

## Фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от способов применения стимулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания

Л. П. Икоева<sup>1</sup>, О. Э. Хаева<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра

«Владикавказский научный центр Российской академии наук», Михайловское, Россия

<sup>2</sup>Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова, Владикавказ, Россия

✉E-mail: oksana\_haeva@mail.ru

**Аннотация.** Цель работы заключалась в изучении влияния стимулятора роста «Эпин-Экстра» на фотосинтетическую деятельность посевов картофеля сорта Невский по результатам полевых опытов. **Методы.** Исследования в течение 2019–2021 гг. по поставленным задачам проводились в условиях предгорной зоны РСО-Алания на опытном участке СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН по общепринятым методикам. Почва опытного участка представлена среднemosным тяжелосуглинистым выщелоченным черноземом, подстилаемым галечником. **Результаты.** Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии использования стимулятора роста «Эпин-Экстра» при возделывании картофеля сорта Невский в предгорной зоне РСО-Алания. Препарат «Эпин-Экстра» способствует увеличению биометрических показателей картофеля: высоты растений на 1,4–3,3 см, количества основных стеблей на 0,3–0,7 шт/куст по сравнению с контролем. Установлено, что стимулятор роста «Эпин-Экстра» усиливает процесс формирования площади листьев и сохраняет их во время вегетации. На всех опытных вариантах площадь листьев выше контрольного варианта на 8,01; 4,54; 10,7 % соответственно. Наибольшая листовая поверхность отмечена при комплексном использовании стимулятора роста по сравнению с другими опытными вариантами, увеличение составило 8,2 и 6,0 %. Фотосинтетический потенциал на опытных вариантах в среднем варьировал от 1,32 до 1,45 млн м<sup>2</sup>/га дней, что на 0,11; 0,19; 0,24 млн м<sup>2</sup>/га дней больше контрольного варианта. Биопрепарат «Эпин-Экстра» на растения картофеля сорта Невский оказывает полифункциональное действие. **Научная новизна.** Впервые в предгорной зоне РСО-Алания было изучено действие стимулятора роста «Эпин-Экстра» на посадках картофеля сорта Невский. **Практическая значимость.** Проведенные исследования позволяют рекомендовать в предгорной зоне применение эффективного стимулятора роста «Эпин-Экстра» при предпосадочной обработке картофеля в дозе 10 мл/т и при опрыскивании листьев растений в дозе 60 мл/га в фазе бутонизации в качестве экологически безопасного и малозатратного агроприема, обеспечивающего повышение урожайности, качество клубней картофеля и устойчивость к фитофторозу.

**Ключевые слова:** Эпин-Экстра, стимулятор роста, картофель, сорт Невский, биометрические показатели картофеля, фотосинтетическая деятельность, чистая продуктивность фотосинтеза.

**Для цитирования:** Икоева Л. П., Хаева О. Э. Фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от способов применения стимулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-26-35.

**Дата поступления статьи:** 14.03.2022, **дата рецензирования:** 31.03.2022, **дата принятия:** 11.04.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства является повышение урожайности и качества полученной продукции картофеля с целью насыщения рынка [2, с. 21; 3, с. 45; 8, с. 640; 11, с. 12; 13, с. 28].

Стимуляторы роста растений используются для получения максимальной урожайности культуры и качественных показателей продукции, особенно в экологических условиях, неблагоприятных для роста и развития растений. Роль стимуляторов роста заключается в контроле и ускорении жизненных

процессов растений, повышении стрессоустойчивости и стимуляции их развития (корней и листьев) [1, с. 14; 2, с. 21; 17, с. 277; 19; 20]. Биостимуляторы способствуют лучшей всхожести семян и индуцируют биологическую активность растений. Большинство из этих эффектов можно объяснить их ауксин-подобным эффектом, а также улучшением усвоения азота и метаболизма, регуляцией соотношения K/Na и накоплением пролина, который служит осмолпротектором против солевого стресса [17, с. 277; 19; 20]. Необходимо отметить, что стимуляторы роста безопасны для окружающей среды, что важно с экологической точки зрения [17, с. 277; 19; 20].

Изучение эффективности стимуляторов роста на растения картофеля проводилось рядом исследователей в различных почвенно-климатических условиях на разных сортах [1, с.14; 2, с.21; 3, с. 45; 5, с. 103; 7, с. 362; 8, с. 640; 10, с. 55; 13, с. 28; 15, с. 30; 16, с. 117; 17, с. 77].

Применение стимуляторов роста растений можно рассматривать как эффективный агроприем для сельскохозяйственных культур, который позволяет снизить отрицательное влияние внешней среды, повысить всхожесть и устойчивость хлорофилла в листьях, ускорить темпы нарастания вегетативной массы, улучшить устойчивость к стрессовым факторам, смягчить экологические проблемы, связанные с чрезмерным внесением минеральных удобрений [1, с. 14; 2, с. 21; 3, с. 45; 5, с. 103; 7, с. 362; 8, с. 640; 10, с. 55; 13, с. 28; 14, с. 77; 15, с. 30; 16, с. 117; 17, с. 77].

Более того, стимуляторы роста растений могут также оказывать положительное влияние на биологию почвы и могут быть признаны хорошей стратегией восстановления полусухих районов и деградировавших экосистем [7, с. 362; 10, с. 55; 14, с. 18; 15, с. 30; 16, с. 117].

Поэтому подобные исследовательские работы (особенно прикладного характера) всегда актуальны, перспективны и отвечают современным запросам как практиков в сфере товарного производства продукции растениеводства, так и производителей химической продукции.

Цель исследования – изучить влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на фотосинтетическую деятельность посевов картофеля сорта Невский для получения урожая с высокими качественными показателями в условиях возделывания в предгорной зоне РСО-Алания.

#### **Задачи исследования:**

- 1) изучить влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на рост и развитие растений картофеля сорта Невский;
- 2) определить действие стимулятора роста «Эпин-Экстра» на накопление сухого вещества, фотосинтетическую деятельность растений картофеля сорта Невский.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Исследования в течение 2019–2021 гг. проводились в условиях предгорной зоны РСО-Алания на опытном участке СКНИИГПСХ ВЦ РАН на травопольном севообороте.

Почва опытного участка представляет собой среднемошный тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем, подстилаемый галечником, с содержанием гумуса в пахотном слое 6,3 %. Верхний слой имеет слабокислую реакцию (рН водной вытяжки – 5,48 %). Выщелоченные черноземы отличаются большим содержанием валовых форм азота – 0,24–0,45 %, фосфора – 0,20–0,30 %, калия – 1,6–2,3%, легкогидролизуемого азота по Тюрину – Кононовой – 4–10 мг / 100 г почвы, подвижного фосфора по Чирикову – 5–14 мг/100 г почвы, обменного калия по Чирикову – 15–16 мг/100 г почвы.

Метеорологические условия в 2019–2020 гг. для роста и развития растений картофеля были неблагоприятными. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период составил 0,9–1,0. Температура воздуха в отдельные дни июня, июля и августа достигала + 45 °С, а температура почвы на глубине 0,05–0,15 м – до +30,1...32,4 °С. Погодные условия 2021 г. по температуре и влажности были достаточно благоприятными для возделывания картофеля. ГТК составило 1,21.

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

- вариант I – контроль (без применения стимулятора роста «Эпин-Экстра»);
- вариант II – предпосадочная обработка клубней стимулятором роста «Эпин-Экстра» (20 мл/т);
- вариант III – обработка посевов опрыскиванием в фазу бутонизации стимулятором роста «Эпин-Экстра» (120 мл/га);
- вариант IV – предпосадочная обработка клубней стимулятором роста «Эпин-Экстра» (10 мл/т) и обработка посевов опрыскиванием в фазу бутонизации стимулятором роста «Эпин-Экстра» (60 мл/га).

Деляночные опыты заложены методом рендомизированных повторений. Учетная площадь делянки – 13,9 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная.

Предшественник картофеля в научном севообороте – озимая пшеница.

Предмет исследований – картофель, сорт Невский, созданный в НИИ сельского хозяйства Северо-Западных областей в 1976 г. на основе селекции двух сортов: Кандидат и Веселовский. Данный сорт характеризуется уникальной способностью к выживанию в разных климатических условиях: легко переносит высокие температуры и дождливые периоды. Сорт Невский с отличными вкусовыми качествами. Форма клубней продолговато-овальная с нежной тонкой гладкой кожицей. Мякоть кремового цвета. Глазки заметные, розового цвета, показатель лежкости – 95 %. Урожайность высокая (27–38 т/га).

Содержание сухого вещества – 20–24 %, крахмала – 10–13 %. Имеет хороший иммунитет к таким заболеваниям: рак картофеля, фитофтороз, фузариоз, черная ножка, парша обыкновенная.

Объект исследования – стимулятор роста «Эпин-Экстра» с адаптогенными свойствами. Действующее вещество препарата – эпибрассинолид (концентрация – 0,025 г/л), который представляет собой искусственно синтезированный аналог фитогормона, обеспечивающего высокий уровень иммунитета растений. Он изменяет мембранный потенциал, экспрессию генов, баланс цитокининов, активируют рост клеток, листовой поверхности, стебля, фотосинтез, функционирование фотосинтетического аппарата растений, синтез белков, повышает устойчивость растений [5, с. 103]. Предназначен как для предпосадочной обработки клубней картофеля, так и для листовой подкормки в период бутонизации. Применение регулятора роста повышает урожайность на 15–20 % и улучшает качество клубней картофеля и их товарность. Повышает устойчивость к фитофторозу.

В опытах применялась агротехника, рекомендованная для предгорной зоны РСО-Алания возделывания картофеля [8, с. 640; 9, с. 9]. Посадка клубней картофеля осуществлялась во второй декаде апреля: ширина междурядий – 70 см, густота посадки – 57 тыс./га, глубина заделки клубней – 6–8 см, длина между кустами – 25 см. Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки, окучивание, при необходимости – обработку против колорадского жука и фитофторозы. Обработка клубней картофеля и растений стимулятором роста проводилась ранцевым опрыскивателем согласно

схеме опыта. Уборка урожая картофеля осуществляли методом сплошного выкапывания клубней на делянках во второй декаде сентября.

Фенологические наблюдения, определение площади листьев весовым методом с помощью высечек, продуктивности фотосинтеза, развитие фитофтороза на ботве, содержание сухого вещества проводили в течение вегетационного периода [6, с. 5; 10, с. 55; 12, с. 7].

Основные показатели, характеризующие фотосинтез растений в посевах, это размер ассимиляционного аппарата и время его активного функционирования. Для определения площади ассимилирующей поверхности листьев применяли метод высечек, который позволяет получать более точные результаты определения площади листьев [6, с. 5].

Полезность учетов площади листьев может быть большей, если их можно сочетать с ходом нарастания сухой массы биологических и хозяйственных урожаев. Формула, предложенная Киддом, Вестом и Бригтсом, применяется для расчета чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) [10, с. 55].

Фотосинтетический потенциал (ФП) тесно связан как с площадью листовой поверхности, так и с продолжительностью тех или иных фенологических фаз и определяется по формуле (1):

$$\text{ФП} = \frac{L_1 + L_2}{2} T, \quad (1)$$

где  $(L_1 + L_2)/2$  – средняя площадь листьев за учетный период, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>-дн [10, с. 55].

Экспериментальные данные обрабатывались статистически по общепринятым методикам с использованием компьютерных программ Snedekor, Microsoft Excel [6, с. 5].

Таблица 1  
Влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на сроки развития картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Количество дней от посадки до				
	появления всходов	полной бутонизации	полного цветения	удаления ботвы	уборки
I	23 ± 3	44 ± 2	48 ± 3	76 ± 1	98 ± 3
II	25 ± 4	40 ± 2	45 ± 2	76 ± 2	98 ± 5
III	24 ± 3	42 ± 3	46 ± 3	76 ± 4	98 ± 3
IV	26 ± 3	39 ± 4	44 ± 4	76 ± 1	98 ± 2

Table 1  
Influence of the growth stimulator “Epin-Extra” on the deadlines for the development of the Nevskiy variety of potato (on average for three years)

Varint	Quantity of days from landing up to				
	occurrences of shoots	full bootonization	full flowering	removaling of the boot	cleaning
I	23 ± 3	44 ± 2	48 ± 3	76 ± 1	98 ± 3
II	25 ± 4	40 ± 2	45 ± 2	76 ± 2	98 ± 5
III	24 ± 3	42 ± 3	46 ± 3	76 ± 4	98 ± 3
IV	26 ± 3	39 ± 4	44 ± 4	76 ± 1	98 ± 2

Таблица 2

## Масса ботвы картофеля сорта Невский, г/куст (в среднем за три года)

Вариант	Масса ботвы	± к контролю	%
I	460	–	–
II	500	+40	8,70
III	469	+9	1,96
IV	551	+91	19,78

Table 2

## Mass of potato tops of the Nevskiy variety, g/bush (average for three years)

Variant	Mass of bots	± to control	%
I	460	–	–
II	500	+40	8.70
III	469	+9	1.96
IV	551	+91	19.78

**Результаты (Results)**

При проведении фенологических учетов было установлено, что при одинаковых агроклиматических условиях стимулятор роста «Эпин-Экстра» способствовал разному развитию растений и наступлению фаз вегетации (таблица 1). Всходы растений появлялись на всех вариантах опыта почти одновременно. Последующие фазы наступали по-разному и отличались на вариантах.

Анализ таблицы 1 показывает, что при одинаковых почвенных и погодных условиях стимулятор роста «Эпин-Экстра» не способствует раннему появлению всходов. Так, в варианте с предпосадочной обработкой семенного материала клубней всходы появлялись на 2 дня позже; в варианте III при опрыскивании листьев в фазу бутонизации – на 1 день; а варианте IV при комплексном применении – на 3 дня по сравнению с контрольным вариантом. Однако наступление других вегетационных фаз развития растения по всем вариантам исследования происходило с опережением на 5–6 дней по сравнению с контролем.

Возможно, это связано с тем, что при предпосадочной обработке клубней раствором стимулятора роста происходит снятие апикального доминирования, сопровождающееся изменением движения внутренних гормонов между верхними и нижними глазками на клубнях, а также между противоположными почками в глазках, в результате чего происходит задержка появления полных всходов. В дальнейшем этот процесс задержки компенсируется более интенсивным ростом растений и приводит к более быстрому наступлению других фаз развития [18, с. 277].

От интенсивного роста и развития объема ботвы зависят не только формирование листовой поверхности посадок картофеля на гектар, масса клубня, но и конечный урожай.

Установлено, что в ходе наблюдений за формированием наземных органов растения картофеля

под воздействием изучаемого фактора (стимулятора роста «Эпин-Экстра») увеличение массы ботвы происходило по вариантам опыта неодинаково.

Как видно из таблицы 2, интенсивное накопление массы ботвы происходило на всех вариантах опыта по сравнению с контролем, но лучшее достоверное накопление массы ботвы наблюдалось на II и IV опытных вариантах. Так, на II и IV вариантах опыта увеличение массы ботвы составило 40 и 91 г/куст, или 8,70 и 19,78 % по сравнению с контрольным вариантом; III опытный вариант занимал промежуточное положение.

По результатам математической обработки полученных данных видно, что уровень продуктивности картофеля зависит от количества и массы клубней в кусте, коэффициент корреляции был равен +0,70, что указывает на сочетание высокой продуктивности сорта с многоклубневостью.

За время исследований в среднем под кустом формировалось 8,5–10,9 шт. клубней. Количество клубней было наибольшим при предпосевной обработке семенного материала регулятором роста (9,2–10,2 шт/куст) и при комплексной обработке (9,7–10,9 шт/куст), или соответственно на 10,2 и 17,0 % больше контроля.

Средняя масса одного клубня – 59,8–64,7 г для опытного варианта IV, что на 3,8–6,4 г больше показателя контрольного варианта. Масса клубней под кустом IV варианта составила в среднем 637,5 г, что существенно больше (на 19,7 %) аналогичного показателя контрольного варианта (532,5 г), на II варианте – на 15,3 % и на III варианте – на 17,4 %.

Предпосадочная обработка клубней картофеля и комплексное применение повлияли и на формирование стеблей и их высоту (таблица 3).

Анализ таблицы 3 показывает, что в опытных вариантах наблюдались лучшие биометрические показатели. Однако существенное увеличение числа стеблей на куст (+ 0,7 шт/куст), длины стеблей (+ 3,3 см) и густоты стояния перед уборкой

(+ 2,6 тыс. шт/га) отмечено при комплексном применении регулятора роста «Эпин-Экстра» по сравнению с контрольным вариантом. Это можно объяснить благоприятным воздействием эпибрассинолида – вещества, входящего в состав регулятора роста, который активизирует ростовые процессы на клеточном уровне и усиливает ферментативные реакции.

Таким образом, как показывают результаты наших исследований, стимулятор роста «Эпин-Экстра», обладая высокой биологической активностью, способствует более полной реализации генетического потенциала картофеля сорта Невский, что проявляется в усиленном росте и развитии растений, а в дальнейшем способствует повышению урожайности и качества картофеля на 10–15 %.

Огромное влияние на формирование высоких и качественных урожаев оказывают физиологические процессы, протекающие в растении, то есть 90–98 % урожая клубней картофеля создается за счет фотосинтетической работы [4, с. 4; 10, с. 55].

Фотосинтез, интенсивность которого зависит от очень сложных внутренних и внешних условий, относится к базовым физиологическим процессам в растениях. Основным органом фотосинтеза является лист. 80–90 % всей поглощаемой посевом растений солнечной радиации и 60–90 % органического вещества, создаваемого в процессе фотосинтеза, приходится на долю листовых пластинок. Энергия, поглощенная таким образом, может быть использована для преобразования углекислого газа и воды в глюкозу или теряется в виде флуоресцентного излучения. [4, с. 4; 12, с. 7].

Как видно из таблицы 4, использование регулятора роста усиливает процесс формирования площади листьев и сохраняет их во время вегетации.

На всех опытных вариантах площадь листьев выше контрольного варианта на 8,01; 4,54; 10,7 % соответственно. Наибольшая листовая поверхность отмечена при комплексном использовании регулятора роста по сравнению с другими опытными вариантами. Увеличение составило 8,2 и 6,0 %.

Однако необходимо отметить, что высокая активность листьев не гарантирует формирование высокого урожая. Важнейшим фактором продукционного процесса является фотосинтетический потенциал растений. По определению А. А. Ничипоровича, «формирование фотосинтетического потенциала представляет собой сумму ежесуточных приростов площадей листьев на гектаре за весь период вегетации» [12, с. 7].

Фотосинтетический потенциал посевов (ФПП) является обобщающим показателем, который характеризует эффективность комплекса агротехнологических приемов. В среднем фотосинтетический потенциал на опытных вариантах посадок картофеля варьировал от 1,32 до 1,45 млн м<sup>2</sup>/га дней, что на 0,11; 0,19; 0,24 млн м<sup>2</sup>/га дней больше контрольного варианта.

Резкое увеличение ФПП не является показателем хорошей урожайности. Ответ на этот вопрос дает чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), характеризующая процесс фотосинтеза растений.

В зависимости от варианта опыта показатель чистой продуктивности фотосинтеза (таблица 4) варьировал от 7,7 до 8,0 г/м<sup>2</sup> сутки. Максимальный показатель ЧПФ отмечен на IV варианте опыта – 8,0 г/м<sup>2</sup> сутки.

Накопление сухого вещества в листьях и клубнях картофеля является показателем эффективности фотосинтетической деятельности растений в агроценозе и формирования урожайности. Выход сухого вещества с применением регулятора роста выше, чем на контрольном варианте.

Таблица 3

**Биометрические показатели растений картофеля сорта Невский (в среднем за три года)**

Вариант	Количество стеблей, шт./куст		Высота стеблей, см		Густота стеблей, тыс. шт./га	
	Среднее	± к контролю	Средняя	± к контролю	Средняя	± к контролю
I	4,1	–	43,1	–	54,3	–
II	4,4	+0,3	44,5	+1,4	56,2	+1,9
III	4,3	+0,2	44,2	+1,1	54,6	+0,3
IV	4,8	+0,7	46,4	+3,3	56,9	+2,6
HCP <sub>05</sub>	0,34		2,6		2,3	

Table 3

**Biometric indicators of the potato plants of the Nevskiy variety (average for three years)**

Variant	Number of stems, pieces/bush		Plant height, cm		Density of stems, thous. of pieces/ha	
	Average	± to control	Average	± to control	Average	± to control
I	4.1	–	43.1	–	54.3	–
II	4.4	+0.3	44.5	+1.4	56.2	+1.9
III	4.3	+0.2	44.2	+1.1	54.6	+0.3
IV	4.8	+0.7	46.4	+3.3	56.9	+2.6
LSD <sub>05</sub>	0.34		2.6		2.3	

Таблица 4  
Влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на показатели фотосинтетической деятельности посевов картофеля сорта Невский (в среднем за три года)

Вариант	Ассимиляционная поверхность листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	Фотосинтетический потенциал (ФП), млн м <sup>2</sup> /га дней	Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м <sup>2</sup> сутки	Выход сухого вещества, т/га
I	33,7	1,21	7,2	8,64
II	36,4	1,40	7,7	10,8
III	35,2	1,32	7,6	10,0
IV	37,3	1,45	8,0	11,6
НСР <sub>05</sub>	2,7	0,18	0,9	1,4

Table 4  
Influence of the growth stimulant "Epin-Extra" on the photosynthetic activity of potato crops of the Nevskiy variety (on average for three years)

Variant	Assimilation surface of leaves, thous.m <sup>2</sup> /ha	Photosynthetic potential, mln m <sup>2</sup> /ha days	Pure photosynthetic productivity, g/m <sup>2</sup> -day	Dry mass yield, t/ha
I	33.7	1.21	7.2	8.64
II	36.4	1.40	7.7	10.8
III	35.2	1.32	7.6	10.0
IV	37.3	1.45	8.0	11.6
LSD <sub>05</sub>	2.7	0.18	0.9	1.4

Так, на контроле урожай общей сухой биомассы составил 8,64 т/га, на в опытных вариантах – от 10,8 до 11,6 т/га, что на 25,0; 15,7; 34,3 % выше контрольного варианта.

При сравнении между собой опытных вариантов предпосевная обработка клубней картофеля и комплексная обработка (клубней и опрыскивание растений картофеля) показали лучшие результаты.

При фитопатологической оценке ботвы картофеля из грибных болезней был отмечен фитофтороз. Наименьшая распространенность болезни и развитие на листьях наблюдалось на вариантах II и IV, т. е. при предпосевной обработке клубней картофеля (32,6 %) и при комплексной обработке клубней и растений (26 %). При опрыскивании (III вариант) во время бутонизации распространенность и развитие болезни было выше и составило 49,9% по сравнению с контролем.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Стимулятор роста «Эпин-Экстра» повышал биометрические показатели и ассимиляционную поверхность листьев растений на всех опытных ва-

риантах в условиях предгорной зоны РСО-Алания. Установлено, что наибольшее количество основных стеблей (4,8 шт/куст), наибольшую высоту растений (46,4 см), густоту стеблей (56,9 тыс. шт/га), ассимиляционную поверхность листьев (37,3 тыс. м<sup>2</sup>/га) формировали растения при предпосадочной обработке клубней стимулятором роста «Эпин-Экстра» (10 мл/т) и обработке посевов в фазу бутонизации стимулятором роста «Эпин-Экстра» (60 мл/га). Максимальный показатель чистой продуктивности фотосинтеза также отмечен на варианте при комплексной обработке растений картофеля 8,0 г/м<sup>2</sup> сутки. Выход сухого вещества с применением регулятора роста выше, чем на контрольном варианте.

Таким образом, применение стимулятора роста «Эпин-Экстра» при предпосадочной обработке клубней и обработке посевов в фазу бутонизации на посадках картофеля сорта Невский является перспективным агротехническим приемом в условиях предгорной зоны РСО-Алания, позволяющим повысить чистую продуктивность фотосинтеза и устойчивость к фитофторозу.

#### Библиографический список

1. Булдаков С. А., Плеханова Л. П. Эффективность действия химических препаратов против болезней растений и клубней картофеля // Научное обеспечение, особенности и перспективы развития сельского хозяйства Дальневосточного региона: сборник научных трудов по материалам региональной научно-практической конференции. Южно-Сахалинск, 2017. С. 14–22.
2. Бутов А. В., Адоньев С. О. Регуляторы роста на картофеле // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 21–22.
3. Васильева С. В., Зейрук В. Н., Деревягина М. К., Белов Г. Л., Барков В. А. Эффективность применения регуляторов роста растений на картофеле // Агрохимия. 2019. № 7. С. 45–51. DOI: 10.1134/S0002188119070135.
4. Вечер А. С., Гончарик М. Н. Физиология и биохимия картофеля. Минск, 1973. 264 с.
5. Головацкая И. Ф., Бендер О. Г., Ефимова М. В., Бойко Е. В., Малофий М. К., Мурган О. К., Плюснин И. Н. Роль экзогенных стероидных фитогормонов в регуляции функционирования фотосинтетического ап-

- парата // Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск, 2018. С. 103–107.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Жевора С. В. Применение регуляторов роста и орошения на картофеле в регионах с неустойчивым увлажнением // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротехнологии и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373.
8. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Действие микроудобрения «Агро Мастер» на урожайность и качество клубней картофеля // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 5 (105). С. 640–648.
9. Икоева Л. П., Хаева О. Э., Бацазова Т. М., Шалыгина А. А. Влияние микроудобрения «Агро Мастер» на фотометрические показатели разных сортов картофеля // Известия Горского ГАУ. 2020. Т. 57. № 2. С. 9–14.
10. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Влияние регулятора роста «Реоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность картофеля в лесостепной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2021. № 07 (210). С. 55–65.
11. Коршунов А. В., Симаков Е. А., Лысенко Ю. Н., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Гаитов М. Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12–20.
12. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза. Москва: Наука, 1982. С. 7–33.
13. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 9 (87). Часть 2. С. 28–33. URL: <https://research-journal.org/agriculture/effektivnost-dejstviya-biopreparatov-i-fungicidov-protiv-boleznej-rastenij-klubnej-kartofelya-i-ix-vliyanie-na-urozhajnost> (дата обращения: 09.02.2022). DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031.
14. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18–22.
15. Степанов А. И., Федоров А. Я., Николаева Ф. В., Борисова Д. В. Влияние органических удобрений и биопрепарата флавобактерин на урожайность картофеля и плодородие почв // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 48 (6) С. 30–36. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-4.
16. Танаков Н. Т., Сакибаев К. Ш., Исраилова Г. С., Жантураева Б. Т. Фотосинтетическая деятельность раннего картофеля в зависимости от фона питания и способов применения стимулятора роста в условиях юга Кыргызстана [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ. 2019. № 152 (08). С. 117–128. URL: <http://ej.kubagro.ru/2019/08/pdf/13.pdf> (дата обращения: 09.02.2022). DOI: 10.21515/1990-4665-152-013.
17. Уромова И. П., Козлов А. В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество картофеля [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 77–81. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13073> (дата обращения: 09.02.2022).
18. De Pascale S., Roupheal Y., Colla G. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming // European Journal of Horticultural Science. 2018. Vol. 82. Pp. 277–285. DOI: 10.17660/EJHS.2017/82.6.2.
19. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables [e-resource] // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5) Article number 698. URL: <https://www.mdpi.com/2218-273X/11/5/698> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/biom11050698.
20. Szparaga A., Kuboń M., Kocira S., Czerwińska E., Pawłowska A., Hara P., Kobus Z., Kwaśniewski D. Towards Sustainable Agriculture – Agronomic and Economic Effects of Biostimulant Use in Common Bean Cultivation [e-resource] // Sustainability. 2019. No. 11. Article number 4575. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4575> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/su11174575.

#### Об авторах:

Лариса Петровна Икоева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела рационального использования горных кормовых угодий, ORCID 0000-0003-1737-3180, AuthorID 508900; +7 960 404-77-66, [ikoeval@bk.ru](mailto:ikoeval@bk.ru)

Оксана Эльбрусовна Хаева<sup>2</sup>, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, ORCID 0000-0003-2338-0627, AuthorID 178532; +7 928 484-85-11, [oksana\\_haeva@mail.ru](mailto:oksana_haeva@mail.ru)

<sup>1</sup> Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Михайловское, Россия

<sup>2</sup> Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова, Владикавказ, Россия

## Photosynthetic activity of potatoes depending on the methods of using a growth stimulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania

L. P. Ikoeva<sup>1</sup>, O. E. Khaeva<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

<sup>2</sup>North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

✉E-mail: oksana\_haeva@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the work is to study the effect of the growth stimulant “Epin-Extra” on the photosynthetic activity of potato crops of the Nevskiy variety according to the results of field experiments. **Methods.** The studies of the tasks were carried out on the experimental section of the North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the VSC of RAS in the conditions of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania according to generally accepted methods during 2019–2021. The soil of the experimental site is medium-powerful heavy loamy leached black earth, underlain by pebbles. **Results.** The results of the study indicate a positive effect of the use of the growth stimulant “Epin-Extra” in the cultivation of potatoes of the Nevskiy variety in the conditions of the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania. The drug of the growth stimulant “Epin-Extra” contributes to an increase in the biometric indicators of potatoes: the height of plants by 1.4–3.3 cm, the number of main stems is 0.3–0.7 pcs. per bush compared to the control. It is established, that growth factor “Epin-Extra” strengthens process of formation of the area of leaves and keeps them during vegetation. On all skilled versions the area of leaves above a control version on 8.01; 4.54; 10.7 %, accordingly. The greatest sheet surface is noted at complex use of a growth factor in comparison with other skilled versions, the increase has made 8.2 and 6.0 %. The photosynthetic potential on skilled versions on the average varied from 1.32 up to 1.45 mln m<sup>2</sup>/ha days, which is 0.11; 0.19; 0.24 mln m<sup>2</sup>/ha days is more than the control option. The biological preparation “Epin-Extra” has a polyfunctional effect on potato plants. **Scientific novelty.** For the first time in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania it was the effect of the growth stimulator “Epin-Extra” on potato plantings was studied Nevskiy variety. **Practical significance.** The studies carried out make it possible to recommend the use of an effective growth stimulant “Epin-Extra” in the production of potatoes in the foothill zone in the pre-planting treatment of potatoes at a dose of 10 ml/t and when spraying plant leaves at a dose of 60 ml/ha in the budding phase, as an environmentally safe and low-cost agricultural technique that provides an increase in yield, the quality of potato tubers and resistance to late blight.

**Keywords:** Epin-Extra, growth stimulant, potatoes, Nevskiy variety, biometric indicators of potatoes, photosynthetic activity, pure photosynthesis productivity.

**For citation:** Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' kartofelya v zavisimosti ot sposobov primeneniya stimulyatora rosta v predgornoy zone RSO-Alaniya [Photosynthetic activity of potatoes depending on the methods of using a growth stimulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-26-35. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 14.03.2022, **date of review:** 31.03.2022, **date of acceptance:** 11.04.2022.

### References

1. Buldakov S. A., Plekhanova L.P. Effektivnost' deystviya khimicheskikh preparatov protiv bolezney rasteniy i klubney kartofelya [Effectiveness of chemicals against plant diseases and potato clowns] // Nauchnoe obespechenie, osobennosti i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaystva Dal'nevostochnogo regiona: sbornik nauchnykh trudov po materialam regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yuzhno-Sakhalinsk, 2017. Pp. 14–22. (In Russian.)
2. Butov A. V., Adon'ev S. O. Regulyatory rosta na kartofele [Plant growth regulators on potato] // Potato and vegetables. 2015. No. 5. Pp. 21–22. (In Russian.)
3. Vasil'eva S. V., Zeyruk V. N., Derevyagina M. K., Belov G. L., Barkov V. A. Effektivnost' primeneniya regulyatorov rosta rasteniy na kartofele [Efficiency of plant growth regulators application on potato] // Agrokimiya. 2019. No. 7. Pp. 45–51. DOI: 10.1134/S0002188119070135. (In Russian.)
4. Vecher A. S., Goncharik M. N. Fiziologiya i biokhimiya kartofelya [The physiology and biochemistry of potatoes]. Minsk, 1973. 264 p. (In Russian.)



5. Golovatskaya I. F., Bender O. G., Efimova M. V., Boyko E. V., Malofiy M. K., Murgan O. K., Plyusnin I. N. Rol' ekzogenykh steroidnykh fitogormonov v regulyatsii funktsionirovaniya fotosinteticheskogo apparata rasteniy [The role of exogenous steroid phytohormones in the regulation of the functioning of the photosynthetic apparatus of plants] // Aktual'nye problemy kartofelevodstva: fundamental'nye i prikladnye aspekty: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tomsk, 2018. Pp. 103–107. (In Russian.)
6. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Technique of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian)
7. Zhevor S. V. Primenenie regulyatorov rosta i orosheniya na kartofele v regionakh s neustoychivym uvlazhneniem [The application of growth and irrigation regulators on potatoes in regions with unstable moisture] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. Vol. 14. No. 4. Pp. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373. (In Russian.)
8. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Deystvie mikroudobreniya "Agro Master" naurozhaynost' i kachestvo klubney kartofelya [The effect of the microfertilizer "Agro-master" on the yield and quality of potato tubers] // Nauchnaya zhizn'. 2020. Vol. 15. No. 5 (105). Pp. 640–648. (In Russian.)
9. Ikoeva L. P., Khaeva O. E., Batsazova T. M., Shalygina A. A. Vliyanie mikroudobreniya "Agro Master" na fotometricheskie pokazateli raznykh sortov kartofelya [Effect of micronutrient fertilizer "Agro Master" on the photometric parameters of different potato varieties] // Journal of proceedings of the Gorsky SAU. 2020. Vol. 57. No. 2. Pp. 9–14. (In Russian.)
10. Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Vliyanie regulyatora rosta "Regoplant" i mikroudobreniya "Ul'tramag Kombi" na fotosinteticheskuyu deyatelnost' kartofelya v lesostepnoy zone RSO-Alaniya [Influence of the growth regulator "Regoplant" and microfertilizer "Ul'tramag Kombi" on photosynthetic activity of potatoes in the foreststeppe zone Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 07 (210). Pp. 55–65. (In Russian.)
11. Korshunov A. V., Simakov E. A., Lysenko Yu. N., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Gaitov M. Yu. Aktual'nye problemy i prioritetye napravleniya razvitiya kartofelevodstva [The actual problems and priority areas of development of potato growing] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. Vol. 32. No. 3. Pp. 12–20. (In Russian.)
12. Nichiporovich A. A. Fiziologiya fotosinteza i produktivnost' rasteniy [Physiology of photosynthesis and plant productivity] // Fiziologiya fotosinteza. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 7–33. (In Russian.)
13. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effektivnost' deystviya biopreparatov i fungitsidov protiv bolezney rasteniy, klubney kartofelya i ikh vliyanie na urozhaynost' [The effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land] // International Research Journal. 2019. No. 9 (87). Chast' 2. Pp. 28-33. URL: <https://research-journal.org/agriculture/effektivnost-dejstviya-biopreparatov-i-fungicidov-protiv-boleznej-rastenij-klubney-kartofelya-i-ix-vliyanie-na-urozhajnost> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031. (In Russian.)
14. Sabirova T. P., Sabirov R. A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The influence of biological products on the productivity of agricultural crops] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2018. No. 3 (43). Pp. 18–22. (In Russian.)
15. Stepanov A. I., Fedorov A. Ya., Nikolaeva F. V., Borisova D. V. Vliyanie organicheskikh udobreniy i biopreparata flavobakterin na urozhaynost' kartofelyai plodorodie pochv [The influence of organic fertilizers and the biological preparation flavobacterin on potato yield and soil fertility] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2018. No. 48 (6) Pp. 30–36. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-6-4. (In Russian.)
16. Tanakov N. T., Sakibaev K. Sh., Israilova G. S., Zhanturaeva B. T. Fotosinteticheskaya deyatelnost' rannego kartofelya v zavisimosti ot fona pitaniya i sposobov primeneniya stimulyatora rosta v usloviyakh yuga Kyrgyzstana [The photosynthetic activity of early potatoes depending on the background of nutrition and methods of application of the growth stimulant in the conditions of southern Kyrgyzstan] [e-resource] // Scientific Journal of KubSAU. 2019. No. 152 (08). Pp. 117–128. URL: <http://ej.kubagro.ru/2019/08/pdf/13.pdf> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.21515/1990-4665-152-013. (In Russian.)
17. Uromova I. P., Kozlov A. V. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' i kachestvo kartofelya [The influence of biologics on potato productivity and quality] [e-resource] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh fundamental'nykh issledovaniy. 2020. No. 5. Pp. 77–81. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13073> (date of reference: 09.02.2022). (In Russian.)
18. De Pascale S., Roupheal Y., Colla G. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming // European Journal of Horticultural Science. 2018. Vol. 82. Pp. 277–285. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2.
19. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables [e-resource] // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5)

Article number 698. URL: <https://www.mdpi.com/2218-273X/11/5/698> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/biom11050698.

20. Szparaga A., Kuboń M., Kocira S., Czerwińska E., Pawłowska A., Hara P., Kobus Z., Kwaśniewski D. Towards Sustainable Agriculture – Agronomic and Economic Effects of Biostimulant Use in Common Bean Cultivation [e-resource] // Sustainability.2019. No. 11. Article number 4575. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4575> (date of reference: 09.02.2022). DOI: 10.3390/su11174575.

**Authors' information:**

Larisa P. Ikoeva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the department of rational use of mountain forage lands, ORCID 0000-0003-1737-3180, AuthorID 508900; +7 960 404-77-66, [ikoeval@bk.ru](mailto:ikoeval@bk.ru)

Oksana E. Khaeva<sup>2</sup>, candidate of chemical sciences, associate professor, associate professor at the department of general and inorganic chemistry, ORCID 0000-0003-2338-0627, AuthorID 178532; +7 928 484-85-11, [oksana\\_haeva@mail.ru](mailto:oksana_haeva@mail.ru)

<sup>1</sup>North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Mikhaylovskoe, Russia

<sup>2</sup>North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz, Russia