

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Е. Л. ИОНАС, И. В. КОВАЛЁВА, М. Н. ШАГИТОВА, Н. В. БАРБАСОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: eliaai@rambler.ru

(Поступила в редакцию 13.03.2023)

Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур на базе использования последних достижений научных исследований в области агрохимии невозможно без дальнейших разработок по оптимизации микроэлементного питания растений. Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Использование микроэлементов под картофель необходимо не только для обеспечения высокой продуктивности, но и для улучшения качества клубней.

В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучена эффективность различных систем удобрения для раннего сорта картофеля Палац на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси. Двукратная некорневая подкормка комплексным удобрением Адоб Профит на фоне N70P80K120 в среднем за 2020–2021 гг. исследований повышала урожайность клубней раннего сорта Палац на 5,0 т/га, способствовала получению максимальной урожайности картофеля – 36,8 т/га, увеличивала выход крупной фракции клубней до 22,1 %, товарность клубней картофеля до 94,7 %, содержание крахмала на 0,5 %, выход крахмала на 1,0 т/га, сухого вещества на 1,25 %, соответственно. Картофель Палац по потемнению сырой мякоти оценивался, как слаботемнеющий. В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Палац не превышало ПДК.

Ключевые слова: картофель, макро-, микроудобрения, регуляторы роста, дерново-подзолистая почва, урожай, качество.

Improving crop cultivation technologies based on the use of the latest achievements of scientific research in the field of agrochemistry is impossible without further developments to optimize the micronutrient nutrition of plants. Optimization of plant nutrition, increasing the efficiency of fertilizer application are largely associated with ensuring the optimal ratio of macro- and microelements in the soil. The use of microelements for potatoes is necessary not only to ensure high productivity, but also to improve the quality of tubers.

In studies of EE “Belarusian State Agricultural Academy”, the effectiveness of various fertilizer systems for the early potato variety Palats on soddy-podzolic light loamy soil in the north-eastern part of Belarus was studied.

Double foliar top dressing with complex fertilizer Adobe Profit against the background of N70P80K120 on average for the years of research in 2020–2021 increased the yield of tubers of the early variety Palats by 5.0 t/ha, contributed to obtaining the maximum yield of potatoes of 36.8 t/ha, increased the yield of large tubers up to 22.1 %, marketability of potato tubers up to 94.7 %, starch content by 0.5 %, starch yield by 1.0 t/ha, dry matter by 1.25 %, respectively. Potato variety Palats was assessed as slightly darkening according to the darkening of the raw pulp. In our studies, the content of nitrates in potato tubers of the Palats variety did not exceed the MPC.

Key words: potatoes, macro-, microfertilizers, growth regulators, sod-podzolic soil, yield, quality.

Введение

В современных условиях научно обоснованная система удобрения сельскохозяйственных культур, направленная на формирование высокопродуктивных посевов, должна обеспечивать полноценное макро- и микроэлементное питание растений [1]. В настоящее время продолжают совершенствоваться технологии внесения удобрений. Одним из направлений, активно развиваемых, является применение удобрений строго в соответствии со специфическими для каждой культуры, в том числе и картофеля, потребностями в питательных веществах на разных стадиях роста и развития растений [2].

Важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур является применение микроудобрений [3, 4]. Потребность в микроудобрениях также возрастает в связи с расширением применения высококонцентрированных минеральных удобрений, которые лучше очищены и почти не содержат примесей микроэлементов [5].

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в процессах жизнедеятельности растений [3, 4]. Они улучшают обмен веществ в растениях, устраняют его функциональные нарушения, содействуют нормальному течению физиологических, биохимических процессов [6–9] и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [3].

Использование микроэлементов под картофель необходимо не только для обеспечения высокой продуктивности, но и для улучшения качества клубней. Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая и микроэлементы. Поэтому в системе мероприятий, обеспечивающих высокие урожаи картофеля, культура применения удобрений имеет первостепенное значение [10–12].

Цель исследований – установить влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество клубней раннего сорта картофеля Палац на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси.

Основная часть

Экспериментальные исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной с.-х. академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком.

Схема опыта включает 5 вариантов: 1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон; 2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +МикроСтим В, Си; 3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Нутривант плюс; 4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Адоб Профит; 5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Оксигумат (картофель).

В качестве объекта исследований выступал ранний сорт картофеля белорусской селекции Палац. Посадку картофеля проводили в 2020 г. 11 мая и 14 мая в 2021 г. картофелесажалкой КСМ – 4 с густотой посадки 48–50 тыс. шт/га. Предшественником картофеля был яровой рапс. Общая площадь делянки 25,2 м², учетной – 12,6 м². Агротехника возделывания картофеля – общепринятая для условий Могилевской области. В опытах применяли карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (9 % N; 30 % P₂O₅), аммофос (10 % N; 35 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O). Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное удобрение Нутривант плюс (картофельный) с содержанием (N₀+P₄₃+K₂₈+Mg₂+B_{0,5}+Mn_{0,2}+Zn_{0,2}+ фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям у сорта Палац в дозах по 2,5 кг/га в фазу смыкания ботвы и в фазу бутонизации–конец цветения. Также использовали польское комплексное удобрение Адоб Профит со следующим содержанием: азот (10 %), фосфор (40 %) калий (8 %), бор (0,05 %), медь (0,1 %), марганец (0,1 %), цинк (0,1 %), магний (3,0 %), молибден (0,01 %), в дозе 2,0 кг/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу цветения. В опыте применяли белорусское комплексное удобрение МикроСтим В, Си включающее (N – 65 г/л, В – 40 г/л, Си – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации, а также регулятор роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, B, Mn). 6%-ный концентрат биологически активных веществ (в перерасчете на ОМ – 90 %) в дозе 1,0 л/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу бутонизации.

Уход за посадками картофеля состоял из трёхкратных междурядных обработок культиватором-окучком. В 2020 г. до появления всходов вносили почвенный гербицид Мистрал в дозе (1,0 кг/га), по всходам Фюзилад Форте (1,0 л/га), проводили две обработки против фитофтороза препаратом Акробат МЦ (2,0 кг/га) и одну обработку Трайдекс (1,5 кг/га), инсектицидная обработка проводилась препаратом Борей (0,12 л/га) двукратно. В 2021 г. до всходов картофеля использовали почвенный гербицид Мистрал в дозе (1,0 кг/га), по всходам против однолетних и многолетних двудольных и злаковых применяли гербицид Кассиус ВРП (50 г/га) и Фюзилад Форте в дозе (1,8 л/га). Фунгицидные обработки проводили Орвего (0,8 л/га) и Ридомил Голд МЦ в дозе (2,5 кг/га), инсектицидную обработку осуществляли препаратом Актара (0,07 кг/га). В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля [13]. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с определением его структуры путем взвешивания клубней по фракциям. Товарность определяли весом всех клубней свыше 30 мм, выраженным в процентах от общего урожая.

Содержание сухого вещества в клубнях определяли согласно (ГОСТ 27548–97) – высушиванием в термостате при температуре 100–105 °С; крахмала по удельному весу клубней; витамина С методом Мурри; растворимых углеводов методом Бертрана (ГОСТ 26176–91); нитратов – ионометрически (ГОСТ 134,96,19–86), сырого протеина – расчетным путем (умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25 для картофеля); цинк, медь – на атомно-адсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 30692–2000).

Оценку дегустационных показателей клубней картофеля (вкус, разваримость) и технологических (потемнение мякоти в сыром и вареном виде) выполняли согласно методическим рекомендациям РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» [14]. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Проведённые в 2020–2021 гг. исследования показали, что применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста оказывало положительное влияние на урожайность клубней картофеля (табл. 1).

Обработка посадок картофеля по вегетирующим растениям комплексным удобрением Нутривант плюс (картофельный) и регулятором роста Оксигумат (картофель) у раннего сорта Палац по действию на урожайность клубней было равнозначным (35,5 и 35,1 т/га) и повышало её по сравнению с фоновым вариантом ($N_{70}P_{80}K_{120}$) на 3,7 и 3,3 т/га. Окупаемость 1 кг НРК кг клубней в этих вариантах составила 13,7 и 12,2 кг соответственно. При использовании МикроСтима В, Си на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ урожайность

картофеля и окупаемость 1 кг NPK кг клубней составили 34,9 т/га и 11,5 кг соответственно. Максимальная продуктивность картофеля (36,8 т/га) у сорта Палац была получена при некорневой подкормке комплексным удобрением Адоб Профит на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀. В этом варианте опыта прибавка урожайности к фону составила 5,0 т/га, а окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней 18,5 кг.

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и фракционный состав клубней картофеля сорта Палац

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг	Масса клубней по фракциям, г/куст/% от общей массы		
				менее 30 мм	30–60 мм	более 60 мм
1. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	31,8	–	–	103,3/12,9	573,9/72,1	126,4/15,0
2. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +МикроСтим В, Си	34,9	3,1	11,5	66,8/7,1	700,4/75,0	170,5/17,9
3. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Нутривант плюс	35,5	3,7	13,7	35,4/3,7	729,2/77,8	175,2/18,5
4. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Адоб Профит	36,8	5,0	18,5	51,0/5,3	689,6/72,6	212,8/22,1
5. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Оксигумат (картофель)	35,1	3,3	12,2	30,7/3,4	702,3/78,2	169,1/18,4
НСР ₀₅	1,1	–	–	–	–	–

Анализ структуры урожая показывает, что применение по вегетирующим растениям комплексных удобрений с содержанием макро-, микроэлементов и регуляторов роста оказывает положительное влияние на фракционный состав клубней. У сорта Палац самый большой выход мелкой фракции клубней менее 30 мм (12,9 %) и минимальный выход клубней крупной фракции размером более 60 мм (15,0 %) в структуре урожая был отмечен на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀. Минимальная доля мелких клубней получена при применении Нутриванта плюс (3,7 %) и Оксигумата (3,4 %) на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀. Максимальная урожайность в варианте с применением Адоб Профит на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ была получена за счет увеличения выхода крупной фракции клубней более 60 мм, где он составил 22,1 %, что на 7,1 % превышало фон.

Несколько меньше доля клубней крупной фракции была отмечена в среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) в вариантах с использованием водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс и регулятора роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов – 18,5 и 18,4 % соответственно. Обработка посадок картофеля Оксигуматом (картофель) на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ способствовала повышению средней фракции клубней (30–60 мм) с 72,1 до 78,2.

Наиболее высокая товарность клубней картофеля сорта Палац в среднем за 2020–2021 гг. исследований наблюдалась при применении Нутриванта плюс (96,3 %) и регулятора роста Оксигумат (96,6 %) на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ соответственно. Несколько ниже товарность клубней была получена при использовании Адоб Профит (94,7 %). При применении МикроСтива В, Си товарность клубней снижалась до 92,9 %.

У сорта Палац максимальное количество крахмала в клубнях картофеля было получено при применении комплексного удобрения Адоб Профит на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ (16,2 %). Выход крахмала в этом варианте составил 6,0 т/га (табл. 2). Применение МикроСтива В, Си и Оксигумата на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ не повышало содержание крахмала в клубнях, но увеличивало выход крахмала на 0,5 т/га в связи с возрастанием урожайности.

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на качество клубней картофеля сорта Палац (среднее за 2020–2021 гг.)

Вариант	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Сухое вещество, %	Витамин С, мг %	Сырой протеин, % на сухое вещество	Растворимые углеводы, %	Нитраты (мг/кг)
1. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	15,7	5,0	20,73	18,12	8,38	0,84	28,6
2. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +МикроСтим В, Си	15,6	5,5	19,9	18,44	9,19	0,79	37,0
3. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Нутривант плюс	14,1	5,0	19,37	18,33	9,13	0,74	58,4
4. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Адоб Профит	16,2	6,0	21,98	17,33	8,69	0,84	44,5
5. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Оксигумат (картофель)	15,6	5,5	19,76	16,79	8,63	0,75	39,3
НСР ₀₅	0,3	–	0,7	0,4	0,7	0,03	9,2

Наибольшее содержание сухого вещества в клубнях картофеля в среднем за 2020–2021 гг. исследований у сорта Палац было получено при внесении N₇₀P₈₀K₁₂₀+Адоб Профит (21,98 %), что выше фона на 1,25 %.

При применении некорневых подкормок по вегетирующим растениям содержание витамина С в клубнях картофеля находилось на уровне фона. Использование Нутриванта плюс увеличивало содержание сырого протеина к фону на 0,75 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,1 %. Обработка растений МикроСтим В, Си увеличивала содержание сырого протеина к фону на 1,26 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,05 % соответственно. При применении Оксигумат (картофель) на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,09 %.

Важную роль в качестве продукции играет содержание нитратов, которые характеризуют пригодность использования картофеля в пищу. Предельно допустимое значение содержания нитратов в клубнях картофеля (согласно Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь) –

250 мг/кг. В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях не превышало ПДК и зависело от сорта и его скороспелости, применения удобрений и регуляторов роста.

В варианте с Нутривантом плюс у сорта Палац в среднем за два года количество нитратов было максимальным и составило 58,4 мг/кг сырой массы клубней. Было отмечено незначительное повышение нитратов в клубнях картофеля по сравнению с фоном и в других вариантах опыта. Применение комплексного удобрения Адоб Профит и МикроСтим В, Си, а также регулятора роста Оксигумат (картофель) повышало содержание нитратов на 15,9; 8,4 и 10,7 мг/кг сырой массы клубней соответственно.

Таблица 3. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на потемнение мякоти клубней картофеля сорта Палац

Вариант опыта	Ферментативное потемнение мякоти, балл (9-1)			Неферментативное потемнение мякоти, балл (9-1)		
	2020 г	2021 г	среднее	2020 г	2021 г	среднее
1. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	9	9	9	9	9	9
2. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +МикроСтим В, Си	7	7	7	9	7	8
3. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Нутривант плюс	7	5	6	9	9	9
4. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Адоб Профит	9	7	8	9	9	9
5. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Оксигумат (картофель)	9	7	8	9	9	9
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	–

К отрицательным показателям качества клубней картофеля относятся появление темной окраски мякоти сырых клубней (ферментативное потемнение), а также потемнение в процессе варки (неферментативное потемнение). Картофель Палац по потемнению сырой мякоти в среднем за 2020–2021 гг. исследований оценивался на 7–9 баллов и характеризовался, как слаботемнеющий. Только применение Нутриванта плюс на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ способствовало ферментативному потемнению клубней до 6 баллов. В вариантах опыта у сорта картофеля Палац в среднем за два года исследований не было отмечено существенного (неферментативного) потемнения мякоти клубней картофеля после варки (табл. 3).

Заключение

Двукратная некорневая подкормка комплексным удобрением Адоб Профит на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ в среднем за 2020–2021 гг. повышала урожайность клубней раннего сорта Палац на 5,0 т/га, способствовала получению максимальной урожайности картофеля – 36,8 т/га, увеличивала выход крупной фракции клубней до 22,1 %, товарность клубней картофеля до 94,7 %, содержание крахмала на 0,5 %, выход крахмала на 1,0 т/га, сухого вещества на 1,25 %. Картофель Палац по потемнению сырой мякоти в среднем за два года исследований оценивался, как слаботемнеющий. В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Палац не превышало ПДК.

ЛИТЕРАТУРА

- Лапа, В. В. Эффективность применения новых форм удобрений Адоб, Басфолиар и Солибор ДФ при возделывании сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа, М. В. Рак // Земляробства і ахова раслін. – 2001. – №1. – С. 28–29.
- Лапа, В. В. Эффективность применения удобрений Адоб, Басфолиар и Адоб Профит в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа, М.В. Рак // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 3. – С. 28 – 31.
- Лапа, В. В. Влияние комплексных удобрений Витамар на урожайность и качество сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа, Н. И. Ивахненко, М. К. Мисник, Г. А. Мисник // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – №4. – С. 56–59.
- Вильдфлуш, И. Р. Оценка эффективности современного применения КАС с регуляторами роста и микроэлементами при возделывании озимой ржи на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, М. А. Лещина // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – №6. – С. 16–20.
- Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 293 с.
- Ягодин, Б. А. Агрохимия. Учебник для студ. высш. учебн. завед. / Б. А Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М., 2002. – С. 584.
- Алексашова, В. С. Справочник агронома Нечерноземной зоны / В. С. Алексашова, В. И. Анискин, Б. П. Асакин. – М., 1990. – 575 с.
- Пейве, Я. В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. Избран. тр. / Я. В. Пейве – М.: Наука, 1980. – 430 с.
- Рудакова, Э. Ф. Микроэлементы: поступление, транспорты и физиологические функции в растениях / Э. Ф. Рудакова, К. Д. Карасик. – Киев: Наукова Думка, 1987. – 184 с.
- Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.
- Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения новых форм комплексных удобрений при возделывании среднераннего сорта картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, Е. Л. Ионас // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 21–24.
- Ионас, Е. Л. Эффективность применения новых форм комплексных удобрений и регуляторов роста при возделывании среднепозднего картофеля на дерново-подзолистой почве / Е. Л. Ионас // Вестник БГСХА. – 2016. – № 3. – С. 86–90.
- Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – Москва, 1967. – 265 с.
- Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.