



Научная статья

УДК 633.491:631.82

doi: 10.55186/25876740_2022_65_2_200

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ НИТРОАММОФОСОК, АЗОТНЫХ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ НРК-УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Л.С. Федотова¹, М.М. Визирская², Н.А. Тимошина¹, Е.В. Князева¹

¹Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, Московская область, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены данные полевого опыта с картофелем за 2020-2021 гг. Опыт располагался на дерново-подзолистой супесчаной почве, на территории экспериментальной базы «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» Московской области. Изучалась реакция сорта картофеля Жуковский ранний на применение следующих агрохимикатов: различные формы азотных удобрений — аммиачная селитра, карбамид УТЕС, азотно-известняковое, гранулированные нитроаммофоски марок 10-26-26 и 14-14-23, водорастворимые НРК-удобрения линейки Aqualis марок 13:40:13, 3:11:38 и 18:18:18. Установлено, что применение современных форм азотных удобрений в качестве подкормки в период вегетации картофеля, таких как карбамид УТЕС (40% N) и удобрение азотно-известняковое (27% N, 6% CaO, 4% MgO), некорневые подкормки водорастворимыми НРК-удобрениями линейки Aqualis, а также внесение перед посадкой гранулированной нитроаммофоски с соотношением элементов 14-14-23 (1:1:1,6), повышали урожайность (на 13-36,9%), качество продукции, структуру урожая, выход питательно ценных компонентов с единицы площади, обеспечивали получение экономической выгоды и сохраняли плодородие почвы. В варианте с предпосадочным внесением в гребни нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 и аммиачной селитры N₁₀₀ при окулировании рядков в сочетании с 4-кратным опрыскиванием в течение сезона водорастворимыми комплексными удобрениями линейки Aqualis сформировалась максимальная урожайность — 44,5 т/га, что составило 12,0 т/га или 36,9% прибавки к первому варианту (нитроаммофоска 10-26-26 + аммиачная селитра), принятому за контроль.

Ключевые слова: картофель, урожайность, качество продукции, нитроаммофоска 10-26-26, нитроаммофоска 14-14-23, азотные удобрения, карбамид УТЕС, аммиачная селитра, азотно-известняковое удобрение, водорастворимые НРК-удобрения линейки Aqualis

Original article

EFFICIENCY OF VARIOUS FORMS OF NITRO-AMMOPHOSES, NITROGENIC AND WATER-SOLUBLE NPK-FERTILIZERS IN POTATOES GROWING

L.S. Fedotova¹, M.M. Vizirskaya², N.A. Timoshina¹, E.V. Knyazeva¹

¹Federal Research Center of Potato named after A.G. Lorch, Moscow region, Russia

²All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

Abstract. The article presents data from field experience with potatoes for 2020-2021. The experiment was located on soddy-podzolic sandy loamy soil, on the territory of the experimental base "Korenevo" of Russian Potato Research Centre, Moscow Region. The reaction of the potato variety Zhukovsky early to the use of fertilizers was studied: various forms of nitrogen fertilizers — ammonium nitrate, urea UTEC, nitrogen-limestone, granulated nitroammophoska grades 10-26-26 and 14-14-23, water-soluble NPK-fertilizers of the Aqualis line of grades 13:40:13, 3:11:38 and 18:18:18. It was concluded that the use of modern forms of nitrogen fertilizers as top dressing during the growing season of potatoes, such as UTEC carbamide (40% N) and nitrogen-limestone fertilizer (27% N, 6% CaO, 4% MgO), foliar top dressing with water-soluble NPK-fertilizers of the Aqualis line, as well as the introduction of granular nitroammophoska with a ratio of elements 14-14-23 (1:1:1.6) before planting, increased the yield (by 13-36.9%), product quality, crop structure, and the yield of nutritionally valuable components per unit area, provide economic benefits and maintain soil fertility. In the variant with preplant application of nitroammophoska with a ratio of 14-14-23 and ammonium nitrate N₁₀₀, when hilling the rows in combination with 4-fold spraying during the season with water-soluble complex fertilizers of the Aqualis line, the maximum yield was 44.5 tons/ha, which amounted to 12.0 t/ha or 36.9% of the increase to the first option (nitroammophoska 10-26-26 + ammonium nitrate), taken as control.

Keywords: potato, yield, product quality, nitroammophoska 10-26-26, nitroammophoska 14-14-23, nitrogen fertilizers, urea UTEC, ammonium nitrate, nitrogen-limestone fertilizer, water-soluble NPK-fertilizers of the Aqualis line

Цель работы

Цель работы — провести оценку эффективности применения на картофеле водорастворимых НРК-удобрений линейки Aqualis марок 13:40:13, 3:11:38 и 18:18:18, гранулированных НРК-удобрений марок 10-26-26 и 14-14-23, подкормок карбамидом УТЕС, удобрением

азотно-известняковым (УАИ) в сравнении с традиционным азотным удобрением — аммиачной селитрой.

Актуальность

В отличие от зерновых, картофель требует для формирования урожая большее количе-

ство элементов питания за относительно короткий срок вегетации [5, 9, 12]. Азот, как основной структурный элемент растений, необходим на ранних стадиях развития [2, 8, 13, 14]. В черноземной зоне именно этот элемент находится в первом минимуме [12], поэтому так важно разработать правильную технологию



его применения [13, 14]. Сейчас аграрии могут применять различные формы (виды) азотных агрохимикатов на картофеле, представленных на внутреннем рынке удобрений, в том числе те, которые предлагаются компанией «ЕвроХимТрейдинг Рус».

Условия и методика проведения исследований

Опыт располагался на дерново-подзолистой супесчаной почве, на территории экспериментальной базы «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» Московской области. Объектом исследований в полевом опыте (2020-2021 гг.) являлся сорт картофеля Жуковский ранний.

Посадку картофеля проводили клоновой сажалкой КСКН-4 — 5 мая 2020 г. и 6 мая 2021 г. в предварительно нарезанные гребни, схема посадки 75 x 30 см, густота стояния растений — 44000 шт./га. Общая площадь делянки 48 м², учетной — 36 м², повторность трехкратная. Уборку проводили вручную с каждой делянки — 18 августа 2020 г. и 16 августа 2021 г.

Формы агрохимикатов и содержание питательных элементов: удобрение азотно-известняковое (УАИ) — 27% азота, 6% СаО, 4% MgO; карбамид УТЕС (40% азота) — форма стабилизированного карбамида, на гранулы которого был нанесен препарат УТЕС, ингибитор уреазы; аммиачная селитра — 34% азота; гранулированное NPK-удобрение марки N-P-K=10-26-26; гранулированное NPK-удобрение марки N-P-K=14-14-23; водорастворимые NPK-удобрения линейки Aqualis марок 13:40:13, 3:11:38 и 18:18:18.

Метеорологические условия вегетационного периода 2020 г. характеризовались пониженной температурой воздуха в мае-июле и одновременно избытком дождей. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2020 г. составила 17,1°C при норме 16,7°C. Всего осадков за вегетационный период выпало 395,7 мм или 149,7% от нормы. ГТК₂₀₂₀ составил 2,35 (влажный год).

Метеоусловия периода вегетации 2021 г. в целом были неудовлетворительными для роста, развития и продуктивности картофеля, в отличие от предыдущего 2020 г. Погода в мае была в основном теплой и влажной, среднесуточная температура воздуха составила 14,4°C, что на 1,37°C выше нормы, осадков за месяц выпало более чем в 1,5 раза больше нормы. Погода в июне и июле была в основном жаркая и сухая (ГТК_{июнь} = 0,91; ГТК_{июль} = 0,40), а в августе — жаркая и влажная (ГТК_{август} = 1,49).

Средняя температура воздуха за вегетационный период 2021 г. составила 19,7°C, всего осадков за вегетационный период выпало 258,0 мм или 99,04% от нормы (264,3 мм). Сумма эффективных температур (выше 10°C) составила 2354,61°C. ГТК₂₀₂₁ составил 1,096 (слабозасушливый год).

Почва опытного поля характеризовалась как дерново-подзолистая супесчаная со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта перед закладкой опыта: обладала кислой-слабокислой реакцией среды (рН_{ксл} = 4,4-4,9); низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими (S = 2,4-3,1 мг-экв/100 г почвы; V = 40-49%); высоким содержанием подвижного фосфора (424-497 мг/кг почвы) и ниже среднего-средним содержанием обменного калия (130-175 мг/кг почвы); относительно низкой гумусированностью (1,9%).

Методы исследований

Перед закладкой опыта и во время уборки картофеля проводили отбор почвенных проб, далее определяли агрохимические показатели: гумус — по Тюрину (ГОСТ 26213-91); P₂O₅ и K₂O — по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011); рН_{ксл} — потенциометрически (ГОСТ 26483-85); гидролитическую кислотность — по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); сумму поглощенных оснований — по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88); степень насыщенности почвы основаниями — расчетным способом; обменные кальций и магний — по ГОСТ 26487-85; нитратный азот почвы — по ГОСТ 26951-86.

Полевые исследования по влиянию изучаемых агрохимикатов на продуктивность картофеля осуществляли в полном соответствии со стандартными методами [4, 6, 7]. Учет и структуру урожая клубней картофеля проводили с каждой делянки, взвешивая фракции отдельно: мелкая (нестандартная) фракция — клубни по поперечному диаметру меньше 30 мм; средняя (семенная) — клубни по поперечному диаметру от 30 до 60 мм; крупная (продовольственная) — клубни по поперечному диаметру более 60 мм.

В убранном картофеле определяли: содержание крахмала — весовым методом (ГОСТ 7194-81); содержание сухого вещества — весовым методом (ГОСТ 31640-2012); содержание витамина С — по И.К. Мурри [10]; содержание нитратов — ионоселективным методом (ГОСТ 26951-86).

Дисперсионный анализ экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову [3].

Схема опыта:

- 1. Технология хозяйства:**
N₄₀P₁₀₄K₁₀₄: 10-26-26 — 400 кг — перед посадкой или в гребни +
N₁₀₀: 300 кг — аммиачная селитра (подкормка)
- 2. N₅₆P₅₆K₉₂: 14-14-23 — 400 кг — перед посадкой в гребни +**
N₁₀₀: 300 кг — аммиачная селитра (подкормка)
- 3. N₅₆P₅₆K₉₂: 14-14-23 — 400 кг — перед посадкой в гребни +**
N₁₀₀: 220 кг — карбамид УТЕС (подкормка)
- 4. N₅₆P₅₆K₉₂: 14-14-23 — 400 кг — перед посадкой в гребни +**
N₈₀: 300 кг — УАИ (подкормка)
- 5. N₅₆P₅₆K₉₂: 14-14-23 — 400 кг — перед посадкой в гребни +**
N₁₀₀: 370 кг — УАИ (подкормка)
- 6. N₅₆P₅₆K₉₂: 14-14-23 — 400 кг — перед посадкой в гребни +**
N₁₀₀: 300 кг — аммиачная селитра (подкормка) + **листовые подкормки совместно с СЗР**
1. Всходы 5-15 см — ВРУ 18-18-18 — 3 кг/га
2. Ботва 15-30 см — ВРУ 18-18-18 — 3 кг/га
3. Бутионизация — ВРУ 13-40-13 — 3 кг/га
4. 3-4 недели до уборки — 3-11-38 — 3 кг/га
Внесение удобрений на опытных делянках проводили вручную, согласно схеме, с последующей заделкой удобрений в почву культиватором КОН-2,8.

Уход за посадками картофеля общепринятый для зоны возделывания: два дождевых боронования, два послеуборочных и одно окучивание перед смыканием ботвы. Во время вегетации растений картофеля проводились обработки ботвы инсектицидами и фунгицидами. Против личинок колорадского жука применяли препарат Бискай (200 мл/га), против фитофторы — препараты Метакил (2,5 кг/га) и Манкоцеб (1,2 л/га). Посадки картофеля на опыте также

обрабатывались гербицидами: до всходов картофеля — гербицидом Лазурит (1,5 л/га) + Рифус (50 г/га); по всходам — гербицидом Титус (50 г/га) + Тренд 90 (200 г/га). Опрыскивание растений картофеля фунгицидами и инсектицидами проводили общим фоном, начиная с профилактической обработки (3-я декада июня), а также водорастворимыми NPK-удобрениями линейки Aqualis на шестом варианте.

Результаты исследований

Комплексным показателем, отражающим эффективность изучаемых агрохимикатов, является продуктивность картофеля (табл. 1). Продуктивность картофеля сорта Жуковский ранний в условиях экстремального вегетационного сезона 2021 г. снизилась в 2,4-2,9 раза по сравнению с урожайностью культуры в 2020 г.

В среднем за 2 года урожайность изменялась от 32,5 т/га в 1-м контрольном варианте с применением нитроаммофоски с соотношением 10-26-26 (технология хозяйства) в сочетании с подкормкой аммиачной селитрой до 44,5 т/га в 6-м варианте с применением нитроаммофоски с соотношением элементов 14-14-23 в сочетании с подкормкой аммиачной селитрой и 4-кратным некорневым опрыскиванием в течение сезона водорастворимыми комплексными удобрениями линейки Aqualis.

Замена во 2-м варианте нитроаммофоски с соотношением элементов 10-26-26 на нитроаммофоску с соотношением 14-14-23 позволила получить прибавку урожайности 3,4 т/га (10,5%), что объясняется оптимизацией минерального питания на «зафосфаченой» почве (P₂O₅ = 410-432 мг/кг, табл. 7).

Применение карбамида УТЕС в 3-м варианте в качестве подкормки (N₁₀₀) в среднем за 2020-2021 гг. сформировало урожайность 38,9 т/га, прибавка составила 3,0 т/га или 8,3% по сравнению со 2-м вариантом, где применяли аммиачную селитру в той же дозе (N₁₀₀). Применение карбамида УТЕС сформировало урожай с более высокой товарностью — 94,7% по сравнению с 1 и 2-м вариантами — 93,5 и 93,1% соответственно.

В вариантах с внесением удобрения азотно-известкового (УАИ) в двух дозах N₈₀ и N₁₀₀ (4-й и 5-й варианты) в качестве подкормки урожайность картофеля повышалась в соответствии с увеличением дозы д.в. до 36,8 и 40,5 т/га соответственно, прибавка урожайности составила 4,3 т/га (13,2%) и 8,0 т/га (24,6%) к 1-му варианту.

В 6-м варианте с комплексным минеральным питанием за счет нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 и аммиачной селитры в сочетании с 4-кратным опрыскиванием в течение сезона водорастворимыми комплексными удобрениями линейки Aqualis в среднем за 2020-2021 гг. сформировалась максимальная урожайность — 44,5 т/га, что составило 12,0 т/га или 36,9% прибавки к 1-му варианту, принятому за контроль.

Влияние различных форм, доз и способов внесения удобрений на формирование структуры урожая клубней представлено в таблице 2. Доля клубней крупной фракции (> 60 мм) с 3-го по 6-й варианты была выше (21,1-27,0%) таковой в 1-м (20,3%) и 2-м (19,3%) вариантах.

В трех вариантах с испытываемыми удобрениями (3-й с карбамидом УТЕС, 4-й с УАИ в дозе 80 кг/га д.в. и 6-й с 4-кратным опрыскиванием ВРУ) доля клубней крупной фракции была наибольшей (27,0, 24,3 и 24,8% соответственно), при



этом доля клубней средней фракции (30-60 мм) в этих вариантах (3, 4 и 6-й) была наименьшей (от 67,7 до 70,7%). Наибольшая доля клубней средней фракции (30-60 мм) на уровне первых двух вариантов отмечена в 5-м варианте с УАИ в дозе 100 кг/га д.в., в остальных вариантах — ниже уровня контроля.

В 6-м варианте с 4-кратным опрыскиванием ВРУ линейки Aqualis сформировалась наиболее оптимальная структура урожая: доля крупной фракции составила 24,8%, средней фракции — 70,7% и минимальное содержание мелкой фракции — 4,5%.

Под действием различных форм, доз и способов внесения удобрений увеличивалось общее количество клубней в расчете на 1 куст, в том числе и по фракциям. В контрольном варианте $[N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}]$ (ам. селитра) количество клубней всего на 1 куст составило 12,9 шт., в вариантах с 2-го по 6-й с заменой нитроаммофоски

(10-26-26 → 14-14-23) и применением различных форм азотных удобрений, а также некорневого опрыскивания ВРУ линейки Aqualis, их количество выросло до 13,0-15,5 шт./куст.

Замена нитроаммофоски (10-26-26 → 14-14-23) во 2-м варианте $[N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}]$ (ам. селитра) способствовала увеличению количества клубней на 1,5 шт./куст против контрольного варианта $[N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}]$ (ам. селитра).

В вариантах с двумя дозами УАИ — N_{80} и N_{100} (4 и 5-й варианты) количество клубней увеличилось с 14,6 (min) до 15,5 (max) шт./растение, причем в этих вариантах с подкормкой азотно-известняковым удобрением при оптимальных условиях увлажнения оставшийся резерв мелкой фракции (<30 мм) клубней 3,8-4,1 шт./растение может дать существенный рост урожайности, что наблюдалось в 2020 г.

В 6-м варианте с комплексным минеральным питанием $[N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}]$ (ам. селитра) +

опрыскивание ВРУ 4-кратно] клубней сформировалось 15,5 шт./куст, при этом наиболее существенно росло количество клубней средней фракции — до 10,6 шт./куст.

Влияние удобрений на качество клубней картофеля определяется погодными условиями вегетационного периода, биологическими особенностями сорта, механическим составом почвы, дозами внесения и формой удобрений, технологией возделывания и другими факторами [5, 8, 9, 13, 14].

В среднем за 2020-2021 гг. замена традиционной нитроаммофоски (10-26-26) на нитроаммофоску с соотношением 14-14-23, а также замена форм азотных удобрений для подкормок при наблюдаемом существенном увеличении урожайности и товарности картофеля, не приводило к снижению содержания сухого вещества и крахмала, а в 6-м варианте с 4-кратным опрыскиванием ВРУ отмечено увеличение концентрации витамина С (табл. 3).

В отличие от сухого вещества и крахмала, содержание которых было относительно низким, характерным для ранних сортов, уровень нитратов в продукции в целом по опыту был высоким — 184-210 мг/кг (ПДК = 250 мг/кг сырых клубней), при этом максимальная концентрация нитратов в клубнях (210 мг/кг) наблюдалась в контрольном варианте (технология хозяйства: $N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (ам. селитра), а в вариантах со 2-го по 6-й, в которых была проведена замена традиционной нитроаммофоски (10-26-26) на нитроаммофоску с соотношением 14-14-23, концентрация NO_3^- снижалась.

За счет существенного роста урожайности и товарности клубней картофеля в вариантах с применением различных форм, доз и способов внесения изучаемых удобрений повышался выход питательно ценных компонентов (табл. 4). Максимальные значения сбора питательных веществ, как в 2020 г., так и в 2021 г. и в среднем за 2 года, получены в 6-м варианте с комплексным минеральным питанием $[N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}]$ (аммиачная селитра) + опрыскивание ВРУ 4-кратно] — 75,7 ц/га сухого вещества, 52,5 ц/га крахмала, 8,9 кг/га витамина С, что выше контроля на 49, 55 и 62% соответственно.

Полученные результаты по сбору питательных веществ с комплексным минеральным питанием $[N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}]$ (ам. селитра) + опрыскивание ВРУ 4-кратно] в условиях 2020 и 2021 гг. позволяют рекомендовать использование данной системы минерального питания для широкого применения, как в практике возделывания продовольственного картофеля в обычных сельскохозяйственных организациях, так и картофелеперерабатывающих предприятий.

Экономическая эффективность

Экономическая эффективность рассчитывалась согласно методическим рекомендациям по определению годового экономического эффекта от использования НИР и ОКР в АПК [11]. В расчетах использовались данные по урожайности картофеля с учетом фракционного состава, полученных на опыте в 2020 и 2021 гг. Средняя цена реализации продовольственного картофеля [клубни двух фракций (>60 мм) + (30-60 мм в диаметре)] в 2020 г. составила 10 руб./кг, в 2021 г. — 25,0 руб./кг.

В основные технологические затраты входили затраты, связанные с обработкой почвы, посадкой картофеля, междурядными обработками, применением пестицидов, все операции

Таблица 1. Урожайность и товарность картофеля в зависимости от применения удобрений
Table 1. Yield and merchantability of potatoes depending on the use of fertilizers

№ п/п	Варианты опыта	Урожайность 2020 г., т/га	Урожайность 2021 г., т/га	Среднее, т/га	Прибавка урожая		Товарность, %
					т/га	%	
1	$N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (ам. селитра)	45,7	19,4	32,5	-	-	93,5
2	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра)	50,5	21,4	35,9	3,4	10,5	93,1
3	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (карбамид УТЕС)	56,3	21,4	38,9	6,4	19,7	94,7
4	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{80}$ (УАИ)	53,2	20,4	36,8	4,3	13,2	93,5
5	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)	59,5	21,6	40,5	8,0	24,6	93,3
6	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра) + опрыскивание ВРУ 4-кратно	66,3	22,7	44,5	12,0	36,9	95,5
	НСР ₀₅	1,9	0,7				1,7

Таблица 2. Структура урожая картофеля в зависимости от применения удобрений (2020-2021 гг.)
Table 2. The structure of the potato yield depending on the use of fertilizers (2020-2021)

№ п/п	Фракционный состав по массе, %			Количество клубней, шт./куст			
	>60 мм	30-60 мм	<30 мм	всего	>60 мм	30-60 мм	<30 мм
1	20,3	73,3	6,4	12,9	1,0	8,9	3,0
2	19,3	73,9	6,8	14,4	1,3	9,7	3,4
3	27,0	67,7	5,3	13,0	1,5	8,4	3,1
4	24,3	69,2	6,5	14,6	1,4	9,4	3,8
5	21,1	72,1	6,8	15,5	1,3	10,1	4,1
6	24,8	70,7	4,5	15,5	1,7	10,6	3,2
	НСР ₀₅	0,6	0,7	0,4	0,4	0,6	0,3

Таблица 3. Биохимические показатели клубней картофеля в зависимости от применения удобрений (2020-2021 гг.)
Table 3. Biochemical indicators of potato tubers depending on the use of fertilizers (2020-2021)

№ п/п	Варианты опыта	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг клубней
1	$N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (ам. селитра)	16,1	10,9	18,1	210
2	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра)	16,3	11,1	18,5	187
3	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (карбамид УТЕС)	15,0	9,9	18,2	190
4	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{80}$ (УАИ)	17,0	11,7	19,2	184
5	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)	15,7	10,5	18,1	194
6	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра) + опрыскивание ВРУ 4-кратно	16,9	11,7	19,9	185
	НСР ₀₅	1,2	0,9	1,5	19



учитывали по технологической карте (транспортировка, внесение в почву или некорневые опрыскивания). Основные технологические затраты были одинаковы для всех вариантов опыта.

В дополнительных затратах была учтена стоимость удобрений и затраты на уборку и доработку дополнительной продукции, которые включали: затраты по подготовке к уборке (скашивание ботвы), уборка технологическими средствами, перевозка с поля до хранилища, первичная переборка и загрузка в хранилище, согласно типовой технологической карты (табл. 5).

В 2021 г. отмечено повышение стоимости минеральных удобрений: аммиачная селитра — на 26,4%, карбамид УТЕС — на 14,3%, удобрение азотно-известняковое — на 23,3%, нитроаммофоска 10-26-26 — на 20%, нитроаммофоска 14-14-23 — на 22,4% относительно цен 2020 г. Однако за счет снижения урожайности в 2021 г. и прибавок от внесения удобрений в вариантах с 3-го по 6-й дополнительные затраты снизились на 17-32% относительно показателей 2020 г.

Экономические показатели производства картофеля в вариантах применения нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 в сочетании с подкормками различными формами азота: аммиачная селитра ($N_{фj}$), карбамид УТЕС ($N_{к}$), удобрение азотно-известняковое (УАИ) в двух дозах и 4-кратным некорневым опрыскиванием водорастворимыми комплексными удобрениями линейки Aqualis, были существенно выше, чем в варианте с нитроаммофоской 10-26-26 в сочетании с подкормкой аммиачной селитрой (наиболее распространенные удобрения в хозяйствах) (табл. 6).

Условный доход от дополнительной продукции в вариантах с испытываемыми агрохимикатами в 2020 г. колебался от 44,5 до 266,1 тыс. руб./га, в 2021 г. он снизился в 3,8-6,0 раз — до 7,4-70,8 тыс. руб./га. Также изменялась по годам и вариантам опыта окупаемость затрат: наиболее высокая она была в 2020 г. в 6-м варианте — 7,52, а в 2021 г. составила 2,92 в этом же варианте — с применением нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 и аммиачной селитры в сочетании с 4-кратным опрыскиванием в течение сезона водорастворимыми комплексными удобрениями линейки Aqualis.

Себестоимость продукции в 2020 г. составляла 3,41 руб./кг (в контроле), снижаясь до 2,62 руб./кг в 6-м варианте, в 2021 г. она повысилась до 9,74 руб./кг (контроль), снижаясь до 8,11 руб./кг (6-й вариант), при росте рентабельности производства со 157% (1-й вариант — технология хозяйства) до 208% в варианте с комплексным минеральным питанием [$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (аммиачная селитра) + опрыскивание ВРУ 4-кратно]. Подкормка удобрением аммиачно-нитратным в дозе N_{80} (5-й вариант) оказалась недостаточной для получения значимой дополнительной прибыли и окупаемости затрат (0,37) от сформировавшегося урожая картофеля в условиях 2021 г.

Эффективное плодородие почвы

Внесение испытываемых агрохимикатов в почву весной и проведение азотных подкормок при окуливании рядков способствовало повышению продуктивности картофеля, что объясняется повышением содержания доступных питательных веществ и улучшением агрохимических характеристик пахотного слоя почвы (табл. 7).

Таблица 4. Выход питательно ценных компонентов картофеля с 1 га (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 4. The quantity of nutritionally valuable components of potatoes per hectare (average for 2020-2021)

№ п/п	Варианты опыта	Урожай клубней больше 30 мм, т/га	Выход сухого вещества, ц/га	Выход крахмала, ц/га	Выход витамина С, кг/га
1	$N_{40}P_{104}K_{104} + N_{100}$ (ам. селитра)	30,9	50,7	33,9	5,5
2	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра)	34,0	56,7	38,4	6,3
3	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (карбамид УТЕС)	37,5	56,3	35,9	6,8
4	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{80}$ (УАИ)	34,9	62,1	42,8	6,8
5	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)	38,4	61,3	40,1	6,9
6	$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (ам. селитра) + опрыскивание ВРУ 4-кратно	42,9	75,7	52,5	8,9

Таблица 5. Стоимость различных форм удобрений и дополнительные затраты на вариантах опыта

Table 5. The cost of various forms of fertilizer and additional costs on experiments

Форма удобрения	Стоимость удобрений, руб./т или руб./кг		Варианты опыта	Дополнительные затраты, руб./га	
	2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.
Нитроаммофоска 10-26-26	28 500	34 200	1	-	-
Карбамид УТЕС ($N_{к}$)	28 000	32 000	2	19970	21340
Аммиачная селитра ($N_{фj}$)	16 000	20 220	3	27370	22580
Нитроаммофоска 14-14-23	24 500	30 000	4	21658	20080
Удобрение азотно-известняковое (УАИ)	14 760	18 200	5	28280	22280
ВРУ 3-11-38 (руб./кг)	100	104,5	6	35390	24234
ВРУ 18-18-18 (руб./кг)	100	94,5			
ВРУ 13-40-13 (руб./кг)	100	98,5			

Таблица 6. Экономические показатели производства продовольственного картофеля

Table 6. Economic indicators of the production of food potatoes

Варианты опыта	Условный доход от дополнительной продукции, руб./га		Окупаемость затрат дополнительной продукцией		Себестоимость, руб./кг		Рентабельность, %	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
$N_{40}P_{104}K_{104} + N_{фj100}$	-	-	-	-	3,41	9,74	340	157
$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{фj100}$	44530	23660	2,23	1,11	3,15	8,80	376	184
$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$	136130	29920	4,97	1,32	2,91	8,73	416	186
$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{80}$ (УАИ)	78842	7420	3,64	0,37	3,04	9,07	394	176
$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)	163720	30220	5,79	1,36	2,83	8,72	430	187
$N_{56}P_{56}K_{92} + N_{фj100}$ + опрыскивание ВРУ 4-кратно	266110	70766	7,52	2,92	2,62	8,11	473	208

Таблица 7. Агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от применения удобрений (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 7. Agrochemical indicators of soddy-podzolic sandy loamy soil depending on the use of fertilizers (average for 2020-2021)

Варианты опыта	рН _{кcl}	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
		мг/кг почвы				
1. Технология хозяйства: $N_{40}P_{104}K_{104} + N_{фj100}$	4,41	13,5	459	151	494	125
2. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{фj100}$	4,53	15,3	423	155	499	125
3. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$	4,55	16,7	432	161	519	121
4. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{80}$ (УАИ)	4,65	14,9	419	158	578	146
5. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{100}$ (УАИ)	4,76	16,0	424	159	590	146
6. $N_{56}P_{56}K_{92} + N_{фj100}$ + опрыскивание ВРУ 4-кратно	4,43	15,9	410	165	488	130
НСР ₀₅	0,14	2,3	28	18	43	19





Ко времени уборки картофеля обменная кислотность почвы ($pH_{\text{кк}}$) наиболее заметно снижалась в вариантах с применением удобрения азотно-известнякового (УАИ) в дозах N_{80} и N_{100} — до 4,65-4,76 ед. pH по сравнению с 1-м вариантом (технология хозяйства).

В этих же вариантах с УАИ в дозах N_{80} и N_{100} отмечено наиболее существенное увеличение обменного кальция — до 578-590 мг/кг или на 84-96 мг/кг, а также обменного магния — до 146 мг/кг или на 21 мг/кг относительно 1-го варианта. Содержание подвижного фосфора в вариантах (со 2-го по 6-й) с внесением нитроаммофоски с соотношением 14-14-23 (1:1:1,6) было в интервале от 410 до 432 мг/кг, что на 27-49 мг ниже, чем в варианте с применением нитроаммофоски с соотношением 10-26-26 (1:2,6:2,6) — 1-й вариант.

Работами ученых Западной и Восточной Сибири подтверждена главенствующая роль нитратного азота в питании растений, выявлены тесные взаимосвязи между его содержанием перед посевом и отзывчивостью культур на внесение азотных удобрений [2]. В проведенном нами эксперименте содержание нитратного азота ($N-NO_3$) повышалось до среднего уровня обеспеченности этим элементом (15,9-16,7 мг/кг почвы) в 3-м варианте с внесением карбамида УТЕС, в 5-м варианте с подкормкой УАИ в дозе N_{100} , в 6-м варианте с подкормкой аммиачной селитры и 4-кратным некорневым опрыскиванием водорастворимыми комплексными удобрениями линейки Aqualis.

Заключение

Комплексные исследования, проведенные в полевом опыте при возделывании картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве и климатических условиях 2020-2021 гг., позволили оценить эффективность различных форм и доз удобрений: аммиачной селитры, удобрения азотно-известнякового (УАИ), карбамида УТЕС, водорастворимых НРК-удобрений линейки Aqualis марок 13:40:13, 3:11:38 и 18:18:18 и гранулированных НРК-удобрений марок 10-26-26 и 14-14-23.

Применение современных форм азотных удобрений в качестве подкормки в период вегетации картофеля, таких как карбамид УТЕС и удобрение азотно-известняковое (УАИ), некорневые подкормки водорастворимыми НРК-удобрениями (ВРУ) линейки Aqualis, а также внесение перед посадкой гранулированной

нитроаммофоски с соотношением элементов 14-14-23 (1:1:1,6), повышали урожайность культуры (на 13-36,9%), качество продукции, структуру урожая, выход питательно ценных компонентов с единицы площади, обеспечивали получение экономической выгоды и сохраняли плодородие почвы.

Список источников

1. Агрохимия / 3-е изд., перераб. и доп.; под ред. А.В. Петербургского, П.М. Смирнова. М.: Колос, 1975. 495 с.
2. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии: производственно-практическое издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 48 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ ВНИИО, 2011. 648 с.
5. Коршунов А.В. Управление урожаем и качеством картофеля. М.: ВНИИКС, 2001. 369 с.
6. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. М.: ВНИИКС, 2019. С. 12-21.
7. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М.: НИИКС, 1989. 142 с.
8. Федотова Л.С., Тимошина Н.А. Нитраты в картофеле как показатель минерального питания и зрелости продукции // Достижения науки и техники АПК. 2004. № 8. С. 11-13.
9. Федотова Л.С., Тимошина Н.А., Князева Е.В. Модель эффективного управления продукционным процессом формирования урожая и качества картофеля: монография. М.: ВНИИКС, 2016. 47 с.
10. Руководство по методам контроля качества и безопасности БАД к пище (Метод И.К. Мурри) / Руководство Р 4.1.1672-03. М., 2004. С. 72.
11. Полунин Г.А. и др. Методические рекомендации по определению годового экономического эффекта от использования НИР и ОКР в АПК. М.: АНО «НИЦПО», 2007. 32 с.
12. Сычев В.Г. Современное состояние почв России и пути его регулирования. М.: ВНИИА, 2019. 328 с.
13. Khan, I., Zaman, M., Khan, M.J., Iqbal, M., Babar, M.N. (2014). How to improve yield and quality of potatoes: effects of two rates of urea N, urease inhibitor and Cytozyme nutritional program. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, no. 14 (2), pp. 268-276.
14. Martin, R.J. (1995). The effect of nitrogen fertilizer on the recovery of nitrogen by a potato crop. *Proceeding of Annual Conference Agronomy Society of New Zealand*, pp. 97-104.

References

1. Peterburgskii, A.V., Smirnov, P.M. (ed.) (1975). *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. Moscow, Kolos Publ., 495 p.

2. Gamzikov, G.P. (2018). *Prakticheskie rekomendatsii po pochvennoi diagnostike azotnogo pitaniya polevykh kul'tur i primeniyu azotnykh udobrenii v sibirskom zemledelii: proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie* [The practical recommendations on soil nitrogen nutrition diagnosis for field crop and nitrogen fertilizers application in Siberian agriculture: production and practical edition]. Moscow, Rosinforma-grrotekh Publ., 48 p.

3. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [The field trial methodic]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p.

4. Litvinov, S.S. (2011). *Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve* [The field trial methodic in vegetable growing technology]. Moscow, GИNU VNIIO, 648 p.

5. Korshunov, A.V. (2001). *Upravlenie urozhaem i kachestvom kartofelya* [Potato yield and quality management]. Moscow, VNIKH, 369 p.

6. VNIKH (2019). *Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov, uchetov, nablyudeni i analizov na kartofele* [The methodic of agro technical trial organization, accounting, observation and data analysis on potato]. Moscow, VNIKH, pp. 12-21.

7. NIKH (1989). *Metodika fiziologo-biokhimicheskikh issledovani kartofelya* [Potato physiology and biochemical research organization methods]. Moscow, NIKH, 142 p.

8. Fedotova, L.S., Timoshina, N.A. (2004). Nitraty v kartofele kak pokazatel' mineral'nogo pitaniya i zrelosti produkt-sii [The content on nitrates as the indicator of mineral nutrition and maturity stage]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 8, pp. 11-13.

9. Fedotova, L.S., Timoshina, N.A., Knyazeva, E.V. (2016). *Model' effektivnogo upravleniya produktsionnym protsessom formirovaniya urozhaya i kachestva kartofelya: monografiya* [The effective management model for potato productivity processes: monograph]. Moscow, VNIKH, 47 p.

10. *Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti BAD k pishche (Metod I.K. Murri)* (2004). [The guide on control method for quality and safety of dietary supplement (I.K. Murri method)]. *Rukovodstvo* [Guide] R 4.1.1672-03. Moscow, p. 72.

11. Polunin, G.A. i dr. (2007). *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu godovogo ekonomicheskogo efekta ot ispol'zovaniya NIR i OKR v APK* [The methodical recommendations on calculation yearly economic efficiency of research and development work in agriculture]. Moscow, ANO "NICPO", 32 p.

12. Sychev, V.G. (2019). *Sovremennoe sostoyanie pochv Rossii i puti ego regulirovaniya* [The modern soil condition in Russia and regulation methods]. Moscow, VNIIA, 328 p.

13. Khan, I., Zaman, M., Khan, M.J., Iqbal, M., Babar, M.N. (2014). How to improve yield and quality of potatoes: effects of two rates of urea N, urease inhibitor and Cytozyme nutritional program. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, no. 14 (2), pp. 268-276.

14. Martin, R.J. (1995). The effect of nitrogen fertilizer on the recovery of nitrogen by a potato crop. *Proceeding of Annual Conference Agronomy Society of New Zealand*, pp. 97-104.

Информация об авторах:

Федотова Людмила Сергеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории агрохимии и биохимии,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5358-4992>, Researcher ID: D-3338-2018, ldfedotova@gmail.com

Визирская Мария Михайловна, кандидат биологических наук, научный сотрудник,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4030-846X>, mvizir@gmail.com

Тимошина Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агрохимии и биохимии,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5204-7922>, Researcher ID: D-6831-2018, timnatali@rambler.ru

Князева Елена Валерьевна, научный сотрудник, руководитель группы аэропонных установок,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7336-222X>, Researcher ID: D-6885-2018, elenak-73@rambler.ru

Information about the authors:

Lyudmila S. Fedotova, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher of the laboratory of agrochemistry and biochemistry,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5358-4992>, Researcher ID: D-3338-2018, ldfedotova@gmail.com

Maria M. Vizirskaya, candidate of biological sciences, researcher,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4030-846X>, mvizir@gmail.com

Natalya A. Timoshina, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of agrochemistry and biochemistry,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5204-7922>, Researcher ID: D-6831-2018, timnatali@rambler.ru

Elena V. Knyazeva, researcher, head of the group of aeroponic installations,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7336-222X>, Researcher ID: D-6885-2018, elenak-73@rambler.ru