

## Биохимические показатели и нитраты в период хранения картофеля при современных приемах возделывания

А. В. Бутов<sup>1</sup>, А. А. Мандрова<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина»,  
399770, Россия, г. Елец, ул. Коммунаров, 28

<sup>2</sup> Совет депутатов городского округа город Елец,  
399740, Россия, г. Елец, ул. Октябрьская, 127

Дата поступления в редакцию: 15.02.2019  
Дата принятия в печать: 21.03.2019

\*e-mail: [annalets@yandex.ru](mailto:annalets@yandex.ru)



© А. В. Бутов, А. А. Мандрова, 2019

**Аннотация.** Были проведены исследования по изучению динамики биохимических показателей клубней картофеля в осенне-зимний период хранения. Пробы для закладки на хранение отбирали в 2011–2013 гг. в полевых опытах, включающих 12 вариантов различных доз и соотношений минеральных удобрений при капельном поливе. Почва – выщелоченный чернозем (Воронежская обл.). В среднем, за 3 периода хранения (с сентября по апрель) содержание витамина С в клубнях при умеренных дозах удобрений снизилось в 3,0–3,2 раза, а при высоких в 3,3–3,4 раза. Потери сухого вещества и крахмала при небольших и умеренных дозах N30-60P90-120K60-90 составили 1,4–1,5 и 1,0–1,1 %, от высоких доз N120-150P180-210K150-180 – 1,6–2,0 и 1,4–1,7 %. Содержание нитратов в клубнях при хранении постепенно снижалось, причем наибольшее их уменьшение произошло в апреле. Так, при небольших дозах удобрений их остаточное количество в продукции в апреле уменьшалось в 3,2–3,3 раза, при повышенных дозах в 2,5–2,9 раза, против 3,7 раза на контроле без удобрений. Одностороннее усиленное азотное и азотно-калийное удобрение ухудшало все биохимические показатели картофеля. Для поддержания оптимальных биохимических показателей клубней при хранении необходимо при капельном поливе в полном удобрении увеличивать долю фосфора (кг/га действующего вещества) по отношению к азоту в 1,5–1,7 раза, а долю калия в 1,3 раза. Высокая урожайность (37,8 т/га), оптимальные биохимические показатели, низкая концентрация нитратов (36,6 мг/%) в продукции за период хранения достигались при капельном поливе и внесении под картофель N90P150K120 кг/га действующего вещества. Допустимо вносить дозу N120P180K150 (урожай – 41,5 т/га) при условии засыпки картофеля отдельно от общего вороха и осуществлять реализацию продукции в конце периода хранения, когда концентрация нитратов в клубнях становится в 2,5–2,9 раз меньше.

**Ключевые слова.** Картофель, хранение, минеральные удобрения, капельный полив, биохимические показатели, нитраты

**Для цитирования:** Бутов, А. В. Биохимические показатели и нитраты в период хранения картофеля при современных приемах возделывания / А. В. Бутов, А. А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127-134>.

Original article

Available online at <http://fppt.ru/>

## Biochemical Indicators and Nitrates in Potatoes during Storage: Modern Cultivation Techniques

A.V. Butov<sup>1</sup>, A.A. Mandrova<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Bunin Yelets State University,  
28, Communarov Str., Yelets, 399770, Russia

<sup>2</sup> Yelets Council of Deputies,  
127, October Str., Yelets, 399740, Russia

Received: February 15, 2019  
Accepted: March 21, 2019

\*e-mail: [annalets@yandex.ru](mailto:annalets@yandex.ru)



© A.V. Butov, A.A. Mandrova, 2019

**Abstract.** It featured the dynamics of the biochemical parameters of potato tubers in the autumn and winter storage period. The samples were gathered in 2011–2013 during field experiments. The experiments included 12 various doses and ratios of mineral fertilizers under drip irrigation. The soil was leached chernozem (Voronezh region). During 3 storage periods (September–April), the content of vitamin C in moderately fertilized tubers decreased by 3.0–3.2 times. The content of vitamin C in

heavily fertilized tubers decreased by 3.3–3.4 times. The loss of dry matter and starch at small and moderate doses of fertilizers N30-60P90-120K60-90 amounted to 1.4–1.5 and 1.0–1.1%. The loss of dry matter and starch from high doses of fertilizers N120-150P180-210K150-180 equaled 1.6–2.0 and 1.4–1.7%. The content of nitrates in the tubers gradually decreased during storage, and the greatest decrease occurred in April. For moderately fertilized tubers, the residual amount decreased by 3.2–3.3 times by April. For heavily fertilized tubers, it decreased by 2.5–2.9 times against 3.7 times in the control sample. Enhanced nitrogen and nitrogen-potassium fertilizer worsened all the biochemical indicators of the potatoes. In order to maintain optimal biochemical parameters of tubers during storage, the proportion of phosphorus (kg/ha of active substance) had to be increased by 1.5–1.7 times as related to nitrogen. The share of potassium was increased by 1.3 times. The best results (yield = 37.8 t/ha, optimal biochemical parameters, concentration of nitrates = 36.6 mg/%) were achieved by drip irrigation and application of N90P150K120 kg/ha of active ingredient. A dose of N120P180K150, (yield – 41.5 t/ha) was found beneficial, provided the potatoes were filled separately from the total pile. Such potatoes have to be sold at the end of the storage period, when the concentration of nitrates in tubers becomes 2.5–2.9 times lower.

**Keywords.** Potatoes, storage, mineral fertilizers, drip irrigation, biochemical parameters, nitrates

**For citation:** Butov AV, Mandrova AA. Biochemical Indicators and Nitrates in Potatoes during Storage: Modern Cultivation Techniques. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):127–134. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127-134>.

### **Введение**

В потребительской корзине жителей России картофель располагают вслед за хлебом. Потребление его на душу населения – одно из самых высоких в мире (120 кг). Причины такой «популярности» – относительная дешевизна, высокие питательные свойства, значительный адаптивный потенциал культуры и традиции русской кухни. Важной задачей современного картофелеводства является достижение не только роста урожая, но и сохранение продукции в течение длительного периода хранения, в том числе без снижения биохимических показателей клубней. Высокоинтенсивная технология возделывания культуры в современных агрофирмах предусматривает применение высоких доз минеральных удобрений, интенсивную химизацию защиты растений от вредителей, болезней, сорняков и использование полива. Такие технологические приемы значительно увеличивают урожай клубней. Но они же вызывают острую проблему ухудшения качества, экологической безопасности выращенного урожая и сохранности продукции. Продовольственный картофель, используемый для реализации, хранится течение 8–10 месяцев в типовых хранилищах с активной вентиляцией. За такой длительный период биохимические и экологические показатели качества клубней претерпевают существенные изменения. Поэтому требуется разработка технологических приемов, позволяющих управлять не только урожаем и его качеством, но и сохранностью продукции, биохимическими, экологическими показателями клубней в период хранения.

Цель нашей работы заключалась в разработке оптимальных доз и соотношений минеральных удобрений при капельном поливе на выщелоченных черноземах ЦЧР по действию не только на величину урожая, но и сохранность клубней с лучшими биохимическими и экологическими показателями в период хранения.

*Обзор литературы.* Россия занимает лишь третье место по валовому сбору картофеля после Китая и Индии. Однако урожайность культуры в стране и качество ее продукции находится на одном из последних мест среди других стран мира. За пери-

од хранения в нашей стране ежегодно теряется до 25–53 % и более продукции от различных болезней. Это приводит к тому, что Россия вынуждена импортировать картофель из-за границы [1].

В регионах недостаточного и не устойчивого увлажнения, к которому относится ЦЧР. Главные причины низкой урожайности картофеля – недостаток выпадающих осадков в период роста, развития растений и накопления урожая. Во многих регионах страны естественных водных ресурсов для орошаемого земледелия мало. Однако в тех местах, где есть реки и пруды объемов воды для полива культур обычным методом дождевания явно недостаточно [2, 3].

Для повышения урожая картофеля и окупаемости затрат картофелеводческие хозяйства при наличии естественного водного источника (реки или пруда) стали применять капельное орошение. Это рационально тем, что на капельный полив воды требуется в несколько раз меньше, чем при обычном дождевании [4, 5].

Лежкость картофеля зависит от устойчивости клубней к заболеваниям, дыхания, заживления ран и прорастания. Сохранность картофеля, высокое содержание ценных биохимических показателей, экологическая безопасность клубней в значительной мере зависит от рационального подбора доз и соотношений минеральных удобрений при его возделывании. Недопустимо применять чрезмерно высокие, несбалансированные дозы минеральных удобрений, ухудшающие качество, сохранность картофеля, пригодность его для переработки, иначе неизбежны огромные потери [6].

Потери при хранении можно значительно уменьшить. Поэтому важно находить пути управления и регулирования процессами, обеспечивающие улучшение сохранности клубней [7].

Вопросы биохимии клубней картофеля в период хранения представляют исключительный интерес, так как это кладовая питательных веществ. Необходимо, чтобы ценный биохимический состав клубней сохранялся в должной мере в течение всего периода хранения. В это время продукция картофеля поступает регулярно в торговую сеть для питания населения [6, 8].

В опытах Л. С. Федотовой, связанных с капельным поливом на дерново-подзолистой почве, установлено, что при высоких дозах минеральных удобрений клубни за период хранения к весне теряли несравненно больше крахмала и витамина С, чем на вариантах без удобрений и при небольших их дозах [9]. Также при высоких дозах удобрений в уборочных пробах весной в конце хранения клубни картофеля содержали на порядок больше нитратов.

Ухудшение биохимических показателей клубней в период хранения от высоких доз удобрений при капельном поливе в условиях Среднего Урала выявила Е. П. Шанина, в Астраханской области – А. Ф. Туманян [10, 11].

Значительную опасность для здоровья людей и теплокровных представляют нитраты, из которых в желудочно-кишечном тракте человека и животных образуются нитриты [12]. Именно нитриты, а также вторичные амины и нитрозамины вызывают заболевания людей и животных из-за образования в крови метгемоглобина, который блокирует перенос кислорода клеткам организма. Особенно это опасно для детей. Образующие в организме человека из нитратов нитрозамины и нитрозамиды обладают выраженными канцерогенными, мутагенными и эмбриотоксическими свойствами [13, 14]. При повышении нитратов уменьшается содержание витамина С и незаменимых аминокислот в клубнях. В результате чего продукция становится биологически некачественной, отрицательно действующей на организм человека [14].

#### Объекты и методы исследования

Исследования проводили в полевых опытах в 2011–2013 гг. и в периоды хранения в типовых хранилищах в 2011–2014 гг. в агрофирме «ЗАО Аненское» (Воронежская область) в лесостепной подзоне. Почва – выщелоченный среднесуглинистый чернозем, по гранулометрическому составу – средний суглинок. Подпочвенный горизонт – лёссовидные глины. Реакция почвенного раствора слабокислая ( $pH_{\text{кол.}} - 6,1$ ). Содержание гумуса (по И. Тюрину и М. Кононовой) в пахотном слое (0–30 см) повышенное – 7,1–7,4 %. Содержание питательных макроэлементов (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) – среднее. Степень насыщенности основаниями – высокая (88,5 %). Забор воды для капельного полива осуществляли из крупного водосточника (пруда) с объемом запаса воды в зависимости от весеннего паводка от 130 до 145 тыс. м<sup>3</sup>.

Полевые опыты закладывали в общем массиве орошаемого картофеля. Культура возделывалась в 3-х польном севообороте с чередованием культур: однолетние травы (на сено) – озимые (пшеница) – картофель. Схема опыта включала 12 вариантов различных доз и соотношений минеральных удобрений: 1) без удобрений (0-0-0), 2) N<sub>30</sub>P<sub>90</sub>K<sub>30</sub>, 3) N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>90</sub>, 4) N<sub>90</sub>P<sub>150</sub>K<sub>120</sub>, 5) N<sub>120</sub>P<sub>180</sub>K<sub>150</sub>, 6) N<sub>150</sub>P<sub>210</sub>K<sub>180</sub>, 7) N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>, 8) N<sub>30</sub>P<sub>180</sub>K<sub>60</sub>, 9) N<sub>30</sub>P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>, 10) N<sub>120</sub>P<sub>180</sub>K<sub>60</sub>, 11) N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>, 12) N<sub>30</sub>P<sub>180</sub>K<sub>150</sub>. Сорт картофеля – среднепоздний Пикассо. Площадь опытной делянки – 81 м<sup>2</sup>, учетной – 54 м<sup>2</sup>, повторность вариантов – 4-х кратная. Густота посадки клубней 54–55 тыс./га, схема посадки 25×75 см. Предше-

ственный картофель – озимая пшеница. Весной после разбивки опытов разбрасывали минеральные удобрения по вариантам под предпосадочную обработку почвы. В опытах при возделывании картофеля использовали элементы голландской технологии. Во время вегетации культуры с помощью капельного орошения поддерживали влажность почвы под растениями не ниже 75 % от предельной полевой влагоёмкости (ППВ). Это означает, что при установленной нами на опытном участке ППВ равной 32,4 % полив посадок возобновляли при относительной влажности почвы в пахотном слое менее 24,5 %. К уборке опытов приступали в первой декаде сентября. За 12 дней до уборки проводили скашивание ботвы. Для уборки картофеля использовали 2-х рядковый картофелекопатель PYRUS Z-653 с подбором клубней и взвешиванием с учетной площади делянки. С каждого варианта опыта для исследования сохранности, биохимических показателей и содержания нитратов в период хранения картофеля отбирали по 10 кг клубней в трех повторностях и укладывали в сетки. Отобранные пробы в сетках закладывали в хранилище с активной вентиляцией в насыпе на глубине 0,5 м.

В период хранения в среднем раз в месяц определяли интенсивность дыхания (мг СО<sub>2</sub> кг/ч), содержание витамина С (мг%), крахмала (%), сухих веществ (%) и нитратов (мг/кг). К концу эксперимента в апреле определяли отходы, которые образовались в результате поражения клубней болезнями, естественную убыль массы, ростки и общие потери. Все биохимические анализы выполнены по методике ВНИИКХ [15]. В том числе определение содержания крахмала в клубнях поляриметрическим методом по Эверсу, витамина С по С. М. Прокошеву, сухих веществ весовым методом, дыхания клубней по методу Бойсен-Иенсена [15]. Определение нитратов в картофеле проводили по методике [16] на приборе рН-метрономер «Эксперт-001» анализатор жидкости.

Математическую обработку данных по урожаю, биохимическим показателям качества и содержанию нитратов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [17].

#### Результаты и их обсуждение

В наших опытах эффективность минеральных удобрений в условиях капельного орошения была высокой. С увеличением доз от 0 (без удобрений) до N<sub>150</sub>P<sub>210</sub>K<sub>180</sub>, в среднем за 2011–2013 гг., урожайность клубней повысилась с 23,4 до 43,7 т/га. При внесении N<sub>30</sub>P<sub>90</sub>K<sub>30</sub> урожай составил 28,2 т/га, N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>90</sub> – 34,1 т/га, N<sub>90</sub>P<sub>150</sub>K<sub>120</sub> – 37,8 т/га, N<sub>120</sub>P<sub>180</sub>K<sub>150</sub> – 41,5 т/га, N<sub>150</sub>P<sub>210</sub>K<sub>180</sub> – 43,7 т/га, против 23,4 т/га на контроле без удобрений (рис. 1). С повышением доз удобрений, особенно выше уровня N<sub>90</sub>P<sub>150</sub>K<sub>120</sub>, отмечается снижение качества клубней, ухудшение их ценности по содержанию нитратов и сохранности продукции.

Различия в потерях массы картофеля в период хранения связаны в большей мере с дыханием клубней (рис. 1, табл.1). Это происходит за счет испарения воды при дыхании. При этом установлено относительно не высокое снижение (на 1,1–2,0 %) содержания сухих веществ.

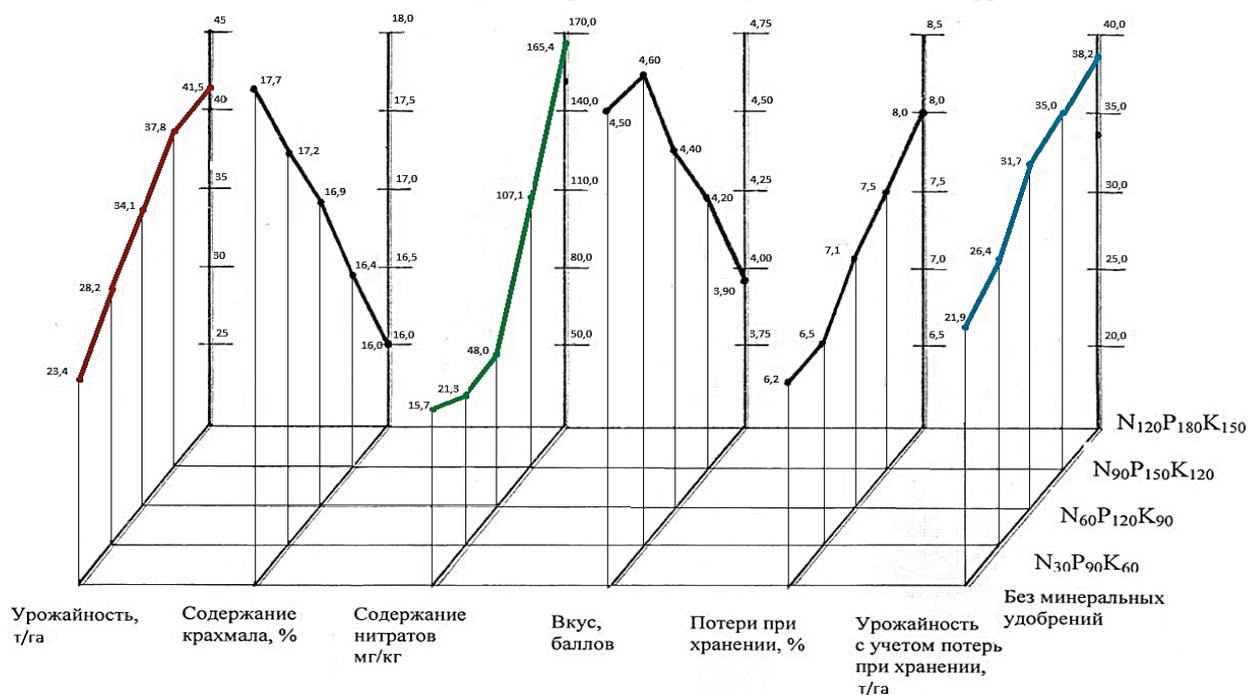


Рисунок 1 – Взаимосвязь показателей урожайности, качества и сохранности картофеля в зависимости от доз минеральных удобрений при капельном поливе (2011–2014 гг.)

Figure 1 – Interrelation of indicators of yield, quality, and safety of potatoes, depending on the doses of mineral fertilizers during drip irrigation (2011–2014)

Интенсивность дыхания была максимальной в первые сроки хранения клубней картофеля (в сентябре-ноябре), особенно в вариантах с применением высоких доз минеральных удобрений (табл. 1). Это связано с происходящими физиолого-биохимическими процессами в клубнях. Такие процессы направлены на дозревание и заживление ран, полученных от неизбежных механических повреждений кожуры при комбайновой уборке. В декабре интенсивность дыхания снижалась почти в 2 раза, а в середине зимы (февраль) достигала минимума. Это связано с наступлением физиологического покоя клубней. Весной (апрель) активность дыхания резко возрастала в связи с началом периода прорастания клубней. Активность дыхания увеличивалась с повышением уровня минерального питания. Особенно интенсивной она была в вариантах опыта, на которых клубни выращены с применением высоких доз минеральных удобрений – N<sub>120</sub>P<sub>180</sub>K<sub>150</sub> и N<sub>150</sub>P<sub>210</sub>K<sub>180</sub>. Однако существенная разница в скорости дыхания по вариантам опыта отмечена осенью (ноябрь) – 1,1–2,9 % и весной (апрель) – 1,3–2,6 %, против 0,3–0,5 и 0,1–0,2 % в период физиологического покоя.

Установлено, что в период хранения картофеля происходит распад витамина С (аскорбиновой кислоты) (табл. 2). Наибольшее снижение данного показателя выявлено в осенний период и в начале зимы. В ноябре содержание витамина С уменьшилось в 1,8 раза по отношению к первоначальным замерам во время уборки клубней.

Менее значительное снижение витамина в клубнях установлено в середине и конце срока хранения. За годы исследований (2012–2014) в период хранения этот показатель снизился в 3,0–3,4 раза. Наиболь-

шее снижение витамина (в 3,4 раза) отмечено на варианте выращивания картофеля с максимальной дозой внесения удобрений N<sub>150</sub>P<sub>210</sub>K<sub>180</sub>. Умеренные (N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>90</sub>) и небольшие (N<sub>30</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>) дозы минеральных удобрений способствовали повышению или поддержанию содержания витамина С на уровне контрольного варианта.

В Центрально-Черноземном регионе РФ проблема получения экологически чистого и безопасного картофеля очень актуальна. Установлено, что присутствие в картофеле повышенных количеств нитратов (наряду с пестицидами, тяжелыми металлами) приводит ко многим тяжелым заболеваниям, в том числе канцерогенного характера [18, 20].

В России утверждены пределы допустимых концентраций (ПДК) для взрослого населения – 250 мг/кг и для детей – 80 мг/кг в сырых клубнях [19]. Од-

Таблица 1 – Изменение интенсивности дыхания клубней в период хранения в зависимости от уровня минерального питания (мг CO<sub>2</sub> кг/ч)

Table 1 – Changes in the intensity of tuber respiration during storage depending on the level of mineral nutrition (mg CO<sub>2</sub> kg/h)

Вариант	2012–2013 гг.					2013–2014 гг.				
	XI	XII	II	III	IV	XI	XII	II	III	IV
0-0-0	4,2	2,9	2,0	2,3	4,4	3,8	2,2	1,3	1,9	4,5
30-90-60	4,1	2,8	2,2	2,4	4,4	3,8	2,3	1,3	1,9	4,5
60-120-90	4,4	2,9	2,2	2,6	4,9	3,8	2,5	1,2	2,2	5,1
90-150-120	5,3	3,1	2,3	2,7	5,2	4,1	2,4	1,3	2,4	5,8
120-180-150	5,5	2,9	2,3	2,7	5,1	4,4	2,6	1,4	2,9	6,6
150-210-180	7,1	3,5	2,5	2,9	6,2	5,2	2,9	1,5	3,0	7,1

Таблица 2 – Изменение содержания аскорбиновой кислоты и нитратов в период хранения в зависимости от срока определения и условий выращивания.

Table 2 – Changes in the content of ascorbic acid and nitrates during the storage period, depending on the determination period and growing conditions

Вариант N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Уборка		Ноябрь		Февраль		Март		Апрель	
	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг								
0-0-0	20,8	15,7	12,3	14,2	8,6	7,2	–	6,1	7,0	4,2
30-90-60	21,1	21,3	12,4	20,0	8,4	16,7	–	12,0	7,0	6,5
60-120-90	21,5	48,2	12,7	46,5	8,8	41,4	–	30,8	7,2	15,3
90-150-120	20,3	107,1	11,9	105,1	8,1	97,8	–	77,1	6,7	36,6
120-180-150	19,8	165,4	11,4	162,9	7,7	155,1	–	131,3	6,2	61,3
150-210-180	19,0	234,8	10,7	230,1	7,1	220,3	–	182,5	5,6	94,4
НСР <sub>0,5</sub> среднее	0,5	11,4								

нако в развитых странах ЕС предельно допустимые концентрации для детского питания установлены в пределах 3 мг% (30 мг/кг) [13].

Внесение различных доз минеральных удобрений при капельном поливе оказало значительное влияние на содержание нитратов в клубнях (табл. 2). Так, в уборочных пробах их содержание возросло с 15,7 мг/кг на контрольном варианте (без удобрений) до 234,8 мг/кг при внесении наибольшей дозы N<sub>150</sub>P<sub>210</sub>K<sub>180</sub>.

В период хранения содержание нитратов постепенно уменьшалось. Наиболее значительное снижение нитратов произошло в апреле. В условиях зоны исследования это период начала прорастания клубней. Нитратные соединения расходуются на образование (построение) массы ростков.

За период хранения (сентябрь–апрель) содержание нитратов в клубнях на контрольном варианте без удобрений снизилось в 3,7 раза. На вариантах с использованием небольших и умеренных доз (N<sub>30</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>90</sub>) в 3,3–3,2 раза, а в опыте с повышенной дозой минеральных удобрений N<sub>90</sub>P<sub>150</sub>K<sub>120</sub> – в 2,9 раза.

При высоких дозах минеральных удобрений N<sub>120-150</sub>P<sub>180-210</sub>K<sub>150-180</sub> содержание нитратов в клубнях снизилось в апреле до 61,3–94,4 мг/кг при уборке или в 2,7–2,5 раза соответственно. В марте содержание нитратов в клубнях на вариантах с высокими дозами удобрений (N<sub>120-150</sub>P<sub>180-210</sub>K<sub>150-180</sub>) уменьшилось в 1,3 раза. В то же время на вариантах с меньшими дозами азота 30, 60, 90 кг/га в полном минеральном удобрении количество нитратов в марте уменьшилось в 1,8; 1,6; 1,4 раза. Полученные нами данные свидетельствуют, что при капельном орошении на выщелоченных черноземах ЦЧР увеличение доз удобрения свыше N<sub>90</sub>P<sub>150</sub>K<sub>120</sub> кг/га д.в. на 1 га приводит к резкому ухудшению биохимических показателей клубней и более значительному накоплению в них нитратов. С социально-экологической и экономической точек зрения эта доза удобрений является более оптимальной. Она обеспечивает получение урожая картофеля до 37,8 т/га, хорошую сохранность клубней – 92,5 % (потери 7,5 %), безопасность продукции по содержанию нитратов – 107 мг/кг при уборке и 37 мг/кг в

Таблица 3 – Динамика содержания сухих веществ и крахмала за период хранения, 2012–2014 гг.

Table 3 – Changes in the solids and starch content during storage, 2012–2014

Вариант N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Содержание сухих веществ, %			Содержание крахмала, %		
	до хранения	после хранения	убыль	до хранения	после хранения	убыль
1. 0-0-0	26,1	24,8	1,3	18,2	17,4	0,8
2. 30-90-60	25,5	24,1	1,4	17,4	16,4	1,0
3. 60-120-90	24,8	23,3	1,5	17,2	16,1	1,1
4. 90-150-120	24,0	22,5	1,5	16,4	15,1	1,3
5. 120-180-150	23,4	21,8	1,6	16,1	14,7	1,4
6. 150-210-180	23,0	21,0	2,0	15,7	14,0	1,7
7. 120-90-60	23,3	21,3	2,0	15,9	14,1	1,8
8. 30-180-60	25,6	24,4	1,2	17,6	16,7	0,9
9. 30-90-150	25,1	23,8	1,3	16,4	15,3	1,1
10. 120-180-60	23,3	21,5	1,8	16,4	14,9	1,5
11. 120-90-150	23,5	21,6	1,9	15,0	13,4	1,6
12. 30-180-150	25,1	24,0	1,1	16,9	16,1	0,8
НСР <sub>0,5</sub> сред.	0,7	0,6		0,4	0,3	

конце хранения клубней. Для получения более высокого урожая картофеля допустимо вносить под картофель в условиях капельного орошения  $N_{120}P_{180}K_{150}$  кг/га д.в. при условии, что выращенный при такой дозе удобрений картофель будет засыпаться в хранилище отдельно. Чтобы использовать его в последующем для поставки в торговую сеть в марте–апреле, когда нитратов в продукции становится значительно меньше допустимой нормы.

Мы считаем, что установленные в РФ предельно допустимые концентрации нитратов в картофеле в пределах 250 мг/га для взрослого населения и 80 мг/кг для детей являются завышенными, чем в стандартах развитых стран ЕС (80 мг/кг и 30 мг/кг). Поскольку нитраты поступают в организм человека еще с овощами, плодами, копченостями, молочными продуктами, питьевой водой, то в сумме могут достигать предельных суточных значений. Из выше сказанного следует, что, в связи происходящими снижениями нитратов в клубнях в период хранения, можно реализовывать занитраченные свыше ПДК партии картофеля в марте, апреле, мае.

За период хранения изменяется содержание сухих веществ и крахмала в клубнях картофеля. По данным Е. П. Шаниной распад крахмала в клубнях при хранении зависит от сорта, места, сроков и условий выращивания картофеля [10]. Оно может варьировать от 0,8 до 4,5 %. В наших исследованиях содержание крахмала за период хранения уменьшалось в зависимости от применяемых доз минеральных удобрений на 0,7–1,8 %, сухих веществ на 1,1–2,0 % (табл. 3). Изменение содержания сухих веществ и крахмала при хранении зависело от интенсивности дыхания. С повышением уровня внесения удобрений возрастала активность дыхания и более существенно увеличивались потери крахмала и сухих веществ (табл. 1, 3). Наибольшие потери крахмала и сухого вещества выявлены при значительном одностороннем повышении азотного и азотно-калийного питания и при максимальной в опыте дозе удобрений.

Усиление фосфорного или одновременно фосфорно-калийного питания ( $N_{30}P_{180}K_{60}$ ,  $N_{30}P_{180}K_{150}$ ) способствовало оптимизации размеров потерь крахмала и сухих веществ практически на уровне контроля.

Одностороннее увеличение дозы калия в составе полного минерального удобрения способствовало некоторому снижению потерь крахмала и сухих веществ в клубнях картофеля за период хранения.

Наши исследования по биохимии и содержанию нитратов в продукции картофеля в период хранения свидетельствуют о целесообразности использования умеренно повышенных доз удобрений при капельном поливе. Очень важно на черноземных почвах придерживаться строгого соблюдения оп-

тимальных соотношений элементов питания под картофель. Правильный подбор доз и соотношений элементов удобрения позволяет значительно снизить отрицательное воздействие усиленного минерального питания на биохимические показатели и содержание нитратов в клубнях. При возделывании картофеля в условиях капельного полива рекомендуется система удобрений, при которой фосфорные и фосфорно-калийные туки превышают уровень азота. Такое положение достигается при использовании минеральных удобрений в соотношениях N:P:K = 1:1,5–1,7:1,3. Это позволит даже на вариантах с повышенными дозами их внесения ( $N_{90}P_{150}K_{120}$ ,  $N_{120}P_{180}K_{150}$ ) получать высокую урожайность (37,8–41,5 т/га) с хорошими или удовлетворительными биохимическими показателями в период хранения. Однако, принимая во внимание наиболее важный показатель – содержание нитратов в клубнях в период хранения, ориентируясь на стандарты ПДК в развитых странах ЕС, не целесообразно применять дозу азота свыше 90 кг/га д.в. На варианте  $N_{90}P_{150}K_{120}$  урожайность с учетом потерь при хранении составила 35,0 т/га, содержание крахмала 15,1 %, сухих веществ 22,5 %, нитратов 36,6 мг/кг (при ПДК = 250 мг/кг). С учетом приведенных показателей данный вариант удобрений можно считать оптимальным для рекомендаций производству.

### **Выводы**

1. В Центрально-Черноземном регионе РФ в условиях капельного орошения картофеля при внесении повышенных (или высоких) доз минеральных удобрений необходимо строго соблюдать соотношение элементов питания – N:P:K не менее как 1:1,5–1,7:1,3. Не допускать применения удобрений с односторонним усиленным азотным и азотно-калийным питанием.

2. Для получения высокого урожая (37,8 т/га), хороших биохимических показателей и значительно меньшим ПДК содержанием нитратов в клубнях в период хранения вносить под картофель при капельном поливе азота 90, фосфора 150 и калия 120 кг/га действующего вещества.

3. Допустимо применять более высокую дозу удобрений  $N_{120}P_{180}K_{150}$  при условии засыпки картофеля отдельно от общего вороха и реализацией продукции в конце периода хранения, когда концентрация нитратов в клубнях становится в 2,5–2,9 раза меньше.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Финансирование**

Материалы подготовлены без финансовой поддержки.

### **Список литературы**

1. Тульчев, В. В. Мировой рынок картофеля / В. В. Тульчев, О. М. Ягфоров // АПК: Экономика и управление. – 2014. – № 5. – С. 57–64.

2. Акарин, А. Е. Водные ресурсы России и их использование / А. Е. Акарин, П. А. Полад-Заде, А. Н. Семенов // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 6. – С. 4–8.
3. Применение капельного полива при выращивании картофеля / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, С. П. Тихонов [и др.] // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т. 1. – С. 57–61.
4. Сенчуков, Г. А. Водопотребность сельскохозяйственных культур при капельном орошении / Г. А. Сенчуков, И. В. Новиков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 93–108.
5. Шляхов, В. А. Возделывание картофеля при капельном орошении / В. А. Шляхов, В. В. Коринец, В. М. Ермаков // Аграрный Вестник Урала. – 2011. – Т. 89, № 10. – С. 34–35.
6. Шпаар, Д. Картофель: выращивание, уборка и хранение / Д. Шпаар. – М.: ДЛВ Агродело, 2007. – 458 с.
7. Индустрия картофеля / Е. А. Симаков, В. И. Старовойтов, Б. В. Анисимов [и др.]. – М.: НПФ АгроНиф, 2013. – 273 с.
8. Кошчаев, А. Г. Биохимия сельскохозяйственной продукции / А. Г. Кошчаев, С. Н. Дмитриенко, И. С. Жолобова. – СПб.: Лань, 2018. – 234 с.
9. Федотова, Л. С. Динамика биохимических показателей картофеля в период хранения / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева // Картофель и овощи. – 2017. – № 1. – С. 31–34.
10. Оценка картофеля по биохимическим показателям в условиях Среднего Урала / Е. П. Шанина, Е. М. Ключкина, М. А. Стафеева [и др.] // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 337–341.
11. Туманян, А. Ф. Биохимический состав и столовые качества сортов картофеля, выращенных в условиях светло-каштановых почв Астраханской области на капельном орошении / А. Ф. Туманян, Н. В. Тютюма Н. А. Щербаков // Вестник Российского университета Дружбы народов. Серия Агрономия и животноводство. – 2016. – № 2. – С. 15–22.
12. Черников, В. А. Стратегия получения экологически безопасной продукции / В. А. Черников, В. А. Соколов // Агрэкология. – 2014. – № 1. – С. 13–18.
13. Химия пищевых продуктов. – СПб.: Профессия, 2012. – 1040 с.
14. Койка, С. А. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства / С. А. Койка, В. Т. Скориков // Вестник Российского университета Дружбы народов. Серия Агрономия и животноводство. – 2008. – № 3. – С. 58–63.
15. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. – М.: НИИКХ, 1989. – 142 с.
16. Практикум по агрохимии. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 689 с.
17. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 352 с.
18. Черников, В. А. Экологически безопасная продукция / В. А. Черников, О. А. Соколов. – М.: Колос, 2009. – 438 с.
19. СанПин 2.3.2. 1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
20. Butov, A. V. Organic Potato Product for Baby Foods and Dietetic Food / A. V. Butov // Indian Journal of Science and Technology. – 2015. – Vol. 8, № 29. – P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i29/84226>.

## References

1. Tul'cheev VV, Yagforov OM. Mirovoy rynek kartofelya [Global Potato Market]. AIC: economics, management. 2014;(5):57–64. (In Russ.).
2. Akarin AE, Polad-Zade PA, Semenov AN. Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie [The water sourced of Russia and their use]. Power Technology and Engineering. 2007;(6):4–8. (In Russ.).
3. Ivenin VV, Ivenin AV, Tikhonov SP, Magomedkasumov AM, Nikolaev AP. Primenenie kapel'nogo poliva pri vyrashchivanii kartofelya [Drip watering in potato farming]. Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2012;1:47–61. (In Russ.).
4. Senchukov GA, Novikova IV. Water demand of agricultural crops under drip irrigation. Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2013;12(4):93–108. (In Russ.).
5. Shlyakhov BA, Korinets VV, Ermakov VM. The cultivation of potatoes for drip irrigation. Agrarian Bulletin of the Urals. 2011;89(10):34–35. (In Russ.).
6. Shpaar D. Kartofel': vyrashchivanie, uborka i khranenie [Potatoes: growing, harvesting, and storage]. Moscow: DLV Agrodello; 2007. 458 p. (In Russ.).
7. Simakov EA, Starovoytov VI, Anisimov BV, Korshunov AV, Tul'cheev VV, Fedotova LS, et al. Industriya kartofelya [Potato industry]. Moscow: NPF AgroNif; 2013. 273 p. (In Russ.).
8. Koshchaev AG, Dmitrienko SN, Zholobova IS. Biokhimiya sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Biochemistry of agricultural products]. St. Petersburg: Lan; 2018. 234 p. (In Russ.).
9. Fedotova LS, Timoshina NA, Knyazeva EV. Dynamics of potato biochemical indicators during storage. Potato and Vegetables. 2017;(1):31–34. (In Russ.).
10. Shanina EP, Klyukina EM, Stafееva MA, Sergeeva LB, Kiprushkina NA, Maslenina NV. Assessing the potatoes varieties according to biochemical parameters under the conditions of the Middle Urals. APK of Russia. 2016;23(2):337–341. (In Russ.).
11. Tumanyan AF, Tutuma NV, Shcherbakova NA. Biochemical composition and quality dining sorts of potatoes grown in the light-brown soils Astrakhan region drip irrigation. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2016;(2):15–22. (In Russ.).

12. Chernikov VA, Sokolov OA. Environmentally safety producing strategy. *Agroekologiya [Agroecology]*. 2014;(1):13–18. (In Russ.).
13. *Khimiya pishchevykh produktov [Food chemistry]*. St. Petersburg: Professiya; 2012. 1040 p. (In Russ.).
14. Kojka SA, Skorikov VT. Nitrates and nitrites in production vegetative. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2008;(3):58–53. (In Russ.).
15. *Metodika fiziologo-biokhimicheskikh issledovaniy kartofelya [Methods of physiological and biochemical studies of potatoes]*. Moscow: Scientific Research Institute of Potato Farming; 1989. 142 p. (In Russ.).
16. *Praktikum po agrokhimii [Workshop on agrochemistry]*. Moscow: Moscow University Publishing House; 2011. 689 p. (In Russ.).
17. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experience (the basics of statistical processing of research results)]*. Moscow: Kniga po Trebovaniyu; 2012. 352 p. (In Russ.).
18. Chernikov VA, Sokolov OA. *Ehkologicheski bezopasnaya produktsiya [Environmentally safe products]*. Moscow: Kolos; 2009. 438 p. (In Russ.).
19. SanPin 2.3.2. 1078-01. *Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov [Sanitary rules and Regulations 2.3.2. 1078-01. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food]*.
20. Butov AV. Organic Potato Product for Baby Foods and Dietetic Food. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015;8(29):1–6. DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i29/84226>.

**Бутов Алексей Владимирович**

д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина», 399770, Россия, г. Елец, ул. Комунаров, 28, тел.: +7 (47467) 99-2-60, e-mail: [butov.a.v@yandex.ru](mailto:butov.a.v@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-1861-2892>

**Alexey V. Butov**

Dr.Sci.(Agri), Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, 28, Communarov Str., Yelets, 399770, Russia, phone: +7 (47467) 99-2-60, e-mail: [butov.a.v@yandex.ru](mailto:butov.a.v@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-1861-2892>

**Мандрова Анна Алексеевна**

главный специалист-эксперт по экономике и финансам, Совет депутатов городского округа город Елец, 399740, Россия, г. Елец, ул. Октябрьская, 127, тел.: +7 (47467) 6-43-08, e-mail: [annalets@yandex.ru](mailto:annalets@yandex.ru)

**Anna A. Mandrova**

Main expert on economics and finance, Yelets Council of Deputies, 127, October Str., Yelets, 399740, Russia, phone: +7 (47467) 6-43-08, e-mail: [annalets@yandex.ru](mailto:annalets@yandex.ru)