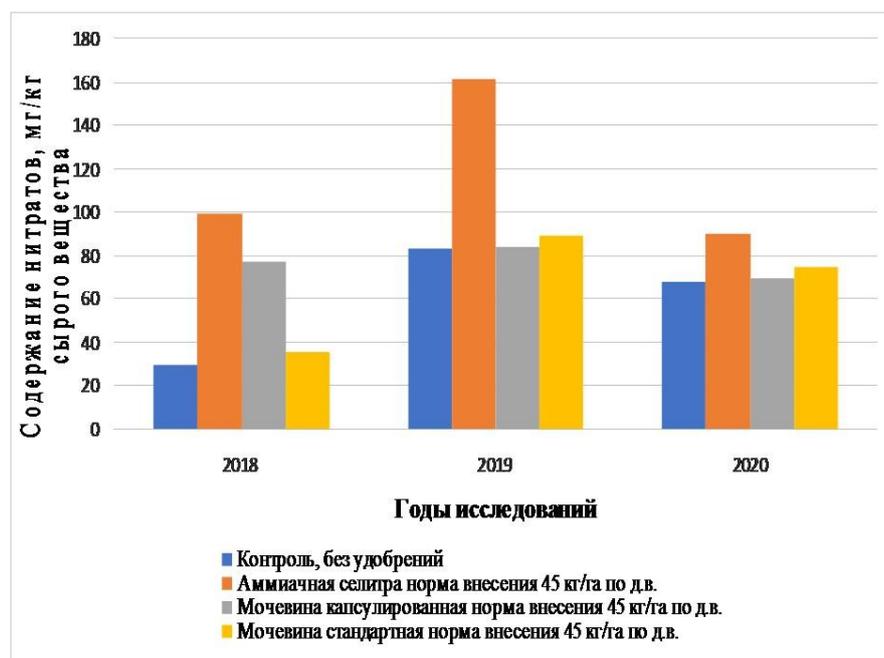


Рисунок 1 - Содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Невский в период с 2018-2020 гг
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11.4>

Накопление нитратов в клубнях картофеля сорта Люкс представлено на рисунке 2. Высокий уровень N-NO₃, как и у сорта картофеля Невский, наблюдается в 2019 году на варианте с аммиачной селитрой (215 мг/кг). В другие годы этот показатель намного ниже 86 мг/кг (2018) и 88 мг/кг (2020).

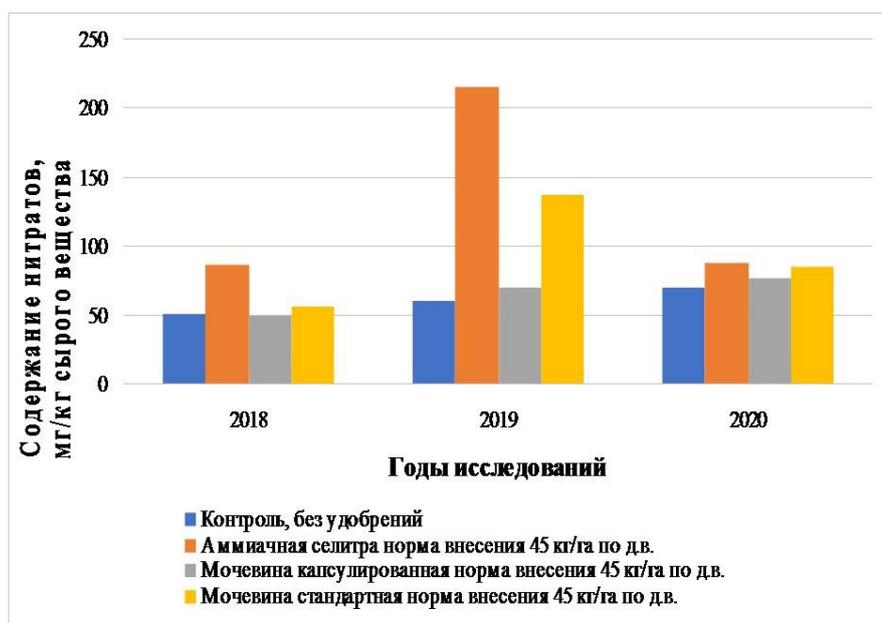


Рисунок 2 - Содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Люкс в период с 2018-2020 гг
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11.5>

Содержание нитратов в клубнях картофеля с применением капсулированной мочевины силикатной пленкой на 67,4% и 48,9% меньше, чем на вариантах с аммиачной селитрой и стандартной мочевиной соответственно.

Немного другая картина наблюдается у картофеля сорта Чароит (рисунок 3). В 2018 и 2019 году отмечается самые высокие показатели нитратного азота в клубнях картофеля равные 232 мг/кг и 220 мг/кг в варианте со стандартной мочевиной. Немного ниже в эти же годы содержится нитратов в варианте с аммиачной селитрой (180 мг/кг и 220 мг/кг). В 2020 году показатели накопления нитратов при внесении этих форм азотных удобрений были меньше и равнялись 130 мг/кг (стандартная мочевина) и 125 мг/кг (аммиачная селитра).

Применение капсулированной мочевины имело так же положительный эффект по количеству нитратов в клубнях сорта Чароит, как и у других изучаемых сортов картофеля. В среднем за три года на 33,6% и 39,9% N-NO₃ содержится меньше на вариантах при использовании капсулированных форм азотных удобрений, чем при использовании аммиачной селитры и стандартной мочевины.

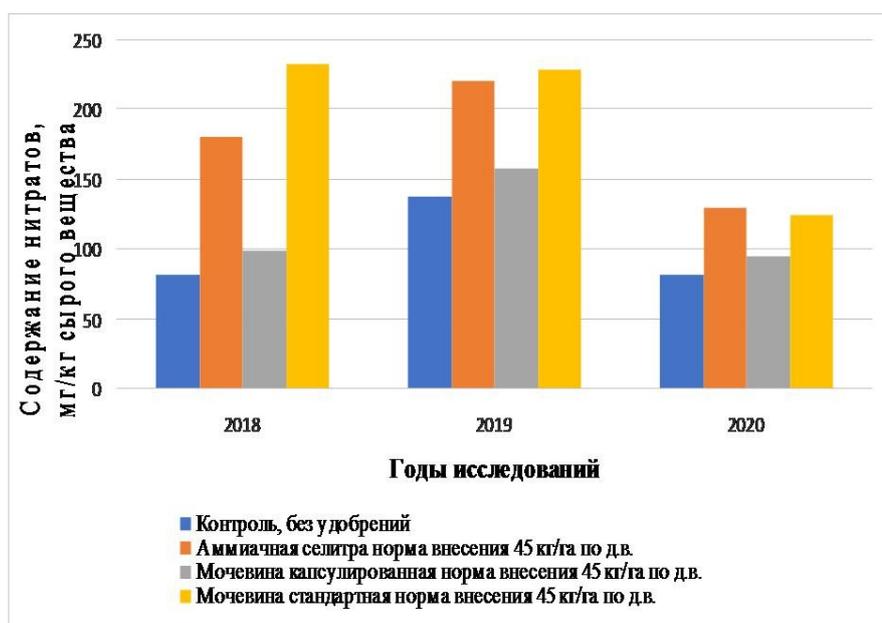


Рисунок 3 - Содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Чароит в период с 2018-2020 гг
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.11.6>

Товарность клубней картофеля – один из показателей качества при его производстве. Применение капсулированных форм карбамида незначительно увеличивает выход товарных клубней. Самый высокий показатель был получен у сорта Невский – 97% в 2020 году.

Обсуждение

Картофель – культура высокого выноса элементов минерального питания, поэтому для картофеля необходимы оптимальные дозы внесения минеральных удобрений. Чтобы не было вымывания азота и растения могли его использовать в периоды повышенной потребности, целесообразно применение капсулированных удобрений с регулируемой скоростью растворения [12], [16], [22].

Наши исследования показали, что в независимости от погодных условий капсулированная мочевины показывает наилучший эффект в сравнении с классическими азотными удобрениями, где прибавка в урожае достигает от 2 до 8 т/га. Это связано с тем, что силикатная оболочка не позволяет чтобы мочевины быстро растворялась. Высвобождение питательных веществ из мочевины происходит равномерно на протяжении всего периода вегетации картофеля, что позволяет удовлетворять потребность в азоте растений на протяжении всего периода развития [22].

Важным фактором в урожае картофеля принято считать его качество, которое зависит от состава химических компонентов в нем. Основные показатели качества, которые учитывают селекционеры при создании сорта и предприятия это высокое содержание сухого вещества, крахмала и витаминов, а также низкие концентрации редуцирующих сахаров и нитратов. Наиболее экологически устойчивым показателем считается крахмал [10], [12].

Установлено, что погодные условия оказывают значительное влияние на содержание крахмала в клубнях картофеля. Однако во все исследуемые годы отслеживается тенденция по повышению этого вещества на вариантах с использованием азотных удобрений. Наибольшее количество крахмала отмечается на вариантах с использованием капсулированной мочевины. Это происходит из-за равномерного поступления азота в почву на протяжении периода вегетации картофеля, и полностью покрывает потребность в этом элементе. Подобная тенденция отмечена в работах многих авторов [4], [12], [21].

Избыток нитратов в плодах, овощах, клубнях при неправильном использовании азотных удобрений бич современной химизации земледелия. В наших исследованиях содержание нитратного азота в клубнях картофеля имело определенную зависимость от применения разных видов азотных удобрений. Внесение стандартной мочевины и аммиачной селитры существенно увеличило содержание нитратного азота. Самые высокие показатели были отмечены в вариантах с применением стандартной мочевины у сорта Чароит равные 232 мг/кг (2018 г) и 229 мг/кг (2019г). Использование капсулированной мочевины силикатом кальция в большинстве случаев снижало накопление нитратов по сравнению с другими азотными удобрениями в 1,3-2,3 раза.

Заключение

В результате проведенной работы было установлено, что капсулированная мочевины повышала урожайность картофеля на 2,0-8,0 т/га в сравнении с традиционными азотными удобрениями. Использование капсулированной мочевины силикатом кальция повысило качество клубней картофеля. В большинстве случаев содержание крахмала в клубнях увеличивалось на 1,6-2,3% соответственно. Уровень нитратов в клубнях картофеля, из-за равномерного растворения капсулированных удобрений на протяжении вегетации, был ниже на 44-47% по сравнению с применением стандартной мочевины и аммиачной селитры. Данные полученные в результате исследования позволят получать на сельскохозяйственных предприятиях более качественные и высокие урожай картофеля. Для понимания полной картины влияния капсулированной мочевины необходимо проведение исследований на других овощных культурах, которые интенсивно накапливают в продукции нитраты.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Akhtariyev R.R. Corn Yield Per Silo Depending on the Elements of Cultivation Technology in Western Siberia / R. R. Akhtariyev, E.I. Miller, S.S. Miller [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — P. 22069. — DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022069.
2. Demin E.A. Balance Model of Humus State of Arable Chernozems of the Western Siberia / E.A. Demin, D.V. Eremina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Yekaterinburg, 2022. — P. 012084. — DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
3. Demin E.A. Mineral Fertilizers Influence on the Dynamics of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Corn Area Grown in the Forest-steppe Zone of Trans-Urals / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — P. 22080. — DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022080.
4. Абакумов В.Н. Эффективность применения удобрений на картофеле в условиях Московской области / В.Н. Абакумов, А.В. Шитикова, А.В. Гончаров // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. — 2016. — № 22(27). — С. 5-9.

5. Баранова Л.А. Эффективность применения нового азотного удобрения на разных типах почв в условиях Северного Зауралья Тюменской области / Л.А. Баранова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2019. — № 3. — С. 34-40.
6. Будажапов Л.В. Статистики и кинетика изменения азотного фонда почвы и урожая зерновых культур под воздействием азота медленноразлагающегося удобрения / Л.В. Будажапов, А.С. Билтуев, А.К. Уланов // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. — 2018. — № 1. — С. 54-61. — DOI: 10.18101/2587-7143-2018-1-54-61.
7. Демин Е.А. Влияние междурядной обработки кукурузы на динамику нитратного азота чернозема выщелоченного в условиях лесостепной зоны Зауралья / Е.А. Демин, Л.Н. Барабанщикова // Вестник КрасГАУ. — 2020. — № 12(165). — С. 32-39. — DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-32-39.
8. Демин Е.А. Динамика поглощения азота кукурузой, выращиваемой в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Демин, Л.Н. Барабанщикова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2021. — № 2(65). — С. 9-13.
9. Емнова Е.Е. Влияние вида азотных удобрений на ферментативную активность чернозема карбонатного и продуктивность сои в ризосферной части почв / Е.Е. Емнова, О.В. Дарабан, Я.В. Бызган [и др.] // Почвоведение. — 2015. — № 5. — С. 571. — DOI: 10.7868/S0032180X15030041.
10. Казак А.А. Урожайность и качество клубней картофеля сорта Коломба в зависимости от предшественника и срока посадки в северной лесостепи Тюменской области / А.А. Казак, Ю.П. Логинов, А.С. Гайзатулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2022. — № 2(94). — С. 31-37. — DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-31-37.
11. Козел Е.Г. Сравнительная оценка применения медленноразлагающихся форм карбамида при выращивании листового салата на выщелоченных черноземах Тюменской области / Е.Г. Козел // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. — 2020. — № 3(60). — С. 33-39. — DOI: 10.34655/bgsha.2020.60.3.005.
12. Козел Е.Г. Сравнительная оценка применения разных форм мочевины при возделывании картофеля / Е.Г. Козел, Г.Н. Филисюк // Инновации и инвестиции. — 2020. — № 12. — С. 119-122.
13. Козел Е.Г. Получение капсулированных с ингибиторами форм мочевины и их влияние на активность уреазы и содержание азота в почве / Е.Г. Козел // Инновации и инвестиции. — 2019. — № 10. — С. 221-225.
14. Козел Е.Г. Эффективность применения медленноразлагающихся форм мочевины на выщелоченных черноземах Северной лесостепи Тюменской области / Е.Г. Козел // Инновации и инвестиции. — 2019. — № 11. — С. 191-195.
15. Липин А.Г. Капсулирование гранул в полимерные оболочки как метод создания минеральных удобрений с регулируемой скоростью высвобождения питательных веществ / А.Г. Липин, В.О. Небукин, А.А. Липин // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. — 2017. — № 3(51). — С. 86-91.
16. Логинов Ю.П. Влияние капсулированной мочевины на урожайность и качество клубней раннеспелых сортов картофеля в северной лесостепи Тюменской области / Ю.П. Логинов, Г.Н. Филисюк, А.А. Казак // Аграрный вестник Верхневолжья. — 2019. — № 2(27). — С. 23-30. — DOI: 10.35523/2307-5872-2019-27-2-23-30.
17. Методика Государственного сортоиспытания с.-х. культур. — Москва, 1997.
18. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля / НИИ картоф. хоз-ва. — М.: НИИКХ, 1989. — 142 с.
19. Пат. 2224732 С1 Российская Федерация, МПК С05G 3/08. Способ получения медленноразлагающихся капсулированных удобрений / И.Д. Комиссаров, В.А. Уступалова, Е.Г. Козел, Г.Н. Филисюк; заявитель Тюменская государственная сельскохозяйственная академия. — № 2002128714/15; заявл. 25.10.2002; опубл. 27.02.2004.
20. Пат. № 2732446 С1 Российская Федерация, МПК С05G 3/90, С05С 9/00. Способ получения медленноразлагающихся капсулированных удобрений / И.Д. Комиссаров, Е.Г. Козел, Г.Н. Филисюк, М.Г. Перевозкина; заявитель Государственный аграрный университет Северного Зауралья. — № 2020101209; заявл. 10.01.2020; опубл. 16.09.2020
21. Трифонов А.Г. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество картофеля сортов "Зекура и Волжанин" на каштановых почвах Бурятии / А.Г. Трифонов, Ю.Н. Рузавин // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. — 2015. — № 3(40). — С. 31-35.
22. Филисюк Г.Н. Получение и эффективность применения новой формы капсулированной мочевины под картофель на выщелоченном черноземе Тюменской области: дис. ... канд. с.-х. наук / Филисюк Григорий Николаевич. — Тюмень, 2004. — 152 с.
23. Юхин И.П. Свойства и эффективность удобрений пролонгированного действия на основе природных цеолитов / И.П. Юхин, Н.А. Середа, Т.В. Шарипов // Агрохимия. — 2011. — № 8. — С. 14-22.
24. ГОСТ 2081-2010 Карбамид. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2010.
25. ГОСТ 26176-91 Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. — Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991.
26. МУ 5048-89 Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. — Москва: Госагропром СССР, 1990.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Akhtariev R.R. Corn Yield Per Silo Depending on the Elements of Cultivation Technology in Western Siberia / R. R. Akhtariev, E.I. Miller, S.S. Miller [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — P. 22069. — DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022069.

2. Demin E.A. Balance Model of Humus State of Arable Chernozems of the Western Siberia / E.A. Demin, D.V. Eremina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Yekaterinburg, 2022. — P. 012084. — DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
3. Demin E.A. Mineral Fertilizers Influence on the Dynamics of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Corn Area Grown in the Forest-steppe Zone of Trans-Urals / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — P. 22080. — DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022080.
4. Abakumov V.N. Jefferktivnost' primeneniya udobrenij na kartofele v uslovijah Moskovskoj oblasti [Efficiency of Fertilizer Application on Potatoes in the Conditions of Moscow Oblast] / V.N. Abakumov, A.V. Shitikova, A.V. Goncharov // Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta [Bulletin of the Russian State Agrarian Extramural University]. — 2016. — № 22(27). — P. 5-9. [in Russian]
5. Baranova L.A. Jefferktivnost' primeneniya novogo azotnogo udobrenija na raznyh tipah pochv v uslovijah Severnogo Zaural'ja Tjumenskoj oblasti [Efficiency of Application of New Nitrogen Fertilizer on Different Types of Soils in Conditions of Northern Trans-Urals of Tyumen Oblast] / L.A. Baranova // Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Proceedings of Samara State Agricultural Academy]. — 2019. — № 3. — P. 34-40. [in Russian]
6. Budazhapov L.V. Statistiki i kinetika izmeneniya azotnogo fonda pochvy i urozhaja zernovyh kul'tur pod vozdejstviem azota medlennodejstvujushhego udobrenija [Statistics and Kinetics of Changes in Soil Nitrogen Fund and Grain Crop Yield under the Influence of Nitrogen of Slow Fertilizer] / L.V. Budazhapov, A.S. Biltuev, A.K. Ulanov // Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija, geografija [Bulletin of Buryat State University. Biology, Geography]. — 2018. — № 1. — P. 54-61. — DOI: 10.18101/2587-7143-2018-1-54-61. [in Russian]
7. Demin E.A. Vlijanie mezhdurjadnoj obrabotki kukuruzy na dinamiku nitratnogo azota chernozema vyshhelochennogo v uslovijah lesostepnoj zony Zaural'ja [Influence of Maize Inter-row Treatment on the Dynamics of Nitrate Nitrogen of Chernozem Leached in Conditions of Forest-Steppe Zone of Trans-Urals] / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]. — 2020. — № 12(165). — P. 32-39. — DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-32-39. [in Russian]
8. Demin E.A. Dinamika pogloshhenija azota kukuruzoj, vyrashhivaemoj v lesostepnoj zone Zaural'ja [Dynamics of Nitrogen Absorption by maize grown in the Forest-Steppe Zone of Trans-Urals] / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]. — 2021. — № 2(65). — P. 9-13. [in Russian]
9. Emnova E.E. Vlijanie vida azotnyh udobrenij na fermentativnuju aktivnost' chernozema karbonatnogo i produktivnost' soi v rizosfernoj chasti pochv [Influence of the Type of Nitrogen Fertilizers on the Enzymatic Activity of Carbonate Chernozem and Soybean Productivity in the Rhizosphere Part of Soils] / E.E. Emnova, O.V. Daraban, Ja.V. Byzgan [et al.] // Pochvovedenie [Soil Studies]. — 2015. — № 5. — P. 571. — DOI: 10.7868/S0032180X15030041. [in Russian]
10. Kazak A.A. Urozhajnost' i kachestvo klubnej kartofelja sorta Kolomba v zavisimosti ot predshestvennika i sroka posadki v severnoj lesostepi Tjumenskoj oblasti [Yield and Quality of Potato Tubers of Kolomba Variety Depending on Predecessor and Planting Date in the Northern Forest Steppe of Tyumen Oblast] / A.A. Kazak, Ju.P. Loginov, A.S. Gajzatulin // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of Orenburg State Agrarian University]. — 2022. — № 2(94). — P. 31-37. — DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-31-37. [in Russian]
11. Kozel E.G. Sravnitel'naja ocenka primeneniya medlennodejstvujushhih form karbamida pri vyrashhivanii listovogo salata na vyshhelochennyh chernozemah Tjumenskoj oblasti [A Comparative Evaluation of Slow Urea Application in Growing Lettuce on Leached Chernozems of Tyumen Oblast] / E.G. Kozel // Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov]. — 2020. — № 3(60). — P. 33-39. — DOI: 10.34655/bgsha.2020.60.3.005. [in Russian]
12. Kozel E.G. Sravnitel'naja ocenka primeneniya raznyh form mocheviny pri vzdelyvanii kartofelja [A Comparative Evaluation of the Use of Different Forms of Urea in Potato Cultivation] / E.G. Kozel, G.N. Filisjuk // Innovacii i investicii [Innovations and Investments]. — 2020. — № 12. — P. 119-122. [in Russian]
13. Kozel E.G. Poluchenie kapsulirovannyh s ingibitorami form mocheviny i ih vlijanie na aktivnost' ureazy i sodержanie azota v pochve [Preparation of Urea Forms Encapsulated with Inhibitors and Their Influence on Urease Activity and Nitrogen Content in Soil] / E.G. Kozel // Innovacii i investicii [Innovations and Investments]. — 2019. — № 10. — P. 221-225. [in Russian]
14. Kozel E.G. Jefferktivnost' primeneniya medlennodejstvujushhih form mocheviny na vyshhelochennyh chernozemah Severnoj lesostepi Tjumenskoj oblasti [Efficiency of Application of Slow-Urea Forms on Leached Chernozems of the Northern Forest-Steppe of Tyumen Oblast] / E.G. Kozel // Innovacii i investicii [Innovations and Investments]. — 2019. — № 11. — P. 191-195. [in Russian]
15. Lipin A.G. Kapsulirovanie granul v polimernye obolochki kak metod sozdaniya mineral'nyh udobrenij s reguliruemoj skorost'ju vysvobozhdenija pitatel'nyh veshhestv [Encapsulation of Granules into Polymer Shells as a Method of Creating Mineral Fertilizers with Adjustable Rate of Nutrient Release] / A.G. Lipin, V.O. Nebukin, A.A. Lipin // Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie [Modern Science-Intensive Technologies. Regional Application]. — 2017. — № 3(51). — P. 86-91. [in Russian]
16. Loginov Ju.P. Vlijanie kapsulirovannoj mocheviny na urozhajnost' i kachestvo klubnej rannespelyh sortov kartofelja v severnoj lesostepi Tjumenskoj oblasti [Effect of Encapsulated Urea on Yield and Tuber Quality of Early Maturing Potato Varieties in the Northern Forest Steppe of Tyumen Oblast] / Ju.P. Loginov, G.N. Filisjuk, A.A. Kazak // Agrarnyj vestnik Verhnevolsz'ja [Agrarian Bulletin of the Verkhnevolszhye Region]. — 2019. — № 2(27). — P. 23-30. — DOI: 10.35523/2307-5872-2019-27-2-23-30. [in Russian]
17. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya s.-h. kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops]. — Moscow, 1997. [in Russian]

18. Metodika fiziologo-biohimicheskikh issledovanij kartofelja [Methodology of Physiological and Biochemical Investigations of Potato] / Research Institute of Potato Farming. — M.: NIIKH, 1989. — 142 p. [in Russian]
19. Pat. 2224732 C1 Rossijskaja Federacija, MPK C05G 3/08. Sposob poluchenija medlennodejstvujushhijh kapsulirovannyh udobrenij [Pat. 2224732 C1 Russian Federation, MPK C05G 3/08. Method of obtaining slow-acting encapsulated fertilizers] / I.D. Komissarov, V.A. Ustupalova, E.G. Kozel, G.N. Filisyuk; applicant Tyumen State Agricultural Academy. — No. 2002128714/15; applicant. 25.10.2002; publ. 27.02.2004. [in Russian]
20. Pat. № 2732446 C1 Rossijskaja Federacija, MPK C05G 3/90, C05C 9/00. Sposob poluchenija medlennodejstvujushhijh kapsulirovannyh udobrenij [Patent No. 2732446 C1 Russian Federation, MPK C05G 3/90, C05C 9/00. Method of obtaining slow-acting encapsulated fertilizers] / I.D. Komissarov, E.G. Kozel, G.N. Filisyuk, M.G. Perevozkina; applicant State Agrarian University of Northern Trans-Urals. - No. 2020101209; applicant. 10.01.2020; publ. 16.09.2020 [in Russian]
21. Trifonov A.G. Vlijanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo kartofelja sortov "Zekura i Volzhanin" na kashtanovyh pochvah Burjatii [Effect of Nitrogen Fertilizers on Yield and Quality of Potato Varieties "Zekura and Volzhanin" on Chestnut Soils of Buryatia] / A.G. Trifonov, Ju.N. Ruzavin // Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova [Bulletin of Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov]. — 2015. — № 3(40). — P. 31-35. [in Russian]
22. Filisjuk G.N. Poluchenie i jeffektivnost' primenenija novej formy kapsulirovannoj mocheviny pod kartofel' na vyshhelochennom chernozjome Tjumenskoj oblasti [Production and Efficiency of Application of a New Form of Encapsulated Urea for Potatoes on Leached Chernozem in Tyumen Region]: dis. ... PhD in Agricultural Sciences / Filisjuk Grigorij Nikolaevich. — Tyumen, 2004. — 152 p. [in Russian]
23. Juhin I.P. Svoystva i jeffektivnost' udobrenij prolongirovannogo dejstvija na osnove prirodnyh ceolitov [Properties and Efficiency of Prolonged Action Fertilizers Based on Natural Zeolites] / I.P. Juhin, N.A. Sereda, T.V. Sharipov // Agrohimiya [Agrochemistry]. — 2011. — № 8. — P. 14-22. [in Russian]
24. GOST 2081-2010 Karbamid. Tehnicheskie uslovija [GOST 2081-2010 Urea. Technical conditions]. — Moscow: Standartinform, 2010. [in Russian]
25. GOST 26176-91 Metody opredelenija rastvorimyh i legkogidrolizuemyh uglevodov [GOST 26176-91 Methods of Determination of Soluble and Easily Hydrolysable Carbohydrates]. — Moscow: Committee for Standardization and Metrology of the USSR, 1991. [in Russian]
26. MU 5048-89 Metodicheskie ukazanija po opredeleniju nitratov i nitritov v produkcii rastenievodstva [MU 5048-89 Methodological guidelines for the determination of nitrates and nitrites in crop products]. — Moscow: Gosagroprom USSR, 1990. [in Russian]