

Галина Александровна Демиденко

Красноярский государственный аграрный университет, заведующая кафедрой ландшафтной архитектуры и ботаники, доктор биологических наук, профессор, Красноярск, Россия
E-mail: demidenkoekos@mail.ru

КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель исследования: определить влияние на качественные характеристики клубней картофеля сорта Изора минеральных удобрений в Сибирском регионе. При усилении антропогенного воздействия на агроэкосистемы актуальным является получение экологически безопасной продовольственной продукции, в том числе и картофеля. При этом важна объективная характеристика использования комплексных минеральных удобрений с разными дозами азота – N_{60} ; N_{120} на фоне $P_{60}K_{60}$. Анализ данных показал, что при совместном внесении удобрений, как в варианте 2 ($N_{60}P_{60}K_{60}$); так и в варианте 3 ($N_{120}P_{60}K_{60}$), наблюдается увеличение содержания сухого вещества, крахмала, аскорбиновой кислоты. Для всех изученных показателей отмечено превышение вариантов 2 и 3 над контролем. Содержание нитратов в клубнях картофеля является показателем, способным оказать негативные последствия на качество продукции. В варианте 3 содержание нитратов составляет 159,7 мг/кг, что превышает контроль (вариант опыта 1). Однако содержание нитратов в варианте опыта 3 является допустимым, так как не превышает ПДК для продовольственного картофеля. Использование минеральных удобрений привело к повышению товарности клубней картофеля. В варианте 3 отмечается повышение товарности клубней картофеля на 12,9 %. Применение минеральных удобрений в используемых дозах положительно повлияло на качественные характеристики клубней продовольственного картофеля сорта Изора.

Ключевые слова: продовольственный картофель, клубни картофеля, качество продукции, минеральные удобрения, биологически активные вещества, сухое вещество, крахмал, аскорбиновой кислоты, нитраты, товарность клубней.

Galina A. Demidenko

Krasnoyarsk State Agrarian University, Head of the Department of Landscape Architecture and Botany, Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: demidenkoekos@mail.ru

POTATO TUBERS QUALITATIVE CHARACTERISTICS DEPENDING ON THE MINERAL FERTILIZERS APPLICATION

The purpose of the study: to determine the effect of mineral fertilizers in the Siberian Region on the qualitative characteristics of potato tubers of the Izora variety. With an increase in anthropogenic impact on agroecosystems, it is important to obtain environmentally safe food products, including potatoes. At the same time, an objective characteristic of the use of complex mineral fertilizers with different doses of nitrogen is important N_{60} ; N_{120} against $P_{60}K_{60}$ background. Analysis of the data showed that with the combined application of fertilizers, as in option 2 ($N_{60}P_{60}K_{60}$); and in the variant 3 ($N_{120}P_{60}K_{60}$), there is an increase in the content of dry matter, starch, ascorbic acid. For all studied parameters, an excess of the 2 and 3 variants over the control was noted. The content of nitrates in potato tubers is an indicator that can have a

negative impact on product quality. In variant 3, the nitrate content is 159.7 mg/kg, which exceeds the control (experiment variant 1). However, the content of nitrates in the variant of experiment 3 is acceptable, since it does not exceed the MPC for ware potatoes. The use of mineral fertilizers has led to an increase in the marketability of potato tubers. In option 3, there is an increase in the marketability of potato tubers by 12.9 %. The use of mineral fertilizers in the doses used had a positive effect on the quality characteristics of the tubers of the ware potatoes of the Izora variety.

Key words: ware potatoes, potato tubers, product quality, mineral fertilizers, biologically active substances, dry matter, starch, ascorbic acid, nitrates, marketability of tubers.

Введение. Полезным продуктом питания для человека, в том числе одним из основных источников биологически активных веществ, является картофель [1]. Картофель относится к важнейшим продовольственным культурам, его называют «вторым хлебом». Клубни картофеля – источник продуктов переработки для жизнеобеспечения населения (глюкозы, крахмала [2–4], аминокислот, этанола и других веществ).

Все более проявляется интерес сельхозпроизводителей к альтернативным системам земледелия, основанным на применении органических удобрений и полном отказе от использования минеральных удобрений. Однако следует отметить, что из почвы с одной тонной картофеля и количеством ботвы выносятся: азота – 5–6 кг; фосфора – 1,5–2,0 кг; калия – 7–10 кг [5, 6]. Поэтому актуальным является исследование влияния минеральных удобрений на качество продукции картофелеводства.

Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимы биологически активные вещества, которые он получает с пищей, в частности с овощами и картофелем [7–10]. В клубнях картофеля аккумулируются гликемические углеводы (крахмал и сахара), которые снабжают клетки тела человека глюкозой. Содержанием крахмала, накапливаемого в клубнях картофеля, определяют технологические свойства картофеля. Витамин С (аскорбиновая кислота) обладает фармакологической активностью. Содержание сухого вещества в клубнях картофеля является важной качественной характеристикой как при их продаже в свежем виде, так и при переработке. Наличием средних и крупных клубней в гнезде картофеля определяет его товарность. Раннеспелые клубни картофеля, к которым относится сорт Изора, отличаются большей товарностью с связи с содержанием крахмала, накапливаемого в клубнях.

Цель исследования. Определить влияние минеральных удобрений на качество клубней картофеля сорта Изора в Сибирском регионе.

Задачи исследования: определить влияние минеральных удобрений на качественные характеристики клубней картофеля сорта Изора; оценить влияние азотных удобрений в нормах 60, 120 на фоне $P_{60}K_{60}$ на качество клубней картофеля.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются клубни картофеля сорта Изора.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – клубнеплодное крахмалоносное растение семейства Пасленовые (*Solanaceae*).

Сорт картофеля Изора (*solanum tuberosum* Izora) – ранний, раннеспелый, столового назначения. Клубни белые, кожура гладкая, короткоовальные, мякоть белая.

Использованы методы агроэкологического мониторинга [11]; комплекс лабораторно-аналитических методов исследования: определение содержания биологически активных веществ, количественное определение содержания крахмала в картофеле и качества продукции [12]; содержания аскорбиновой кислоты [13], определение содержания сухого вещества в ботве и клубнях картофеля [14]; биохимический анализ клубней картофеля, содержания нитратов [11, 15].

Применяли методы дисперсионного и корреляционного анализа с использованием программы Exsel 2000 для статистической оценки экспериментальных данных [16–18].

Исследования выполнены в Инновационной лаборатории «Экологический мониторинг сельскохозяйственных и лесных культур» ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ.

Результаты исследования и их обсуждение. Крахмал в клубнях картофеля является основным питательным веществом. Картофель отрицательно реагирует на недостаток фосфорного и калийного питания.

Все формы фосфорных удобрений возможно применять под картофель. Фосфор способствует улучшению качества клубней и их быстрому созреванию. Под влиянием фосфора возрастает содержание крахмала. Фосфор принимает активное участие в фотосинтезе и от его снабжения растений зависит крахмалистость клубней картофеля. Также внесение фосфора улучшает кулинарные качества картофеля. Фосфорные удобрения снижают содержание моносахаридов, что является показателем высокого качества картофеля. В результате потемнение мякоти картофеля будет минимальным или отсутствовать совсем.

Картофель – калиелюбивая культура [5, 6]. Формой калийного удобрения определяется его действие на крахмалистость картофеля. Под

картофель лучше применять безхлорные калийные удобрения, которые благоприятно влияют на урожай, повышают крахмалистость клубней и улучшают качество клубней картофеля. Также калийные удобрения улучшают биологическую ценность белков картофеля, уменьшая содержание восстанавливающихся сахаров [6], снижают ферментативное потемнение, что улучшает вид клубней картофеля и их кулинарное качество.

Хорошая обеспеченность азотом растений, особенно на ранних этапах вегетации, способствует формированию вегетативной массы и лучшему формированию урожая клубней. Однако одностороннее внесение азотных удобрений снижает содержание крахмала в клубнях картофеля. Это объясняется оттоком веществ из клубней картофеля и снижением интенсивности накопления крахмала.

Качественная ценность клубней картофеля зависит от применения минеральных удобрений и доз внесения активного вещества (табл., рис. 1).

Качественная характеристика клубней картофеля сорта Изора (среднее значение)

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг	Товарность, %
1. Без удобрений (контроль)	20,24	13,44	12,95	33,92	68,47
2. С применением удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,15	15,03	19,45	67,3	74,70
3. С применением удобрений N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	23,30	15,08	22,03	159,7	81,35

Анализ таблицы и рисунка 1 показал, что при совместном внесении удобрений, как в варианте 2 (N₆₀P₆₀K₆₀); так и в варианте 3 (N₁₂₀P₆₀K₆₀), наблюдается увеличение содержания сухого вещества, крахмала, аскорбиновой кислоты.

Для всех изученных показателей отмечено превышение вариантов 2 и 3 над контролем. В зависимости от показателя для варианта 2 превышение над контролем составило от 9,1 до 98,4 %, для варианта 3 – от 12,2 до 370,8 %.

Непараметрический дисперсионный анализ Фридмана, проведенный по всему набору показателей, подтвердил значимость различий меж-

ду вариантами опыта на уровне $p < 0,01$. Коэффициент конкордации Кендалла равен 1,000, что говорит об однотипной реакции всех показателей на внесение удобрений.

Парный тест Уилкоксона продемонстрировал, что по набору исследуемых показателей варианты 2 и 3 отличаются от контроля ($p < 0,05$), а также различаются между собой ($p < 0,05$).

Содержание сухого вещества является существенным показателем качества клубней картофеля (рис. 2). Крахмал в клубнях картофеля является важнейшим углеводом, а также основным показателем качества продукции.

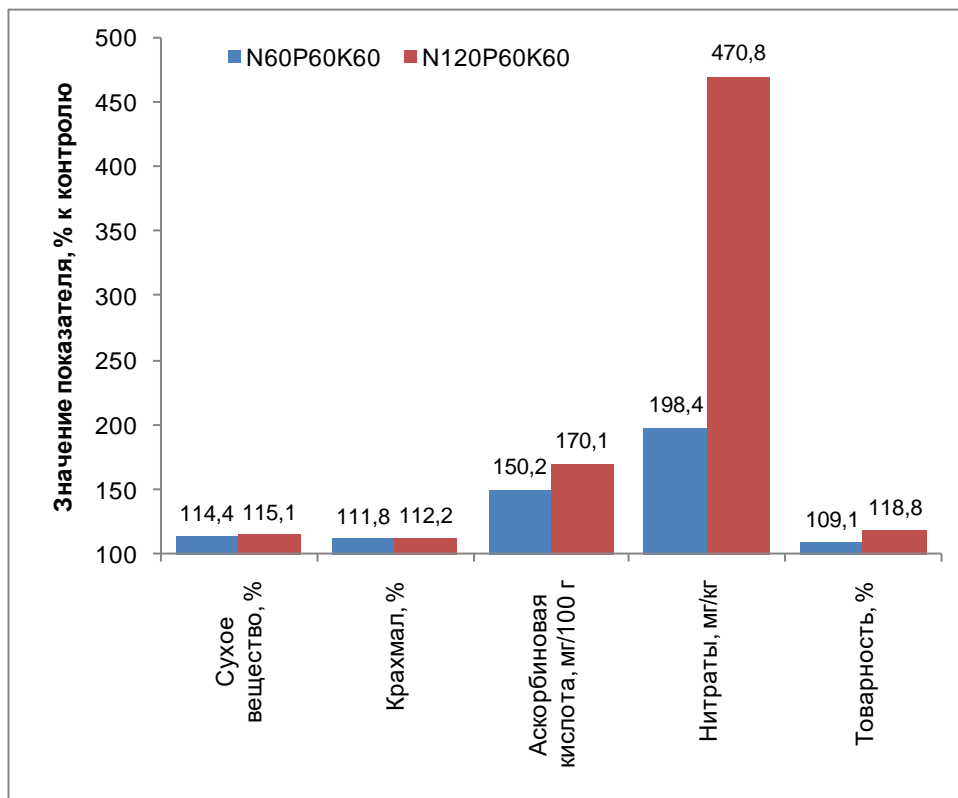


Рис. 1. Значения исследуемых показателей в вариантах 2 и 3, % к контролю

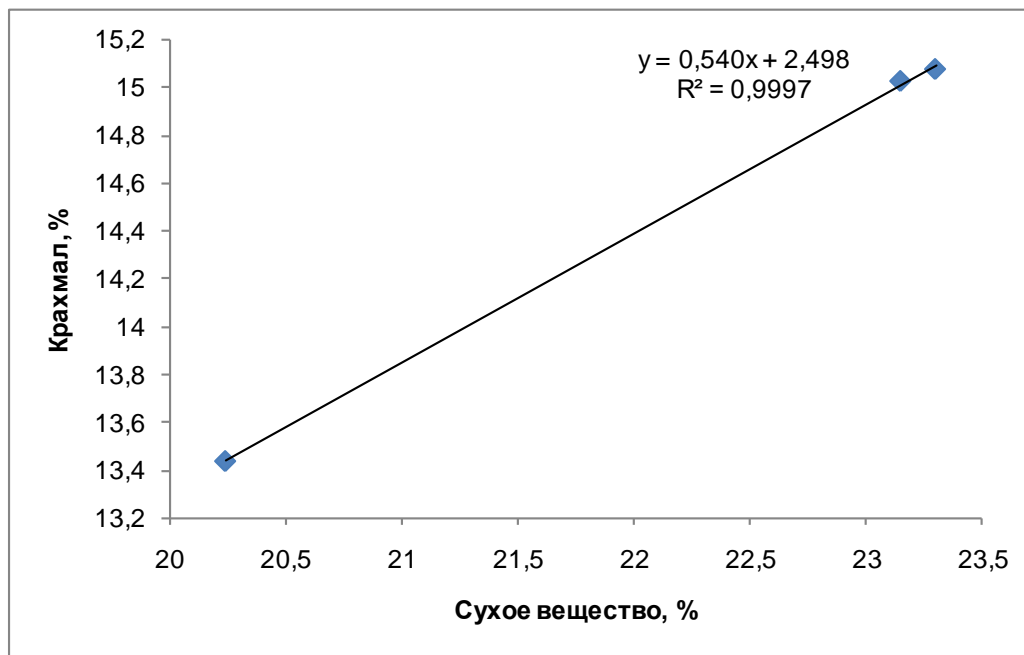


Рис. 2. Связь между содержанием сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля

Анализ рисунка 2 показал, что выявлена высокая линейная связь между содержанием сухого вещества и крахмала (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9997$, коэффициент корреляции $R = 0,9999$, значимость регрессии $p = 0,01$).

Содержание нитратов в клубнях картофеля является показателем, способным оказать негативные последствия на качество продукции. В варианте 3 содержание нитратов составляет 159,7 мг/кг, что превышает контроль (вариант

опыта 1). Однако содержание нитратов в варианте опыта 3 является допустимым, так как ПДК для продовольственного картофеля – 250 мг/кг.

Между дозой азота и содержанием нитратов обнаружена статистически значимая экспоненциальная связь (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9956$, коэффициент множественной корреляции $R = 0,9978$, значимость регрессии $p < 0,05$) (рис. 3).

При совместном внесении в варианте 2 уровень нитратного азота в клубнях картофеля ниже, чем при индивидуальном внесении N_{60} . Наибольшее количество товарных клубней, а также наибольший выход товарной продукции отмечался в

варианте 3. Однако увеличение дозы азота до N_{120} увеличивает присутствие нитратов в клубнях картофеля до 159,7 мг/кг. При совместном внесении уровень нитратного азота в клубнях и их количество равнозначны этим показателям при индивидуальном внесении N_{60} .

Наличием средних и крупных клубней в гнезде картофеля определяется товарность. Ранне-спелые клубни картофеля отличаются большей товарностью благодаря наличию крахмала, накапливаемого в клубнях. Связь между дозой азота и товарностью клубней картофеля представлена на рисунке 4.

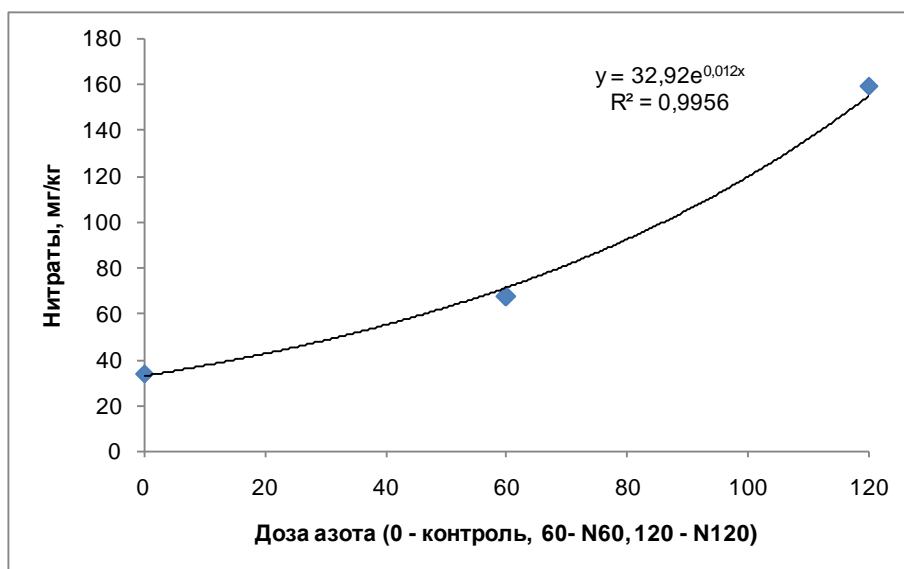


Рис. 3. Связь между дозой азота и содержанием нитратов в клубнях картофеля

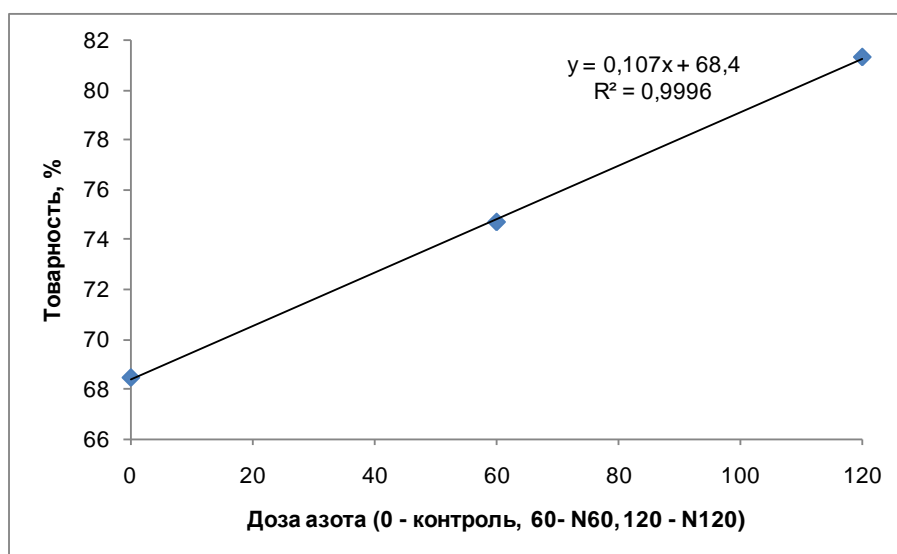


Рис. 4. Связь между дозой азота и товарностью клубней картофеля

Анализ рисунка 4 показал, что между дозой азота и товарностью обнаружена статистически значимая линейная связь (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9996$, коэффициент корреляции $R = 0,9998$, значимость регрессии $p = 0,01$). Прослеживается положительная связь между увеличением дозы азота в вариантах 2, 3 и выходом товарных клубней картофеля по сравнению с контролем (вариант 1) сорта Изора.

Выводы

1. Увеличение содержания сухого вещества, крахмала, аскорбиновой кислоты и товарности клубней картофеля показывает положительное влияние минеральных удобрений (в вариантах 2 и 3) на качественные характеристики клубней картофеля сорта Изора.

2. При применении азотных удобрений в дозах N_{60} , N_{120} на фоне $P_{60}K_{60}$ прослеживается положительная связь между увеличением дозы азота и выходом товарных клубней картофеля.

Список источников

1. Анисимов Б.В. Картофелеводство России: производство, рынок, проблемы семеноводства // Совершенствование технологии возделывания картофеля. Пенза, 2000. С. 3–12.
2. Whistler. Starch: properties and potential, ed. by T. Galliard, W. Chichester, 1987. 148 p.
3. Nei J. Atrin. Sophia L. Cheng. Rukmal M. Abeysekera, Anthony W. Robards. Localisation of Amylose and Amylopectin in Starch Granules Using Enzyme // Gold labelling 11 Starch. 1999. Nr. 5. P. 163–172.
4. Perry R.A., Donald A.M. The effects of low temperatures on starch granule structure // ИИ РоиУтег. 2000. Nr. 21. P. 6361–6376.
5. Артюшин А.М., Дерюгин И.П., Кумокин А.Н. и др. Удобрения в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1991. 174 с.
6. Сухоиванов В.А. Влияние удобрений на рост и развитие растений картофеля и формирования урожая // Тр. НИИ картофельного хозяйства. 1971. Вып. 8. С. 180–183.
7. Демиденко Г.А. Содержание биологически активных веществ в корнеплодах сахарной свеклы в условиях овощехранилища // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Курск: КФАНЦ, 2020. С. 117–119.

8. Демиденко Г.А. Биологически активные вещества в условиях хранения // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Белорусии и Болгарии: сб. докл. XXIII Междунар. науч.-техн. конф. Краснообск, 2020. С. 359–362.
9. Демиденко Г.А. Влияние технологии охлаждения на содержание биологически активных веществ в овощах при хранении в овощехранилище // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 205–211. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-205-211.
10. Демиденко Г.А. Влияние технологии охлаждения и типов вентиляции на содержание биологически активных веществ в картофеле при хранении // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2. С. 174–180. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-174-180.
11. Демиденко Г.А., Титова Е.В. Экологический анализ состояния агроэкосистем: лабораторный практикум / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2003. 88 с.
12. ГОСТ 7194-81. Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества. М.: Стандартинформ. 2010. 12 с.
13. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Колос, Ленинград. отд-ние, 1972. 456 с.
14. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П. Практикум по агрохимии. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
15. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ. 2001. 689 с.
16. Иберла К. Факторный анализ. М.: Статистика, 1980. 398 с.
17. Поллард Дж. Справочник по вычислительным методам статистики. М.: Финансы и статистика, 1982. 344 с.
18. Хижняк С.В., Пучкова Е.П. Математические методы в агроэкологии и биологии: учеб. пособие. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2019. 240 с.

References

1. Anisimov B.V. Kartofelevodstvo Rossii: proizvodstvo, rynok, problemy semenovodstva // Sovershenstvovanie tehnologii vzdelyvaniya kartofelya. Penza, 2000. S. 3–12.

2. Whistler. Starch: properties and potential, ed. by T. Galliard, W. Chichester, 1987. 148 p.
3. Nei J. Atrin, Sophia L. Cheng, Rukmal M. Abeysekera, Anthony W. Robards. Localisation of Amylose and Amylopectin in Starch Granules Using Enzyme – Gold labelling 11 Starch. 1999. Nr. 5. P. 163–172.
4. Perry R.A., Donald A.M. The effects of low temperatures on starch granule structure II Roluteg. 2000. Nr. 21. P. 6361–6376.
5. Artyushin A.M., Deryugin I.P., Kumokin A.N. I dr. Udobreniya v intensivnykh tekhnologiyah vozdeystviya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. M.: Agropromizdat, 1991. 174 s.
6. Suhoivanov V.A. Vliyanie udobrenij na rost i razvitie rastenij kartofelya i formirovaniya urozhaya // Tr. NII kartofel'nogo hozyajstva. 1971. Vyp. 8. S. 180–183.
7. Demidenko G.A. Soderzhanie biologicheskij aktivnykh veschestv v korneplodah saharnoj svekly v usloviyah ovoschehranilisha // Problemy i perspektivy nauchno-innovacionnogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa regionov. Kursk: KFANC, 2020. S. 117–119.
8. Demidenko G.A. Biologicheskij aktivnyye veschestva v usloviyah hraneniya // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazahstana, Belorusii i Bolgarii: sb. dokl. XXIII Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Krasnoobsk, 2020. S. 359–362.
9. Demidenko G.A. Vliyanie tekhnologii ohlazhdeniya na soderzhanie biologicheskij aktivnykh veschestv v ovoschah pri hranenii v ovoschehranilische // Vestnik KrasGAU. 2020. № 10. S. 205–211. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-205-211.
10. Demidenko G.A. Vliyanie tekhnologii ohlazhdeniya i tipov ventilyacii na soderzhanie biologicheskij aktivnykh veschestv v kartofele pri hranenii // Vestnik KrasGAU. 2021. № 2. S. 174–180. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-174-180.
11. Demidenko G.A., Titova E.V. `Ekologicheskij analiz sostoyaniya agro`ekosistem: laboratornyj praktikum / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2003. 88 s.
12. GOST 7194-81. Kartofel' svezhij. Pravila priemki i metody opredeleniya kachestva. M.: Standartinform. 2010. 12 s.
13. Ermakov A.I. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij. Izd. 2-e, pererab. i dop. L.: Kolos, Leningrad. otd-nie, 1972. 456 s.
14. Yagodin B.A., Deryugin I.P., Zhukov Yu.P. Praktikum po agrohimii. M.: Agropromizdat, 1987. 512 s.
15. Praktikum po agrohimii: ucheb. posobie. Izd.2-e, pererab. i dop. M.: Izd-vo MGU. 2001. 689 s.
16. Iberla K. Faktornyj analiz. M.: Statistika, 1980. 398 s.
17. Pollard Dzh. Spravochnik po vychislitel'nykh metodam statistiki. M.: Finansy i statistika, 1982. 344 s.
18. Hizhnyak S.V., Puchkova E.P. Matematicheskie metody v agro`ekologii i biologii: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: Krasnoyar. gos. agrar. un-t, 2019. 240 s.

