

Научная статья

УДК 631.824:631.811.6:631.816.12

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10

ВЛИЯНИЕ МАГНИЙСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Наталья Ивановна Аканова^{1✉}, Людмила Сергеевна Федотова², Алевтина Валерьевна Козлова³,
Наталья Александровна Тимошина⁴, Елена Валерьевна Князева⁵¹ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия^{2, 4, 5} ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха, Московская область, Россия³ РГХО, Москва, Россия¹ n_akanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3153-6740>² ldfedotova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5358-4992>³ a.kozlova@brucite.plus, <https://orcid.org/0000-0001-8881-169X>⁴ n-timoshina-1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5204-7922>⁵ elenak-73@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7336-222X>

Резюме. В полевом опыте (2020-2021 гг.) на сорте картофеля Жуковский ранний установлено, что предпосадочное внесение в дерново-подзолистую супесчаную почву удобрения «АгроМаг гранулированный» (60-62% MgO) в дозах 100 и 200 кг/га по д.в., а также магния сернокислого (контроль по магнию) в дозе 100 кг/га по д.в. дало ощутимые прибавки урожайности картофеля, в среднем за два года – 5,0 т/га (17,9%), 9,6 т/га (34,4%) и 5,3 т/га (19%), соответственно, к N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂-фону; улучшало фракционный состав клубней и качество продукции. Действие нового магнийсодержащего удобрения «АгроМаг гранулированный» в дозе Mg₁₀₀ было на уровне магниевого стандарта MgSO₄ в той же дозе. Вклад основного внесения «АгроМаг гранулированного» в двух дозах (100 и 200 кг/га по д.в.) в формирование урожайности картофеля на уровне 44-51 т/га в нормальный по увлажнению год (2020) составлял 20-40%, а при формировании 22-26 т/га в засушливый год (2021) – 14-24%. Некорневые опрыскивания дважды за сезон (бутонизация-цветение) жидким агрохимикатом «АгроМаг АктиМакс» (3 л/га) на фоне N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂ обеспечили достоверные прибавки как в 2020 г. – 5,1 т (13,9%), так и в 2021 г. – 1,9 т (9,9%). Наиболее значимые прибавки урожайности получены в вариантах с комплексным использованием «АгроМаг гранулированного» в почву в дозах 100 и 200 кг/га по д.в. и жидкого агрохимиката «АгроМаг АктиМакс» по листу, 3 или 6 л/га х 2 раза: 10,0 т/га (35,7%) и 13,5 т/га (48,2%) относительно N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂-фона. Mg-удобрения в повышенных дозах (200 кг/га и 6 л/га) увеличивали товарность урожая на 2,2-2,6%, крахмалистость на 0,9-1,5% и вкус варёных клубней (на 1 балл), сбор питательно-ценных веществ на 40-55%, выход семенных клубней в пересчете на гектар на 27-29%, а также снижали обменную и гидролитическую кислотность почвы, повышали сумму и степень насыщенности основаниями за счет достоверного увеличения обменного магния на 66-72 мг/кг относительно значений пахотного слоя N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂-фона.

Ключевые слова: картофель, урожайность, товарность, качество, магнийсодержащие удобрения, АгроМаг, плодородие почвы

Для цитирования: Аканова Н. И., Федотова Л. С., Козлова А. В., Тимошина Н. А., Князева Е. В. Влияние магнийсодержащего удобрения на продуктивность картофеля // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 3. С. 3-10. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10

Original article

THE INFLUENCE OF MAGNESIUM CONTAINING FERTILIZERS ON POTATO PRODUCTIVITY

Natalya I. Akanova^{1✉}, Lyudmila S. Fedotova², Alevtina V. Kozlova³, Natalya A. Timoshina⁴, Elena V. Knyazeva⁵¹ All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia,^{2, 4, 5} Federal Research Center of Potatoes named after A.G. Lorch", Kraskovo, Moscow Region, Russia³ RGPU LLC, Moscow, Russia¹ n_akanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3153-6740>² ldfedotova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5358-4992>³ a.kozlova@brucite.plus, <https://orcid.org/0000-0001-8881-169X>⁴ n-timoshina-1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5204-7922>⁵ elenak-73@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7336-222X>

Abstract. In the field experiment (2020-2021) on the Zhukovsky Early potato variety, it was found that the pre-planting application of AgroMag granulated fertilizer (60-62% MgO) in doses of 100 and 200 kg/ha a.i., as well as magnesium sulfate (magnesium control) at a dose of 100 kg/ha a.i. gave a significant increase in potato yields, on average for two years – 5.0 t/ha (17.9%), 9.6 t/ha (34.4%) and 5.3 t/ha (19%), respectively, to N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂-control; improved the fractional composition of tubers and the quality of products. The effect of the new magnesium-containing fertilizer AgroMag granulated at a dose of Mg₁₀₀ was at the level of the magnesium standard

MgSO₄ in the same dose. The contribution of the main application of AgroMag granulated in two doses (100 and 200 kg/ha a.i.) to the formation of potato yields at the level of 44-51 t/ha in a normal wet year (2020) was 20-40%, and when forming 22-26 t/ha in a dry year (2021) – 14-24%. Foliar spraying twice a season (budding-flowering) with the liquid agrochemical AgroMag ActiMax (3 l/ha) against the background of N116P116K152 provided significant increases both in 2020 – 5.1 tons (13.9%) and in 2021 – 1.9 tons (9.9%). The most significant yield increases were obtained in variants with the combined use of AgroMag granulated in the soil at doses of 100 and 200 kg/ha a.i. and liquid agrochemical AgroMag AktiMax on a leaf, 3 or 6 l/ha x 2 times: 10.0 t/ha (35.7%) and 13.5 t/ha (48.2%) relative to N116P116K152-control. Mg-fertilizers in increased doses (200 kg/ha and 6 l/ha) increased the marketability of the crop by 2.2-2.6%, starch content by 0.9-1.5% and the taste of boiled tubers (by 1 point), the collection of nutritionally valuable nutrients by 40-55%, the yield of the seed fraction of tubers per hectare by 27-29%, and also reduced the metabolic and hydrolytic acidity of the soil, increased the amount and degree of saturation with bases due to a significant increase in exchangeable magnesium by 66-72 mg/kg relative to the values of the arable layer N116P116K152 control.

Keywords: potatoes, yield, marketability, quality, magnesium-containing fertilizers, AgroMag, soil fertility

For citation: Akanova, N. I., Fedotova, L. S. Kozlova, A. V. Tymoshina, N. A. & Knyazeva, E. V. (2025). The influence of magnesium containing fertilizers on potato productivity. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 3, 3-10 (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10)

Как известно, различные минеральные элементы неодинаково накапливаются органами картофеля, из основных элементов в клубнях относительно больше накапливается азота, калия, фосфора и серы, а в ботве – кальция, магния, калия и хлора [1, 3, 4]. Поскольку кальций концентрируется в вегетативных органах, то растения, которые образуют большую зеленую биомассу, уносят наибольшее количество кальция, в т.ч. картофель. Суммарный биологический вынос кальция (45-50 кг/га) и магния (20-30 кг/га) у картофеля в 2-2,2 раза превышает вынос фосфора (33-37 кг/га) [1]. Сера (S) участвует в синтезе незаменимых аминокислот цистина и метионина, витаминов В₁ (тиамина) и В₇ (биотина). Количество серы в биомассе, а также соотношение с азотом являются диагностическими признаками условий питания этим элементом. Если отношение N : S выше 17, то образование белка задерживается, т.к. аккумулируются не протеиновые соединения и растение испытывает недостаток серы [2, 10, 11]. Магний (Mg) входит в центральную часть молекулы хлорофилла, а также в состав более 300 ферментов. Недостаток этих двух элементов (Mg и S) в почвах особенно при интенсивном применении промышленных NPK-удобрений выступает как фактор, ограничивающий рост урожая и улучшения его качества [2, 5, 6]. В опыте с тремя сортами картофеля: Удача, Любава, Голубизна, внесение калия магнелии (32% K₂O, 12% MgO) в дозах от 90 до 180 кг/га д.в. повышало урожайность на 27-49%, содержание сухого вещества/крахмала на 1-1,3 % и витамина С на 2,3 мг%; в полевых опытах на дерново-подзолистой супесчаной и среднесуглинистой почвах на сорте картофеля Фаворит прибавки урожайности от действия магнийсодержащих удобрений составили 24-30% [7].

Цель исследований: обосновать агробиологическую эффективность основного внесения в почву нового агрохимиката «АгроМаг гранулированный» в двух дозах (100 и 200 кг/га д.в. Mg) и некорневого опрыскивания растений жидким «АгроМаг АктиМакс» также в двух дозах (3 и 6 л/га x 2 раза) на продуктивность, структуру урожая, качество клубней картофеля и плодородие почвы.

Задачи исследований: изучить урожайность, фракционный состав, показатели качества клубней картофеля, выход питательно-ценных компонентов продукции с 1 гектара посадок, основные агрохимические показатели плодородия почвы в зависимости от основного внесения в почву агрохимиката «АгроМаг гранулированный» в двух дозах (100 и 200 кг/га д.в. Mg) и некорневого опрыскивания растений жидким «АгроМаг АктиМакс» также в двух дозах (3 и 6 л/га x 2 раза).

Материалы и методы исследований. Изучение агробиологической эффективности магнийсодержащих удобрений, произведенных из природного минерала брусита: «АгроМаг гранулированный» (60-62% MgO) для основного внесения в почву и жидкого агрохимиката «АгроМаг АктиМакс» (не менее 21 % Mg, 4% N, 1% Ca, 0,03-0,06% Fe) для некорневой подкормки растений картофеля проводили на территории экспериментальной базы «Коренево» Московской области в 2020-2021 гг. Схема опыта включала 9 вариантов в 3-х кратной повторности, представлена в таблицах 1-4. Объектом исследований являлся сорт картофеля Жуковский ранний (I репродукция), столового назначения и для переработки на хрустящий картофель в осенний период. Сроки посадки: первая декада мая, сажалкой КСКН-4 в предварительно нарезанные гребни, схема посадки 75×30 см (44000 растений/га). Сроки уборки – середина августа, вручную, площадь учетной делянки 36 м², повторность трехкратная, расположение рендомизированное.

Почва – дерново-подзолистая супесчаная, перед закладкой опыта имела следующие характеристики: слабокислая рН_{KCl} – 4,6-4,9; высокая гидролитическая кислотность (Нг) 3,4-4,3 мг-экв/100г почвы; низкая сумма поглощенных оснований (S) – 1,5-2,7 мг-экв/100г почвы; степень насыщенности (V) – 33,7-40,7 %; высокое содержание подвижного фосфора – 348-395 мг/кг почвы; ниже среднего обменных калия (K₂O) 94-107 мг/кг и магния (MgO) 95-103 мг/кг почвы.

Агротехника возделывания картофеля соответствовала зональным рекомендациям [8]: два дождовых боронования, два послевсходовых и одно окучивание перед смыканием ботвы. Во время вегетации картофеля проводились опрыскивания ботвы инсектицидами (препарат Биская в дозе 0,2 л/га) и фунгицидами (Ридомил Голд МЦ 1,2 кг/га и Манкоцеб 1,2 кг/га).

Учёт урожая и его структуру определяли по «Методике проведения агротехнических опытов...» (2019) [9]. В клубнях определяли: крахмал по удельному весу (ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества»); содержание нитратов ионоселективным методом (ГОСТ 29270-95 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов»). Агрохимические показатели почвы по общепринятым ГОСТам: P_2O_5 и K_2O – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО»); pH_{KCl} потенциметрически (ГОСТ 58594-2019 «Почвы. Метод определения обменной кислотности»); гидролитическая кислотность (H_t) по Каппену (ГОСТ 26212-2021 «Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО»); сумма поглощенных оснований (S) по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-2020 «Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена»); степень насыщенности почвы основаниями по формуле: $V \% = S \times 100: (S + H_t)$; обменные Ca и Mg по ГОСТ 26487-85 «Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО»; гумус – по ГОСТ 26213-2021 «Почвы. Методы определения органического вещества». Статистический анализ данных проводили на ПЭВМ с использованием приложения AgCStat (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985). Расчет доз минеральных удобрений на получение урожайности 40 т/га проводили по агрохимическим показателям почвы балансовым методом (Каюмов М. К. Программирование продуктивности полевых культур: справочник. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.).

Метеоусловия. Температура воздуха за вегетационный период 2020 г. составила 17,1 °С, при норме 16,7 °С. Осадков за вегетацию выпало 395,7 мм или 149,7% от нормы. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) составила 1980 °. ГТК₂₀₂₀ составил 2,35 (влажный год). Средняя температура воздуха за вегетационный период 2021 г. составила 19,7 °С, при норме 16,7 °С. Осадков выпало 258,0 мм или 99,04% от нормы. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) составила 2354,61 °. ГТК₂₀₂₁ составил 1,096 (слабозасушливый год).

Результаты исследований. Магний на большинстве кислых почв дерново-подзолистого типа играет решающую роль в формировании стабильно высокой урожайности картофеля. Нами было установлено, что от предпосадочного внесения новых форм магнийсодержащих удобрений как во влажный 2020 год, так и в засушливый 2021 год продуктивность картофеля достоверно повышалась. Основное внесение в почву магния сернокислого (контроль по магнию) в дозе 100 кг/га по д.в. и «АгроМаг гранулированный» в дозах 100 и 200 кг/га по д.в. дало ощутимые прибавки урожайности картофеля: в 2020 г. – 7,5 т/га (20,4%), 7,2 т/га (19,6%) и 14,6 т/га (39,7%); в 2021 г. – 3,0 т/га (15,7%), 2,6 т/га (13,6%) и 4,5 т/га (23,6%), а в среднем за два года – 5,3 т/га (19%), 5,0 т/га (17,9%) и 9,6 т/га (34,4%), соответственно, к N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂-контролю (рис. 1).

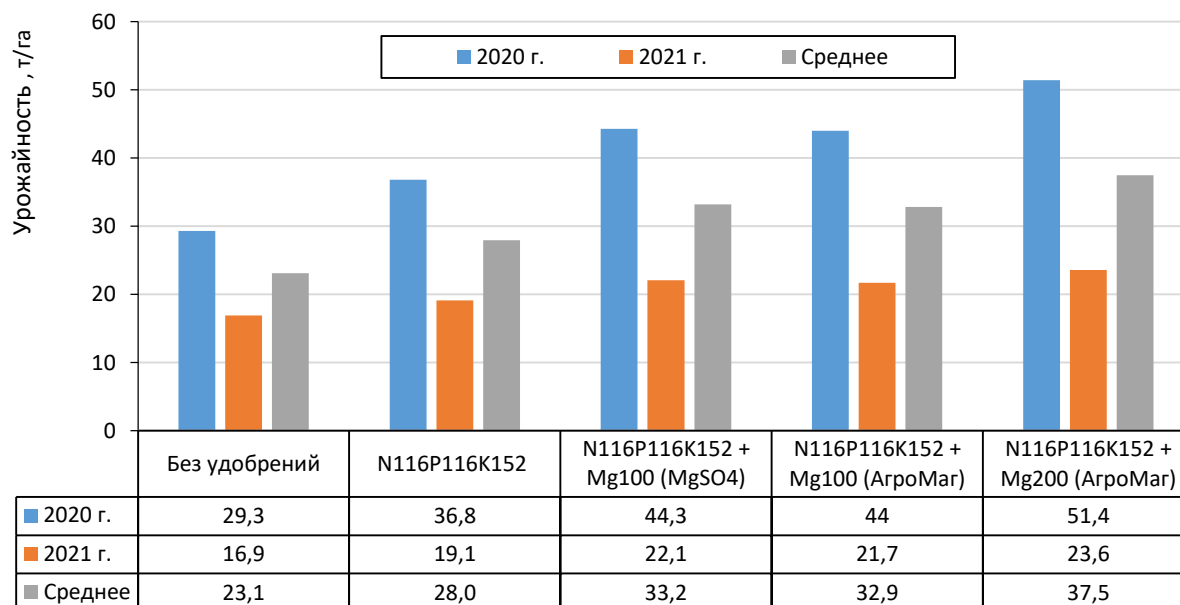


Рис. 1. Влияние на урожайность картофеля основного внесения в почву «АгроМаг гранулированный» в двух дозах 100 и 200 кг/га по д.в.

Некорневые опрыскивания дважды за сезон жидким агрохимикатом «АгроМаг АктиМакс» (3 л/га) на магнийсодержащем фоне $N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}$ в 2020 г. обеспечили прибавку 9,5 т или 21,6%, тогда как в засушливом 2021 г. влияние было незначительно; от той же дозы «АгроМаг АктиМакс» (3 л/га) на NPK-фоне ($N_{116}P_{116}K_{152}$) получены достоверные прибавки урожайности в оба года исследований: 2020 г. – 5,1 т (13,9%) и в 2021 г. – 1,9 т (9,9%) (рис. 2).

В варианте с удвоенной дозой «АгроМаг АктиМакс» (6 л/га) не наблюдалось преимуществ в увеличении продуктивности культуры относительно варианта: [$N_{116}P_{116}K_{152}$ + АктиМакс 3 л/га x 2 раза]. Однако удвоенная доза АктиМакс (6 л/га) обеспечила достоверный рост урожайности в оба года (на 5,8 и 2,1 т/га – 11,3 и 8,9%), или в среднем 4,0 т/га (10,7%) относительно магнийсодержащего фона $N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}$.

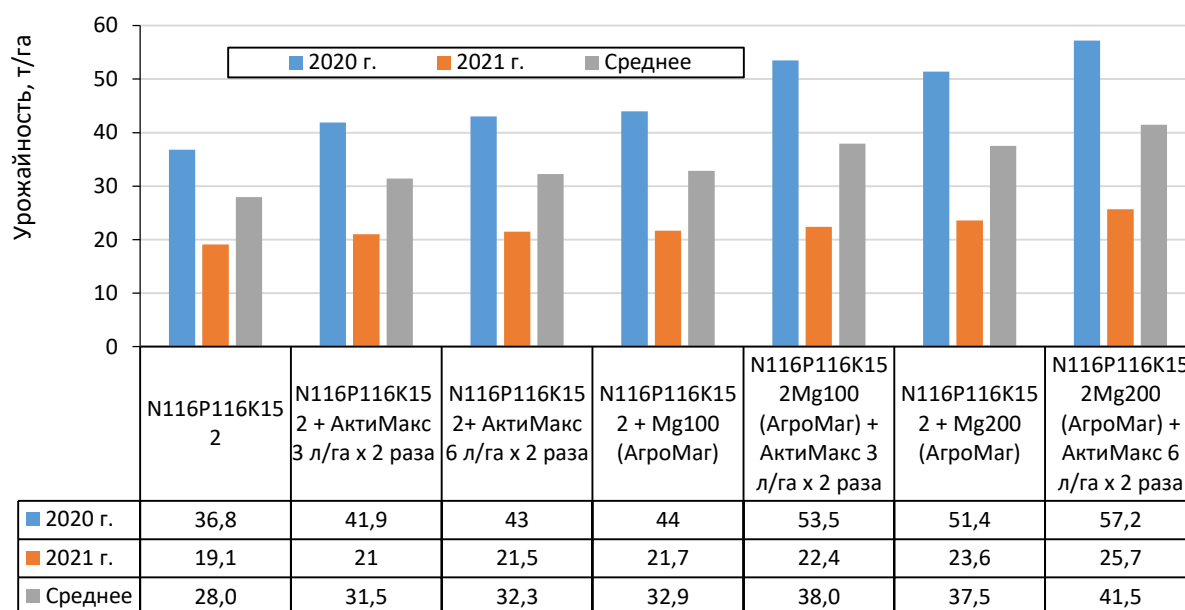


Рис. 2. Влияние на урожайность картофеля некорневых опрыскиваний по листу «АгроМаг АктиМакс» в двух дозах (3 и 6 л/га: бутонизация-цветение)

Наиболее значимые прибавки урожайности получены в вариантах с комплексным внесением агрохимикатов – «АгроМаг гранулированный» в дозах 100 и 200 кг/га по д.в. и жидкий «АгроМаг АктиМакс» по листу, 3 и 6 л/га x 2 раза – 10,0 т/га (35,7%) и 13,5 т/га (48,2%) относительно $N_{116}P_{116}K_{152}$ -фона в среднем за 2020-2021 гг. Во фракционном составе урожая доля не стандартных (мелких, <30 мм) клубней снижалась с 8,0/6,6% в контролях (без удобрений/NPK-фон) до 3,8-5,5% в 3-9 вариантах с внесением магнийсодержащих удобрений (табл.1).

В вариантах с использованием «АгроМага гранулированного» в двух дозах (100 и 200 кг/га Mg) и комплексного применения с некорневым опрыскиванием АктиМакс в двух дозах (3 и 6 л/га) – фракция мелкого картофеля снижалась до 4,4-4,7% и 3,8-4,7%, соответственно. Максимальная доля клубней крупной фракции (>60 мм) 13,9-14,4%, при 80,1-82,3% семенной и 3,8-5,5% мелкой фракции – сформировалась в 3-ем варианте с $MgSO_4$ в дозе 100 кг/га, а также в 7-9 вариантах с внесением 200 кг/га АгроМага гранулированного отдельно и в сочетании с АктиМакс в повышенной дозе.

Таблица 1

Влияние магнийсодержащих удобрений на фракционный состав урожая и количество клубней картофеля, среднее за 2020-2021 гг.

№	Варианты	Фракционный состав по массе, %			Количество клубней, шт./1 куст			
		> 60 мм	30-60 мм	<30 мм	всего	> 60 мм	30-60 мм	<30 мм
1	Без удобрений	5,1	86,9	8,0	11,0	0,3	7,7	3,0
2	$N_{116}P_{116}K_{152}$	16,4	77,0	6,6	12,2	0,6	8,5	3,1
3	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + $Mg_{100}MgSO_4$	14,4	80,1	5,5	13,5	0,6	9,8	3,1
4	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + $Mg_{100}АгроМар$	10,9	84,4	4,7	13,4	0,5	10,1	2,8
5	$N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}$ АгроМар + АктиМакс 3 л/га x 2 раза	11,9	83,4	4,7	14,0	0,6	10,5	2,9
6	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + АктиМакс 3 л/га x 2 раза	10,5	84,0	5,5	13,1	0,6	9,4	3,0
7	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + Mg_{200} АгроМар	13,9	81,7	4,4	14,4	0,7	10,8	2,9
8	$N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}$ АгроМар + АктиМакс 6 л/га x 2 раза	13,9	82,3	3,8	14,6	0,7	11,0	2,9
9	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + АктиМакс 6 л/га x 2 раза	13,9	81,3	4,8	13,0	0,6	9,7	2,7
	HCP ₀₅	0,7	0,5	0,3	1,1	0,3	0,5	0,3

Повышение дозы жидкого агрохимиката «АгроМаг АктиМакс» для foliarных подкормок с 3 → 6 л/га способствовало увеличению крупной фракции клубней (на 3,4%), при одновременном снижении средней (на 2,7%) и мелкой фракции (на 0,7%).

Так, в 8-м варианте: $N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}$ + АктиМакс 6 л/га × 2 раза, сформировалась следующая структура урожая по фракциям: крупная – 13,9%, средняя – 82,3%, мелкая – 3,8%, в то время как в 5-м варианте с низкими дозами испытуемых агрохимикатов: $N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}$ + АктиМакс 3 л/га × 2 раза, крупная фракция составляла 11,9%, средняя – 83,4%, мелкая – 4,7%. Эти данные показывают, что повышение доз «АгроМаг гранулированный» со 100 до 200 кг/га по д.в. и жидкого удобрения «АгроМаг АктиМакс» с 3 л до 6 л/га (двукратно) увеличивало скорость созревания клубней и накопления их массы, что приводило к увеличению доли клубней крупной фракции (> 60 мм) и уменьшению нестандартных клубней по сравнению с действием более низких доз магниесодержащих удобрений.

Оптимальная структура урожая на продовольственные цели сложилась в 7-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}AgroMar$), 8-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}AgroMar$ + АктиМакс 6 л/га × 2 раза) и 9-м ($N_{116}P_{116}K_{152}$ + АктиМакс 6 л/га × 2 раза) вариантах. В 4-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}AgroMar$) и 5-м вариантах ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}AgroMar$ + АктиМакс 3 л/га × 2 раза) с использованием АгроМаг гранулированный и АктиМакс в низких дозах, где доля средней фракции клубней (30-60 мм) по массе составила 83,4-84,4% (тах), однако, количественный выход клубней на один гектар был равен 444-462 тыс. шт., что только на 19-24% выше минерального фона (374 тыс. шт./га).

Максимальное количество клубней сформировалось в 7-м и 8-м вариантах с применением повышенных доз «АгроМаг гранулированный» (200 кг/га) и «Актимакс» (6 л/га): 14,4/14,6 шт./растение, при наибольшем выходе семенной фракции клубней в пересчете на гектар – 475-484 тыс. шт./га, что на 27-29% выше NPK-контроля.

Внесение расчетной дозы минеральных удобрений ($N_{116}P_{116}K_{152}$ -контроль) привело к повышению урожайности и снижению сухого вещества, крахмала и витамина С при одновременном повышении концентрации нитратов в продукции (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели качества клубней картофеля, среднее за 2020-2021 гг.

№	Варианты опыта	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг на 1 кг клубней
1	Без удобрений	18,3	12,6	18,7	113
2	$N_{116}P_{116}K_{152}$	17,3	11,5	15,7	183
3	$N_{116}P_{116}K_{152} + Mg_{100} (MgSO_4)$	17,7	11,9	15,8	127
4	$N_{116}P_{116}K_{152} + Mg_{100} (AgroMar)$	19,4	13,7	16,4	140
5	$N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}$ + АктиМакс 3 л/га × 2 раза (бутонизация-цветение)	17,5	11,8	15,7	121
6	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + АктиМакс 3 л/га × 2 раза (бутонизация-цветение)	17,4	11,8	15,8	123
7	$N_{116}P_{116}K_{152} + Mg_{200} (AgroMar)$	18,1	12,4	15,0	105
8	$N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}$ + АктиМакс 6 л/га × 2 раза (бутонизация-цветение)	18,8	13,0	16,4	145
9	$N_{116}P_{116}K_{152}$ + АктиМакс 6 л/га × 2 раза (бутонизация-цветение)	16,7	11,0	15,2	129
	НСП ₀₅	1,1	0,9	1,3	23

Дополнительное применение «АгроМага гранулированного» в двух дозах (100 и 200 кг/га по д.в.) на фоне NPK способствовало формированию не только высокой урожайности, но и повышению качества клубней. Содержание сухого вещества/крахмала в 4-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}AgroMar$), 7-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}AgroMar$) и 8-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}AgroMar$ + АктиМакс 6 л/га) вариантах находилось в интервале 18,1-19,4%/12,4-13,7%, что выше соответствующих значений минерального фона – 17,3/11,5% и контроля с $MgSO_4$.

В продукции 4-го ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}AgroMar$) и 8-го вариантов – с комплексным применением «АгроМаг гранулированный» и «Актимакс» в повышенных дозах, отмечена тенденция роста концентрации витамина С по сравнению с NPK-фоном. Уровень нитратов в продукции находился в пределах ПДК (250 мг/кг), при этом добавление магниесодержащих удобрений к расчетной дозе NPK снижало содержание нитратов в клубнях до 105-145 мг/кг (на 21-43%), против 183 мг/кг в фоновом варианте $N_{116}P_{116}K_{152}$.

В результате повышения урожайности, товарности и показателей качества картофеля в вариантах с применением магниесодержащих удобрений повышался выход питательно ценных компонентов. Максимальный сбор сухого вещества, крахмала и витамина С получен в 5-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{100}AgroMar$ + АктиМакс 3 л/га × 2 раза), 7-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}AgroMar$) и 8-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}AgroMar$ + АктиМакс 6 л/га × 2 раза) вариантах: 63-73 ц/га сухого вещества и 43-51 ц/га крахмала и 5,4-6,4 кг/га витамина С, что выше минерального контроля на 40-62%, 43-70% и 39-56%, соответственно. Полученные результаты по сбору питательных веществ с 5-го, 7 и 8-го вариантов позволяют рекомендовать основное внесение «АгроМага» гранулированного в дозах 100-200 кг/га по д.в. перед посадкой в сочетании с двукратными некорневыми опрыскиваниями «АгроМаг Актимакс» в дозе 3 или 6 л/га для использования в картофелеводческих хозяйствах.

О влиянии удобрений на кулинарные качества картофеля имеются противоречивые данные. Обычно самый вкусный картофель получают на неудобренных почвах, как в нашем опыте: хороший-отличный вкус варёного картофеля (6,7-7,0 балла) отмечен в продукции 1-го (без удобрений), а также 4-го, 5-го, 7-го и 8-го вариантов (табл. 3).

Таблица 3

Кулинарная оценка клубней картофеля, выращенных на различных вариантах опыта, среднее за 2020-2021 гг.

№	Варианты опыта	Кулинарные свойства в баллах				Сумма
		Вкус	Развари- ваемость	Потемнение мякоти через 24 часа		
				сырой	вареной	
1	Без удобрений	6,7	5	5	9	25,7
2	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂	6,1	5	6	9	26,1
3	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Mg ₁₀₀ (MgSO ₄)	6,2	4	7,5	9	26,7
4	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Mg ₁₀₀ ArpoMar	6,7	4	6	9	25,7
5	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ Mg ₁₀₀ ArpoMar + Актимакс 3 л/га × 2 раза	6,9	4,3	7	9	27,2
6	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Актимакс 3 л/га × 2 раза	6,0	5	6	9	26,0
7	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Mg ₂₀₀ ArpoMar	7,0	5,3	7	9	28,3
8	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ Mg ₂₀₀ ArpoMar + Актимакс 6 л/га × 2 раза	7,0	5,5	8	9	29,5
9	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Актимакс 6 л/га × 2 раза	5,8	4	6	9	24,8
НСР ₀₅		1,0	-	0,5	-	1,5

Внесение минеральных удобрений, в т.ч. магнийсодержащих, в почву весной перед посадкой картофеля повлияло на рост и развитие растений, способствовало повышению продуктивности культуры, что объясняется повышением содержания доступных питательных веществ и улучшением физико-химических характеристик пахотного слоя почвы (табл. 4).

Таблица 4

Изменение агрохимических показателей плодородия почвы
в зависимости от применения различных форм и доз удобрений, 2020-2021 гг.

№	Варианты опыта	рН _{КС}	Нг	S	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
			мг-экв /100 г почвы			мг/кг почвы (по Кирсанову)		мг/кг почвы	
1	Без удобрений	4,6	3,21	2,5	43,7	374	155	573	87
2	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂	4,6	3,70	2,9	43,5	399	174	593	103
3	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Mg ₁₀₀ (MgSO ₄)	5,2	3,07	4,4	57,7	407	199	631	134
4	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Mg ₁₀₀ ArpoMar	4,8	3,43	3,1	47,9	399	173	619	120
5	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ Mg ₁₀₀ ArpoMar + Актимакс 3 л/га × 2 раза	4,8	3,39	3,1	47,7	417	186	622	125
6	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Актимакс 3 л/га × 2 раза	4,6	3,53	2,9	44,7	407	191	600	105
7	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Mg ₂₀₀ ArpoMar	5,0	2,98	4,2	57,7	419	199	631	175
8	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ Mg ₂₀₀ ArpoMar + Актимакс 6 л/га × 2 раза	5,0	3,22	4,3	56,2	413	193	633	169
9	N ₁₁₆ P ₁₁₆ K ₁₅₂ + Актимакс 6 л/га × 2 раза	4,6	3,50	2,9	45,3	410	189	600	103
	НСР ₀₅	0,2	0,25	0,2	3,7	29	28	32	20

В вариантах с основным внесением «АгроМага» гранулированного в дозе 100 кг/га (4-й и 5-й варианты) отмечена следующая динамика агрохимических показателей: обменная кислотность стабилизировалась до 4,8 ед. рН, гидролитическая кислотность снизилась до 3,39-3,43 мг-экв/100 г, сумма обменных оснований повысилась до 3,1 мг-экв/100 г, а степень насыщенности основаниями – до 47,7-47,9%, по сравнению со значениями варианта без удобрений и N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂-фона.

Увеличение дозы АгроМага гранулированного до 200 кг/га (7-й и 8-й варианты) привело к более глубоким изменениям плодородия пашни: обменная кислотность снизилась до 5,0 ед. рН, гидролитическая кислотность – до 2,98-3,22 мг-экв/100 г (или на 13-20%), сумма обменных оснований повысилась до 4,2-4,3 мг-экв/100 г (или на 45-48%), а степень насыщенности основаниями – до 56,2-57,7% (в 1,3 раза) по сравнению с аналогичными показателями минерального фона (N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂).

Некорневые опрыскивания растений картофеля агрохимикатом «АгроМаг Актимакс» в дозе 3 и 6 л/га двукратно (6-й и 9-й варианты) не оказали влияния на тестируемые показатели плодородия почвы.

Внесение минеральных удобрений повышало содержание подвижного фосфора и обменного калия до уровня 399-419 мг/кг и 173-199 мг/кг, соответственно, что на 22-42 и 18-44 мг/кг выше неудобренного контроля.

Применение расчетной дозы N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂ привело к тенденции повышения обменных кальция и магния, что очевидно связано с увеличением подвижности обменных катионов ППК почвы под действием удобрений. В 5-м варианте (N₁₁₆P₁₁₆K₁₅₂Mg₁₀₀ArpoMar + Актимакс 3 л/га × 2 раза) содержание обменного магния повысилось на

22 мг/кг, в 7-м и 8-м вариантах с повышенными дозами испытуемых агрохимикатов отмечено существенное увеличение содержания обменного кальция – на 38-40 мг/кг; магния – на 66-72 мг/кг по сравнению с NPK-фоном.

В различные по метеоусловиям годы стабильно высокая урожайность картофеля (37,5 и 41,5 т/га) получена в 7-м ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}$ -АгроМаг) и 8-м вариантах ($N_{116}P_{116}K_{152}Mg_{200}$ (АгроМаг) + Актимакс 6 л/га х 2 раза) опыта, в которых параметры плодородия почвы приблизились к оптимальным значениям: pH_{KCl} 5,0, гидролитическая кислотность – 2,98-3,22 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований – 4,2-4,3 мг-экв/100 г, степень насыщенности – 56-58%, обменный кальций 631-633 мг/кг, обменный магний 169-175 мг/кг почвы.

Заключение. На кислых почвах дерново-подзолистого типа, площадь которых постоянно увеличивается, из-за отсутствия планомерного известкования пахотных земель, высока эффективность от основного весеннего внесения растворимых кальциевых: кальциевая селитра (19% Ca, 13-16% N), азотно-известняковое (27% N%, 6% Ca, 4% Mg), и магниевых удобрений: магний сернокислый (10%Mg, 13-14% S); калий магнезия (29-32 %K, 16-18 %Mg); калимаг (46%K, 16%Mg), «АгроМаг гранулированный» (60-62% MgO).

В полевом опыте (2020-2021 гг.) при возделывании картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве (pH_{KCl} 4,6-4,9) установлено, что действие инновационного магнийсодержащего удобрения «АгроМаг гранулированный» в дозе Mg_{100} было на уровне магниевого стандарта $MgSO_4$ в той же дозе. Вклад основного внесения «АгроМаг гранулированного» в двух дозах (100 и 200 кг/га по д.в.) в формирование урожайности картофеля 44-51 т/га в нормальный по увлажнению год (2020) составлял 20-40%, а при формировании 22-26 т/га в засушливый год (2021) – 14-24%.

Некорневые опрыскивания дважды за сезон жидким агрохимикатом «АгроМаг АктиМакс» (3 л/га) на фоне $N_{116}P_{116}K_{152}$ обеспечили достоверные прибавки как в 2020 г. – 5,1 т (13,9%), так и в 2021 г. – 1,9 т (9,9%). Наиболее значимые прибавки урожайности получены в вариантах с комплексным использованием агрохимикатов: «АгроМаг гранулированный» в почву в дозах 100 и 200 кг/га по д.в. и жидкий «АгроМаг АктиМакс» по листу, 3 или 6 л/га х 2 раза – в среднем за два года: 10,0 и 13,5 т/га (35,7 и 48,2%) относительно NPK-фона. Mg-удобрения в повышенных дозах (200 кг/га и 6 л/га) увеличивали товарность урожая на 2,2-2,6%, крахмалистость на 0,9-1,5% и вкус варёных клубней (на 1 балл). Сбор питательно-ценных фитонутриентов увеличился на 40-55%, выход семенной фракции клубней в пересчете на гектар – на 27-29%. Также в результате опытов выявлено снижение обменной и гидролитической кислотности почвы, повышение суммы и степени насыщенности основаниями за счет достоверного увеличения обменного магния на 66-72 мг/кг в пахотном слое почвы относительно минерального фона ($N_{116}P_{116}K_{152}$).

Список источников

1. Федотова Л. С. Поступление элементов питания, их распределение по органам растений картофеля, вынос питательных элементов и качество продукции // Вопросы картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики : сборник научных трудов. 2006. С. 157-166.
2. The Potato Crop. Volume I. The Scientific Basis for Improvement. Second Edition / Edited by Paul Harris / Springer-Science + Business Media, B.V. 2012. P. 162-213.
3. Федотова Л. С., Тимошина Н. А., Князева Е. В. Управление процессом формирования урожая и качества картофеля на основе обеспечения растений макро- и микроэлементами // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля : сборник научных трудов. Челябинск. 2016. Т. 18. С. 283-296. EDN: [WQUPRT](#)
4. Ионас Е. Л., Ковалёва И. В., Цыганова А. А. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста на урожайность и химический состав клубней картофеля // Теория и практика современной аграрной науки : сборник научных трудов. Новосибирск, 2023. С. 81-84.
5. Пироговская Г. В., Хмелевский С. С., Сороко В. И., Исаева О. И., Некрасова И. Н., Голоскок Е. Н., Миронова Е. Н. Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество гречихи и картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. 2019. № 2(63). С. 102-114. EDN: [JVVAYN](#)
6. Миккельсен Р., Нортон Р. Сера в почвах и серосодержащие удобрения // Питание растений. 2014. №3. С. 6-9.
7. Федотова Л. С., Тимошина Н. А., Князева Е. В. Роль калийных и магниевых удобрений в формировании продуктивности картофеля // Научные труды по агрономии. 2022. № 1. С. 30-41. DOI: [10.35244/2658-7963-2022-7-1-30-41](#) EDN: [QXARJU](#)
8. Симakov Е. А., Анисимов Б. В., Коршунов А. В., Старовойтов В. И., Пшеченков К. П., Федотова Л. С. (2005). Возделывание картофеля в сельскохозяйственных предприятиях и хозяйствах населения : практическое руководство. М. : ВНИИКХ, Россельхозакадемия, 2005. С. 22-33.
9. Жевора С. В., Федотова Л. С., Старовойтов В. И., Зейрук В. Н., Коршунов А. В., Пшеченков К. А., Князева Е. В. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. М. : ФГБНУ ВНИИКХ. 2019. 120 с.
10. Полякова М. Источники серы для картофеля // Картофельная система [Электронный ресурс]. URL: <https://potatosystem.ru/istochniki-sery-dlya-kartofelya> (дата обращения 19.06.25).
11. Можейко О. Стратегия минерального питания картофеля: как избежать ошибок [Электронный ресурс] ГлавАгроном [сайт]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/strategiya-mineralnogo-pitaniya-kartofelya-kak-izbezhat-oshibok> (дата обращения 19.06.25).

References

1. Fedotova, L. S. (2006). Intake of nutrients, their distribution in the organs of potato plants, removal of nutrients and product quality. *Potato growing issues*. (In Russian).
2. The Potato Crop. Volume I. (2012). The Scientific Basis for Improvement. Second Edition / Edited by Paul Harris / Springer-Science + Business Media, B.V. 162-213.
3. Fedotova, L. S., Timoshina, N. A., & Knyazeva, E. V. (2016). Management of the process of potato yield and quality formation based on providing plants with macro- and microelements. In Selection, Seed Production, and Technology of Fruit and Berry Crops and Potatoes. 283-296 (In Russian). EDN: [WQUPRT](#)
4. Ionas, E. L., Kovalyova, I. V. & Cyganova, A. A. (2023). The effect of macro- and micro-fertilizers, growth regulators on the yield and chemical composition of potato tubers. *Theory and practice of modern agricultural science* : collection of scientific papers. Novosibirsk, P. 81-84 (In Russian).
5. Pirogovskaya, G. V., Khmelevsky, S. S., Soroko, V. I., Isaeva, O. I., Nekrasova, I. N., Goloskok, E. N., & Mironova, E. N. (2019). Influence of sulfur-containing fertilizers on the yield and quality of buckwheat and potatoes on sod-podzolic light loamy soil. *Soil Science and Agrochemistry*, (2), 102-114 (In Russian). EDN: [JVVAYN](#)
6. Mikkelsen, R., Norton, R., & Jenson, T. (2014). Sulfur in soils and sulfur-containing fertilizers. *Plant Nutrition*, (3), 6-9 (In Russian).
7. Fedotova L. S., Timoshina N. A., Knyazeva E. V. (2022). The role of potassium and magnesium fertilizers in the formation of potato productivity. *Scientific papers on agronomy*. 1. 30-41 (In Russian). DOI: [10.35244/2658-7963-2022-7-1-30-41](#) EDN: [QXARJU](#)
8. Simakov, E. A., Anisimov, B. V., Korshunov, A. V., Starovoytov, V. I., Pshechenkov, K. P., & Fedotova, L. S. (2005). Cultivation of Potatoes in Agricultural Enterprises and Households. Practical Guide. *Practical Guide. Moscow: All-Russian Research Institute of Potato Farming, Russian Agricultural Academy*, 22-33 (In Russian).
9. Zhevara, S. V., Fedotova, L. S., Starovoytov, V. I., Zeyruk, V. N., Korshunov, A. V., Pshechenkov, K. A., & Knyazeva, E. V. (2019). Methodology for conducting agrotechnical experiments, records, observations, and analyses on potatoes (In Russian)
10. Polyakova, M. Sources of sulfur for potatoes. *Potato system*. Retrieved from file: <https://potatosystem.ru/istochniki-sery-dlya-kartofelya> (In Russian).
11. Mozheyko, O. Potato mineral nutrition strategy: how to avoid mistakes. *GlavAgronom*. Retrieved from file: <https://glavagronom.ru/articles/strategiya-mineralnogo-pitaniya-kartofelya-kak-izbezhat-oshibok> (In Russian).

Информация об авторах:

Н. И. Аканова – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник;
Л. С. Федотова – доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник;
А. В. Козлова – кандидат с.-наук, ведущий технический специалист;
Н. А. Тимошина – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник;
Е. В. Князева – старший научный сотрудник.

Information about the authors:

N. I. Akanova – Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher;
L. S. Fedotova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher;
A.V. Kozlova - Candidate of Agricultural Sciences, Leading technical specialist;
N. A. Timoshina – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher;
E. V. Knyazeva – Senior research associate.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 5.06.2025; одобрена после рецензирования 24.06.2025; принята к публикации 9.07.2025.
The article was submitted 5.06.2025; approved after reviewing 24.06.2025; accepted for publication 9.07.2025.