

УДК 635.21 : 631.84 : 631.67

ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Артамонов С.Г., Владимиров В.П., Мостякова А.А., Егоров Л.М.

Реферат. Полевые опыты проводили в 2014-2016 гг. на опытном поле кафедры растениеводства и плодовоовощеводства Казанского ГАУ. Изучена эффективность возрастающих доз азотных удобрений при выращивании среднеранней группы спелости картофеля сорта Гала на серой лесной среднесуглинистой гранулометрического состава почве. Агрохимические характеристики почвы были следующими: содержание гумуса в пахотном слое почвы по Тюрину – 3,25-3,31 %, рН солевой вытяжки – 5,6-5,7, легкогидролизуемого азота – 140-152 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 142-145 мг/кг, обменного калия – 151-156 мг/кг почвы. Установлено воздействие изучаемых доз удобрений на урожайность клубней картофеля, содержание сухого вещества, крахмала, нитратов и вкусовые качества. Установлена оптимальная доза азотных удобрений под картофель на фоне минеральных удобрений $P_{120}K_{120}S_{30}$ и хелатных форм микроэлементов: медь, бор и молибден в составе ЖУСС-1 и ЖУСС-2. Азотные удобрения вносили в зависимости от варианта в возрастающих дозах – N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120} кг действующего вещества. В процессе исследований установлено, что внесенные удобрения в дозе $P_{120}K_{120}S_{30}$ (фон) повысили урожай клубней картофеля в среднем за 3 года на 5,01 т/га. Азотные удобрения, внесенные дополнительно к фону ($P_{120}K_{120}S_{30}$), по мере повышения их дозы с 30 до 120 кг д.в./га обеспечили увеличение урожая на 3,33-7,25 т/га. Повышение доз азотных удобрений способствовали снижению содержания в клубнях сухого вещества, крахмала и вкусовых качеств, а количество нитратов при этом увеличивалось, но было значительно ниже ПДК.

Ключевые слова: микроэлементы, азот, минеральные удобрения, урожайность, картофель (*Solanum tuberosum*), витамин С, крахмал, белок, нитраты.

Введение. Один из основных факторов нормального роста и развития растений, формирования высоких урожаев картофеля – применение удобрений [1,2,3,4,5,6]. В агрономической практике, установленным фактом, является то, что наибольшее влияние на урожайность картофеля оказывают азотные удобрения [7,8]. На долю азота в этом процессе составляет 20% [9]. Актуальная задача современного картофелеводства – снижение затрат элементов питания вносимых удобрений на формирование единицы урожайности картофеля. Эту задачу можно решить дифференцированным применением азота на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений.

Эта культура имеет слаборазвитую корневую систему, за время вегетации накапливает значительное количество сухого вещества, поэтому предъявляет повышенные требования к элементам питания. Всходы растений картофеля появляются лишь после укоренения ростка в почве и начала поступления элементов минерального питания через корни [10].

При разработке системы удобрения картофеля необходимо учитывать среднераннюю группу спелости сорта картофеля. Ранние сорта относительно сильнее отзываются на минеральные туки, особенно в повышенных дозах, чем поздние сорта. Наоборот, поздние сорта лучше используют питательные вещества органических удобрений и почвы. Дозы азотных удобрений под ранние, среднеранние

и среднеспелые сорта составляет – 90...100 кг, а под поздние – 60...90 кг/га д.в. [11].

Из элементов минерального питания картофель потребляет наибольшее количество азота, фосфора и калия [12]. Азотное удобрение играет первостепенную роль в формировании высоких урожаев картофеля. При недостатке азотного питания происходит значительное снижение урожайности клубней картофеля, что связано с низким приростом клубней в период их формирования и преждевременным отмиранием надземной массы [13]. Однако и одностороннее высокое питание азотом приводит к чрезмерному росту надземной массы картофеля и торможению роста и развития клубней, а также к снижению показателей их качества [14, 15].

Картофель формирует высокие урожаи клубней и надземной массы, с которым выносит большое количество питательных веществ. Сера – один из этих элементов, входящих в состав белков и участвующих в их синтезе. Этот элемент в почвах представлен преимущественно органическими соединениями, входящими в состав гумуса. Сера играет значительную роль в обмене веществ, оказывает влияние на образование хлорофилла, усиливает развитие корневой системы растений [16]. Некоторые авторы отмечают, что внесение кремния снижает водно-дефицитный стресс картофельного растения [17].

Н.Е. Власенко [18] отмечает, что высокие

фоны минерального питания, особенно азотные обуславливают не только накопление нитратов, но и снижение содержания в клубнях сухого вещества, крахмала, а также вызывают ухудшение кулинарных и вкусовых качеств картофеля.

Цель исследований – изучить особенности формирования урожайности картофеля среднеранней группы спелости Гала в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Определить наиболее эффективную дозу минеральных удобрений при применении хелатных форм микроудобрений (ЖУСС-1 для обработки клубней и ЖУСС – 2 для некорневого внесения во время вегетации).

Условия, материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2014-2016 гг. Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистого гранулометрического состава, имела следующие агрохимические характеристики: рН солевой вытяжки – 5,6-5,7; содержание гумуса – 3,25-3,31 %; легкогидролизуемого азота – 140-152 мг/кг; подвижного фосфора – 142-145, обменного калия – 151-156 мг/кг почвы.

Для посадки использовали семенные клубни первой репродукции с массой 60-65 г. Предшественник во все годы исследования – озимая пшеница, под которую вносилось 40 т/га органических удобрений. Ширина междурядья 75 см, густота посадки 53,2 тыс. клубней на га (25×75 см). Глубина посадки 10-12 см, общая площадь делянки составляла 72 м², учетная – 60 м². Осенняя подготовка почвы состояла из лущения стерни дисковыми лущильниками на глубину 6...8 см после уборки предшественника, а через 10...12 дней – вспашка оборотным плугом EuroDiamant на глубину 22-24 см. Весной фрезерование вертикально фрезерным культиватором Zirkon – 7/300. Посадку проводили четырехрядной картофелесажалкой Hassia SL 4 BZS.

Объектом исследований служил среднеранний сорт Гала. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: без удобрений (контроль); P₉₀K₁₂₀S₃₀ – фон; фон + N₃₀; фон + N₆₀; фон + N₉₀; фон + N₁₂₀. Макроудобрения вносили во время посадки. Во всех вариантах, кроме контрольного (без удобрений), вносили микроэлементы легкоусвояемой, хелатной форме в составе жидкого удобрительно-стимулирующего состава ЖУСС-1 (для обработки клубней перед посадкой 0,5%-ным раствором из расчета 10 л/т) и ЖУСС-2 (для двукратной обработки растения во время вегетации 0,2%-ным раствором из расчета 500 л/га в фазе образования бутонов и через две недели). Посадку проводили в 2014 г. проводили 10 мая, в 2015 г – 12 мая, 2016 г – 10 мая.

Орошение производили дождеванием (400 м³/га) 3 раза за вегетационный период. Первый полив фазе образования бутонов второй и третий во время интенсивного прироста клубней.

Учет урожая проводили взвешиванием клубней на каждой делянке.

Анализ и обсуждение результатов исследования. Анализ данных по количеству всходов показал, что внесенные удобрения не оказали существенного влияния на их количество, которое, в зависимости от варианта, варьировало от 52,69 на контроле до 52,86 тыс. шт./га. В среднем за годы исследований в контрольном варианте линейные размеры стеблей растений картофеля изучаемого сорта составили 52 см, а при внесении удобрений в дозе – N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₃₀ на 17 см выше (рис. 1).

Хотя и число стеблей на 1 куст является сортовым признаком, который определяется числом ростков, массой семенных клубней, физиологическим состоянием посадочного материала, наши исследования показали, что уровни минерального питания оказали некоторое влияние на число стеблей на 1 куст и на 1 га. Оно при внесении фона удобрений увеличилось на 0,3 на 1 куст и 16 тыс. штук на 1 га. Максимальными (4,6 штук на 1 куст и 243 тыс. шт./га) величины этих показателей отмечены на фоне внесения удобрений в дозе N₉₀P₁₂₀K₁₂₀S₃₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₃₀.

На фоне естественного плодородия без применения удобрений урожайность картофеля среднераннего сорта Гала формировалась достаточно высокая во все годы исследования (24,70-26,16 т/га), что можно объяснить внесением органических удобрений под предшественник и применения орошения посадок картофеля (табл. 1).

Анализ результатов исследований показал, что прибавка урожая картофеля при внесении фоновых удобрений (P₁₂₀K₁₂₀S₃₀) по отношению к контролю в 2014 г. составила 5,33 т/га,



Рисунок 1 – Число и высота стеблей картофеля в зависимости от минерального питания растений, 2014-2016 гг

Таблица 1 – Урожайность картофеля сорта Гала в зависимости от доз внесения азотных удобрений

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка урожая, ± по отношению к:	
	2014 г	2015 г	2016 г	средняя	контролю	фону
Без удобрений (контроль)	25,42	24,70	26,16	25,46	–	–
P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₃₀ (фон)	30,75	28,46	32,21	30,47	5,01	–
Фон + N ₃₀	34,62	32,16	34,63	33,80	8,34	3,33
Фон + N ₆₀	35,25	33,87	36,56	35,23	9,77	4,76
Фон + N ₉₀	37,25	35,65	38,45	37,12	11,66	6,65
Фон + N ₁₂₀	38,32	35,78	39,05	37,72	12,26	7,25
НСР ₀₅	1,26	1,40	1,32			

в 2015 г. – 3,76, в 2016 г. – 6,05 т/га, а в среднем за три года – 5,01 т/га. Возрастающие дозы азотных удобрений, на фоне фосфорно-калийных удобрений, весьма существенно повлияли на продуктивность картофеля.

Применение даже минимальной дозы азотных удобрений (30 кг д.в./га) существенно повлияло на урожайность клубней картофеля. По сравнению с фоновым вариантом она повысилась на 3,33 т/га, а при внесении N₆₀ дополнительный сбор клубней составил 4,76 т/га, N₉₀ – 6,65 т/га. Самая высокая урожайность в опыте (37,72 т/га) получена при внесении азота в дозе – N₁₂₀ на фоне P₁₂₀K₁₂₀S₃₀, что на 12,26 т/га превышало уровень урожайности контрольного и на 7,25 т/га – фонового варианта.

Наиболее важным показателем рационального использования удобрений при возделывании картофеля является получение дополнительной продукции на 1 кг внесенного действующего вещества. По результатам опытов видно, что она была самой высокой при внесении минимальной дозы азотных удобрений (N₃₀ кг/га действующего вещества) (рисунок 1), где в зависимости от года исследу-

ований она составила 81-129 кг клубней на 1 кг действующего вещества азота.

С повышением дозы азотного удобрения до 60 кг/га и более его окупаемость снижалась. В зависимости от года исследований при дозе азота N₆₀ она составила 72-90 кг, при дозе N₉₀ – 72-80 кг/кг, а при дозе N₁₂₀ – 57-63 кг клубней на 1 кг д.в. азота.

Внесение минеральных удобрений оказывало влияние на формирование не только урожайности клубней, но и на показатели их качества. Азотные удобрения усиливают рост и развитие растений, тем самым удлиняя период вегетации. Поэтому установление оптимальной дозы азотных удобрений важно для получения качественных клубней. Содержание сухого вещества в клубнях картофеля в контрольном варианте в среднем за 3 года составило 23,0%, а внесение фоновых удобрений (P₁₂₀K₁₂₀S₃₀) повысило на 0,27 % (рисунок 2).

При внесении азота в дозе N₃₀ совместно с фоновыми удобрениями содержание сухого вещества было на уровне контрольного варианта. Дальнейшее повышение азотных удобрений приводило к снижению синтеза сухого вещества в картофеле, особенно при внесении более высоких доз (N₉₀-120).

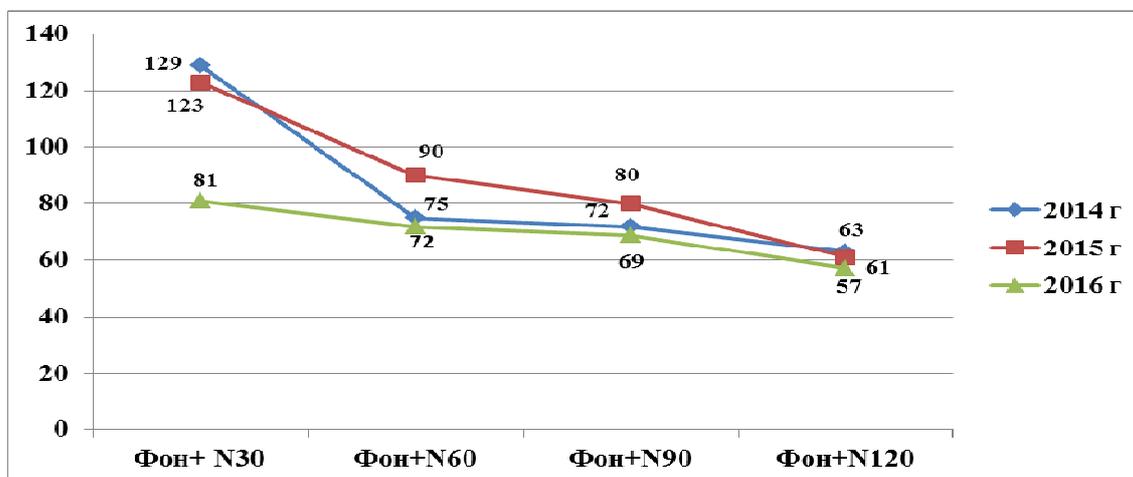


Рисунок 1 – Выход дополнительной продукции на 1 кг д.в. азота, кг клубней, 2014-2016 гг.

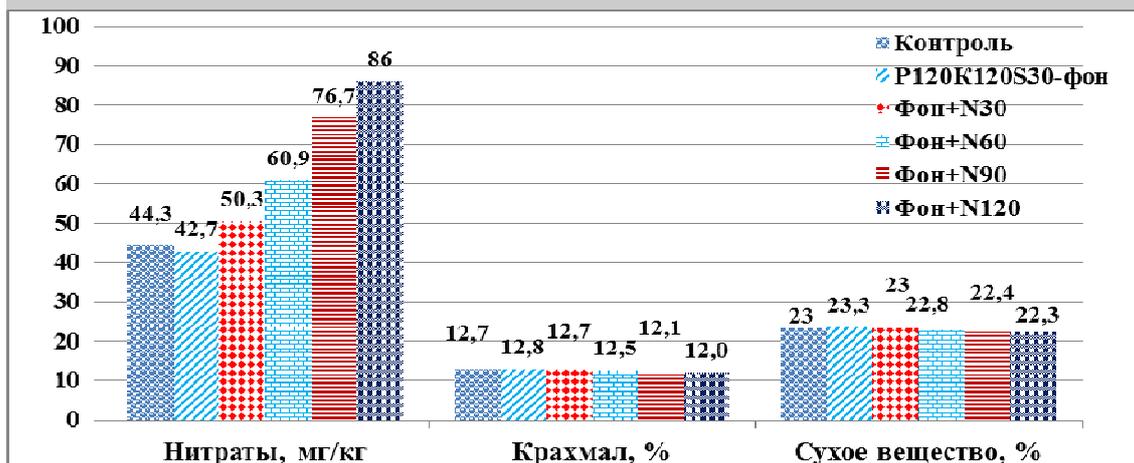


Рисунок 3 – Показатели качества клубней картофеля в зависимости от доз внесения азотных удобрений, %, 2014-2016 гг.

Применение фосфорно-калийных и серных удобрений (P120K120S30) обеспечило повышение содержания крахмала в клубнях картофеля на 0,13 %. Азотные удобрения в дозе N30 совместно с фоновыми удобрениями не снижали содержание крахмала. Применение азотных удобрений в более высоких дозах (N60-N120) сопровождалось снижением содержания крахмала в клубнях по сравнению с фосфорно-калийным фоном, на 0,3-0,8 %.

Содержание нитратов в клубнях в контрольном варианте было не высоким и в среднем за три года составило 44,3 мг/кг. Применение азота в умеренных (N30 и N60) и даже высоких (N90 и N120) дозах совместно с фосфорно-калийными и серными удобрениями (P120K120S30) не приводило к существенному накоплению нитратов в клубнях, по сравнению с контролем. При внесении максимальной дозы азота накопление нитратов в клубнях картофеля не превышало ПДК.

Выводы. В условиях орошения внесение азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных и серных удобрений на серых лесных почвах является эффективным приемом при выращивании среднераннего картофеля.

Применение азотных удобрений под картофель сорта Гала в возрастающих дозах от 30 до 120 кг/га в условиях опыта было целесообразным, так как приводило к достоверной прибавке урожайности, не являлось опасным для использования полученного урожая в качестве продукта питания.

Использование умеренных доз азотных удобрений (N30 и N 60) не оказывало значительного влияния на содержание сухого вещества в клубнях картофеля, а высоких доз (N90 и N 120) – приводило к заметному снижению уровня его накопления.

Содержание крахмала в клубнях картофеля было наибольшим на фоне фосфорно-калийных и серных удобрений (12,8 %) и совместного их применения с N30 (12,7 %), а с увеличением доз азотных удобрений до 60, 90 и 120 кг д.в./га снижалось до 12,5, 12,1 и 12,0 %.

В условиях орошения применение азотных удобрений в высоких (N90 -N 120) дозах на фоне фосфорно-калийных и серных удобрений (P120K120S30) не приводило к избыточному накоплению нитратов, превышающему ПДК.

Литература

1. Владимиров К.В., Фомин В.Н., Чекмарев П.А. Эффективность расчетных доз удобрений на получение запланированных урожаев картофеля на серой лесной почве лесостепи Среднего Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 31-33.
2. Владимиров С.В. Формирование урожая картофеля в зависимости от уровня минерального питания на серой лесной почве лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Казанского ГАУ. 2013. № 2(28). С. 110-114.
3. Продуктивность раннеспелого сорта Винета в зависимости от густоты посадки и фона минерального питания на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья /И.Р. Гареев, К.В. Владимиров, А.А. Мостякова и др.// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Том 18. № 2. С. 55-58.
4. Morier T., Cambouris A.N., Chokmani K. IN-Season nitrogen status assessment and yield estimation using hyperspectral vegetation indices in a potato crop //Agronomy Journal. 2015. Т. 107. №4. С. 1295-1309.
5. Mostyakova A.A., Vladimirov V.P., Gareev I.R., Sitnickova N.V. Ways to increase the use of photosynthetic active radiation by early ripening varieties of potato in Middle Volga Region, Russia // Biology and Medicine Research Article Volume 7, Issue 1 Article ID: BM-066-15, 2015. – S. 1-7.
6. Flis S. 4R practices for fertilizer management in potatoes //4R Nutrient Stewardship. 2019. DOI: 10. 2134. S. 8-10.
- 7.Власенко В.Н. Удобрение картофеля /В.Н. Власенко. М.: Агропромиздат,1987. 218 с.
- 8.Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах /В.М. Назарюк. Новосибирск: Изд-во

СО РАН, 2002. 257 с.

9. Sturm H. Gezielte Erdungen.- Main: 3. Aufl, Verlag Union Agrar Frankfurt/H. Sturm, A. Buchner, W. Zerulla// Main.1994.- 471 S.

10. Вечер А.С., Гончарик М.Н. Физиология и биохимия картофеля Минск: Наука и техника, 1973 . 263 с.

11. Сортные ресурсы и передовой опыт производства картофеля /Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, А.В. Коршунов и др.// Библиотечка «В помощь консультанту». М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 348 с.

12. Картофель. Выращивание, уборка, хранение /Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер и др./Под ред. Д. Шпаара. М.: ООО ДЛВ АГРОДЕЛО, 2016. 458 с.

13. Кукреш Н.П. Действие возрастающих доз азотных удобрений на урожай и качество клубней/Н.П. Кукреш// Труды ВИУА. Вып. 61. М. 1980. С. 84-88.

14. Nitsh A. Stickstoff - und Kaliumdungung der Kartoffel / A. Nitsh, K. Klein // Der Kartoffelbau, 1992, N 43. – S. 24-26.

15. Votupal B. et al. Nektere priciny zmen ve stolni nodnote bramborovych hliz. – Uroda, 1976, r. 24, № 6. S. 251-253.

16. Справочник агрохимика /И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. /под ред И.Д. Давлятшина. Казань: ИД МедДок, 2013. 300 с.

17. Pilon C. Foliar or soil applications of silicon alleviate water-deficit stress of potato plants /C/ Pilon, R.P. Sorato, F. Broetto, A. M. Fernandes //Agronomy Journal. 2014. T. 106. № 6. С. 2325-2334.

18. Власенко Н.Е. Удобрение картофеля/Н.Е. Власенко. – М.: Агропром -издат, 1987. 219 с.

Сведения об авторах:

Артамонов Сергей Геннадьевич – доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства.

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия

Владимиров Владимир Петрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, e-mail: Vladimirov_53@bk.ru

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия

Мостякова Антонина Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук доцент, e-mail:

runga540@mail.ru

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» ИФМиБ, кафедра ботаники и физиологии растений . г. Казань, Россия.

Егоров Леонид Михайлович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: leon-1978.1978@mail.ru

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия

POTATO PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE GROWING DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS UNDER THE IRRIGATION OF GRAY FOREST SOILS OF FOREST STEPPE IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Artamonov S.G., Vladimirov V.P., Mostyakova A.A., Egorov L.M.,

Abstract. Field experiments were carried out in 2014-2016 on the experimental field of Plant growing and horticulture Department of Kazan State Agrarian University. The effectiveness of increasing doses of nitrogen fertilizers in the cultivation of the mid-early ripening group of potatoes of Gala variety on gray forest medium loam granulometric composition of the soil was studied. The agrochemical characteristics of the soil were as follows: the humus content in the arable layer of the soil according to Tyurin was 3.25-3.31%, the pH of the salt extract was 5.6-5.7, the easily hydrolyzed nitrogen was 140-152 mg/kg of soil, the mobile phosphorus was 142-145 mg/kg, exchange potassium - 151-156 mg/kg of soil. The effect of the studied doses of fertilizers on the productivity of potato tubers, the dry matter content, starch, nitrates and taste qualities was established. The optimal dose of nitrogen fertilizers for potatoes was established against the background of mineral fertilizers P₁₂₀K₁₂₀S₃₀ and chelated forms of microelements: copper, boron and molybdenum as part of ZhUSS-1 and ZhUSS-2. Nitrogen fertilizers were applied depending on the option in increasing doses - N₃₀, N₆₀, N₉₀, N₁₂₀ kg of active substance. In the process of research it was found that the fertilizers applied in a dose of P₁₂₀K₁₂₀S₃₀ (background) increased the productivity of potato tubers on average for 3 years by 5.01 tons per hectare. Nitrogen fertilizers introduced in addition to the background (P₁₂₀K₁₂₀S₃₀) as their dose increased from 30 to 120 kg of active substance per hectare provided an increase in yield by 3.33-7.25 tons per hectare. An increase in the doses of nitrogen fertilizers contributed to a decrease in the dry matter, starch, and taste in the tubers, while the amount of nitrates increased, but was significantly lower than the maximum allowable concentration.

Key words: microelements, nitrogen, mineral fertilizers, productivity, potatoes (*Solanum tuberosum*), vitamin C, starch, protein, nitrates.

References

1. Vladimirov K.V., Fomin V.N., Chekmarev P.A. The effectiveness of the estimated doses of fertilizers to obtain the planned potato crops on the gray forest soil of the forest-steppe of the Middle Volga region. [Effektivnost raschetnykh doz udobreniy na poluchenie zaplanirovannykh urozhaev kartofelya na seroy lesnoy pochve lesostepi Srednego Povolzhya]. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agricultural sector*. 2012. № 2. P. 31-33.

2. Vladimirov S.V. Potato crop formation depending on the level of mineral nutrition on the gray forest soil of the forest-steppe of the Middle Volga. [Formirovanie urozhaya kartofelya v zavisimosti ot urovnya mineralnogo pitaniya na seroy lesnoy pochve lesostepi Srednego Povolzhya]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*. GAU. 2013. № 2(28). P. 110-114.

3. The productivity of the early-ripening variety Vineta, depending on planting density and mineral nutrition background on gray forest soils of the forest-steppe of the Middle Volga. [Produktivnost rannespelogo sorta Vineta v zavisimosti ot gustoty posadki i fona mineralnogo pitaniya na serykh lesnykh pochvakh lesostepi Srednego Povolzhya]. / I.R.

Gareev, K.V. Vladimirov, A.A. Mostyakova and others. // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. – The Herald of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016. Vol. 18. № 2. P. 55-58.

4. Morier T., Cambouris A.N., Chokmani K. IN-Season nitrogen status assessment and yield estimation using hyper-spectral vegetation indices in a potato crop. // *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107. №4. P. 1295-1309.

5. Mostyakova A.A., Vladimirov V.P., Gareev I.R., Sitnickova N.V. Ways to increase the use of photosynthetic active radiation by early ripening varieties of potato in Middle Volga Region, Russia. // *Biology and Medicine Research Article*. Volume 7, Issue 1 Article ID: BM-066-15, 2015. – P. 1-7.

6. Flis S. 4R practices for fertilizer management in potatoes // *4R Nutrient Stewardship*. – 2019. DOI: 10. 2134. P. 8-10.

7. Vlasenko V.N. *Udobrenie kartofelya*. [Fertilizer of potatoes]. / V.N. Vlasenko. M.: Agropromizdat, 1987. – P. 218.

8. Nazaryuk V.M. *Balans i transformatsiya azota v agroekosistemakh*. [Nitrogen balance and transformation in agroecosystems]. / V.M. Nazaryuk. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. – P. 257.

9. Sturm H. Gezielte Düngungen.- Main: 3. Aufl., Verlag Union Agrar Frankfurt / H. Sturm, A. Buchner, W. Zerulla // *Main*.1994.- P. 471.

10. Vecher A.S., Goncharik M.N. *Fiziologiya i biokhimiya kartofelya*. [Physiology and Biochemistry of potato]. Minsk: Science and Technology Minsk: Nauka i tekhnika, 1973 . – P. 263.

11. *Sortove resursy i peredovoy opyt proizvodstva kartofelya*. [Varietal resources and best practices in the production of potatoes]. / E.A. Simakov, B.V. Anisimov, A.V. Korshunov and others. // Bibliotekha “V pomoshch konsultatu”. M.: FGNU “Rosinformagrotekh”, 2005. – P. 348.

12. *Kartofel. Vyraschivanie, uborka, khranenie*. [The potato. Growing, harvesting, storage]. / D. Shpaar, A. Bykin, D. Dreger and others. / Edited by D. Shpaar. M.: OOO DLV AGRODELO, 2016. P. 458.

13. Kukresh N.P. The effect of increasing doses of nitrogen fertilizers on the productivity and quality of tubers. [Deystvie vozrastayushikh doz azotnykh udobreniy na urozhay i kachestvo klubney]. / N.P. Kukresh // *Trudy VIUA. - Proceedings of All-Russian Scientific Research Institute of Fertilizers and Agricultural Soil Science*. Issue 61. M. 1980. P. 84-88.

14. Nitsh A. Stickstoff- und Kaliumdüngung der Kartoffel. / A. Nitsh, K. Klein // *Der Kartoffelbau*, 1992, N 43. – P. 24-26.

15. Votoupal B. et al. Nektere princiny zmen ve stolni nodnote bramborovych hliz. – *Uroda*, 1976, r. 24, № 6. – P. 251-253.

16. *Spravochnik agrokhemika*. [Reference agrochemist]. / I.D. Davlyatshin, M.Yu. Gilyazov, A.A. Lukmanov and others. / edited by I.D. Davlyatshina. Kazan: ID MeDDoK, 2013. P. 300.

17. Pilon C. Foliar or soil applications of silicon alleviate water-deficit stress of potato plants /C/ Pilon, R.P. Sorato, F. Broetto, A. M. Fernandes // *Agronomy Journal*. 2014. Vol. 106. № 6. P. 2325-2334.

18. Vlasenko N.E. *Udobrenie kartofelya*. [Fertilizer for potatoes]. / N.E. Vlasenko. – M.: Agropromizdat, 1987. – P. 219.

Authors:

Artamonov Sergey Gennadevich – Associate Professor of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production Department.

Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.

Vladimirov Vladimir Petrovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Plant Growing and Horticulture Department, Kazan State Agrarian University, e-mail: Vladimirov_53@bk.ru

Mostyakova Antonina Anatolevna – Associate Professor, Kazan (Volga) Federal University, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Department of Plant Botany and Physiology. Kazan, runga540@mail.ru

Egorov Leonid Mikhaylovich – Associate Professor, Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: leon-1978.1978@mail.ru