

## Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность картофеля в лесостепной 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 Владикавказского научного центра Российской академии наук, Михайловское, Россия

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

✉E-mail: oksana\_haeava@mail.ru

**Аннотация.** Цель работы – изучить влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую продуктивность посевов картофеля сорта Барна по результатам полевых опытов. **Методы.** Исследования по поставленным задачам проводились на опытном участке СНИИГПСХ ВНИЦ РАН в лесостепной зоне РСО-Алания по общепринятым методикам в течение 2018–2020 гг. Почва опытного участка – среднесплодный тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем, подстилаемый галечником. **Результаты.** Установлено, что биопрепараты при одинаковых почвенных и погодных условиях способствовали разному развитию растений и наступлению фаз вегетации. По всем вариантам опыта число стеблей увеличилось на 0,3–0,7 шт., высота стеблей растений картофеля – на 3,8–4,9 см по сравнению с контрольным вариантом. Интенсивное увеличение массы надземной части картофеля происходило при применении баковой смеси (регулятор роста «Регоплант» (25 мл/га) + микроудобрение «Ультрамаг Комби» (0,75 л/га)) – на 74 г/куст, или на 15,5 % по сравнению с контролем. За вегетационный период сумма фотосинтетического потенциала (ФП) составила на контроле 1070 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га, а на опытных вариантах – в среднем 1198–1406 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га. Наибольшее накопление сухого вещества отмечено при применении баковой смеси – 917 г/м<sup>2</sup>. Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза наблюдалась на опытном варианте при применении баковой смеси – 6,52 г/м<sup>2</sup> в сутки по сравнению с контрольным вариантом. **Научная новизна.** Впервые в лесостепной зоне РСО-Алания было изучено действие регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность картофеля. **Практическая значимость.** Проведенные исследования позволяют рекомендовать в производстве картофеля использование баковой смеси эффективного регулятора роста «Регоплант» в дозе 25 мл/га и микроудобрения «Ультрамаг Комби» в дозе 0,75 л/га как экологически безопасного и малозатратного агроприема при обработке вегетирующих растений, обеспечивающих повышение урожайности и качество клубней.

**Ключевые слова:** картофель, биопрепараты, регулятор роста «Регоплант», микроудобрение «Ультрамаг Комби», фотосинтез, площадь листьев, вегетационный период, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал.

**Для цитирования:** Икоева Л. П., Хаева О. Э. Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность картофеля в лесостепной зоне РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2021. № 07 (210). С. 55–65. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-55-65.

**Дата поступления статьи:** 10.03.2021, **дата рецензирования:** 10.06.2021, **дата принятия:** 21.06.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Одной из основных задач современной агрономической науки является изучение фотосинтеза как важного фактора урожайности растений. Фотосинтез является источником создания энергетического

потенциала растения, на долю которого приходится до 95 % всей накопительной энергии в растении, поэтому для получения высоких урожаев необходимо искать пути оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений.

В то же время фотосинтез является главным физиологическим показателем, позволяющим судить о реакции растений на агроклиматические условия и на агротехнологические приемы выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры [1, с. 4], [4, с. 2], [5, с. 9], [10, с. 17], [11, с. 9], [12, с. 640], [14, с. 84], [19, с. 117].

Фотосинтез – ключевой процесс в жизнедеятельности растительного организма. Фотосинтетическая деятельность растений зависит от многих внешних факторов: условий освещения (интенсивность и спектральный состав света) [22, с. 897], температуры [6, с. 24], концентрации углекислого газа и кислорода, условий водоснабжения и минерального питания [2, с. 21], [12, с. 640], [17, с. 18]. Воздействуя на отдельные реакции фотосинтеза, факторы внешней среды приводят к изменению фотосинтетических процессов, что в итоге определяет продуктивность растений [1, с. 4], [2, с. 21], [9, с. 362], [17, с. 18], [18, с. 3].

Основным звеном в общей продуктивности растений является процесс фотосинтеза [4, с. 2], [11, с. 9], [18, с. 92], [20, с. 117]. Теория получения высоких урожаев и возможность управления формированием урожая тесно связаны с исследованием фотосинтетической деятельности растений в посевах. Разработкой методических основ ее изучения занимались многие ученые [3, с. 5], [6, с. 24], [7, с. 71], [20, с. 117]. Наибольший вклад в изучение фотосинтеза внес А. А. Ничипорович [16, с. 7].

Картофель (*Solanum tuberosum L.*) – одна из пяти основных мировых продовольственных культур наряду с рисом, пшеницей, кукурузой и соей. Современные сорта картофеля обычно хорошо растут при умеренных температурах около 20 °С, а оптимальная температура для роста надземных частей, таких как листья и стебли, а также для зарождения и увеличения объема подземных клубней, как известно, составляет 20–5 °С и 15–20 °С соответственно [22, с. 897], [23, с. 165].

Картофель, как и большинство сельскохозяйственных культур, относится к группе С3-растений [23, с. 27], у которых метаболизм углерода включает цикл Кальвина, то есть одновременно с фотосинтезом в процессе дыхания на свету происходит выделение из листьев части ассимилированной углекислоты. Это приводит к тому, что реальная величина ассимиляции CO<sub>2</sub> у С3-растений оказывается значительно меньше осуществляемого фотосинтеза. Поскольку фотодыхание снижает эффективность фотосинтеза, многие исследователи считали данный процесс ненужным, даже расточительным [21, с. 82], [22, с. 897], [23, с. 165].

Большой интерес как в теоретическом, так и в практическом отношении представляют исследования, направленные на изучение реакции фотосинтетических показателей растений на агротехнологические приемы возделывания и биологические свойства картофеля.

**Цель исследования** – изучить влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую продуктивность посевов картофеля сорта «Барна» по результатам полевых опытов в лесостепной зоне РСО-Алания.

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

Полевые исследования проводились на опытном участке СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН в условиях лесостепной зоны РСО-Алания на травопольном севообороте в 2018–2020 гг.

Почва опытного участка – среднемощный тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем, подстилаемый галечником, с содержанием гумуса 6,3 %. Реакция почвенной среды слабокислая (рН солевой вытяжки 5,48 %). Выщелоченные черноземы отличаются большим содержанием валовых количеств азота – 0,24–0,45, фосфора – 0,20–0,30 %, калия – 1,6–2,3%, легкогидролизуемого азота по Тюрину – Кононовой – 4–10, подвижного фосфора по Чирикову – 5–14 мг/100 г почвы [13, с. 22]. По содержанию подвижного калия почвы среднеобеспечены.

Погодные условия были неблагоприятными для роста и развития растений картофеля. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период составил 0,9. Температура воздуха в отдельные жаркие дни июня, июля и августа поднималась до 45 °С, а температура почвы на глубине 0,05–0,15 м достигала до +30,1...32,4 °С.

**Схема опыта предусматривала следующие варианты:**

- 1) вариант I – контроль (без применения регулятора роста и микроудобрения);
- 2) вариант II – обработка посевов опрыскиванием 2 раза по фазам вегетации (бутонизация и цветение) регулятором роста «Регоплант» (50 мл/га);
- 3) вариант III – обработка посевов опрыскиванием 2 раза по фазам вегетации (бутонизация и цветение) микроудобрением «Ультрамаг Комби» (1,5 л/га);
- 4) вариант IV – обработка посевов опрыскиванием 2 раза по фазам вегетации (бутонизация и цветение) баковой смесью (регулятор роста «Регоплант» (25 мл/га) + микроудобрение «Ультрамаг Комби» (0,75 л/га)).

Доза и сроки обработки картофеля во время вегетации растений соответствовали принятым рекомендациям.

Общая площадь делянки – 25 м<sup>2</sup>. Учетная площадь делянки – 13,5 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов в повторениях – рендомизированное. Повторность трехкратная. Предшественник – озимая пшеница.

Предмет исследований – картофель сорта «Барна», выведенный ирландской компанией IPM Potato от скрещивания Дезире × Кара. Сорт столового назначения с отличными вкусовыми качествами, среднепоздний, поздней спелости (110 – 115 дней). Форма клубня – овальная, удлинено-овальная. Кожура клубня красная, мякоть белая. Глубина залегания глазков – очень мелко. Лежкость хорошая. Урожайность высокая (35 – 40 т/га). Содержание

сухого вещества – 18–22 %, крахмала – 15,0–17,0 %, белка – 1,8–2,1 %, витамина С – 3,53–10,9 мг %. Сорт имеет очень хорошие качества хранения и хорошую устойчивость к вирусам и таким заболеваниям, как фитофтороз листьев и фитофтороз клубня, парша обыкновенная, черная ножка и черная парша. Невосприимчив к раку.

Регулятор роста «Регоплант» – это композиционный препарат растений со сбалансированным составом биологически активных веществ (аминокислоты, олигосахариды, хитозан, жирные кислоты, аналоги фитогормонов, биогенные и хелатные микроэлементы: Zn, Cu, Mg, Mo, Mn, K<sub>2</sub>O, Ca, Fe, S, B, N), применяемый для обработки семян и опрыскивания растений в фазу вегетации. Применение регулятора роста «Регоплант» способствует улучшению качества растительной продукции и увеличению урожайности, а также снятию мутагенной нагрузки от использования пестицидов. Норма применения: при обработке семян – 250 мл на 1 т, при опрыскивании посевов – 50 мл на 1 га.

«Ультрамаг Комби» – многокомпонентное комплексное микроудобрение нового поколения для листовых подкормок картофеля, способствующий увеличению количества крахмала в клубнях и улучшению их товарности, повышающий устойчивость картофеля к фитофторозу. Микроудобрение содержит набор микроэлементов (кальция, магния, марганца, молибдена, меди, железа, бора, цинка), отвечающий питательным требованиям картофеля. Некорневая подкормка ускоряет созревание клубней, стимулирует отток накопленных веществ из ботвы в клубни, что не только ускоряет их созревание, но и увеличивает содержание крахмала и повышает урожай. Некорневую подкормку проводят в период смыкания ботвы в междурядьях, в фазе бутонизации или после цветения. Норма расхода препарата – 1–2 л/га.

В опытах применяли агротехнику, рекомендованную для лесостепной зоны РСО-Алания возделывания картофеля. Посадку осуществляли во второй декаде апреля (15.04.2018 г., 16.04.2020 г., 15.04.2020 г.): 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, обработку при необходимости против колорадского жука и фитофторозы. Обработку растений биопрепаратами проводили ранцевым опрыскивателем согласно схеме опыта. Уборка проводилась во второй декаде сентября методом сплошного выкапывания клубней на делянках и последующего взвешивания.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводились в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [15, с. 147].

Размеры ассимиляционного аппарата и время его активного функционирования – это основные показатели, характеризующие фотосинтез растений в

посевах. Определение площади ассимилирующей поверхности листьев осуществлялось методом высева, позволяющим получать более точные результаты определения площади листьев [8, с. 5], [15, с. 147].

Полезность учетов площади листьев может быть большей, если их можно сочетать с ходом нарастания сухой массы биологических и хозяйственных урожаев. Для расчета чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) использовали формулу, предложенную Киддом, Вестом и Бриггсом.

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  $\frac{L_1 + L_2}{2}$  – средняя площадь листьев за учетный период, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> дн.

Экспериментальные данные обрабатывали статистически по общепринятым методикам с использованием компьютерной программы Statistica for Windows, версия 6.0 [8, с. 5].

### Результаты (Results)

По данным фенологических наблюдений было установлено, что биопрепараты при одинаковых почвенных и погодных условиях способствовали разному развитию растений и наступлению фаз вегетации.

На всех вариантах опыта всходы растений появлялись одновременно (14–16 мая). Длительность периода от посадки до появления всходов картофеля составляла 28–30 дней. Наступление последующих фаз отличались по вариантам (таблица 1).

Анализ данных сроков начала и конца фаз развития растений показал, что после опрыскивания растения картофеля биопрепаратами более позднее наступления фазы бутонизации – начала отмирания ботвы характерно было на варианте IV при использовании баковой смеси, продолжительность вегетации составила для данного варианта составила в среднем 114–119 дней против 108–112 дней на контроле. Это означает, что применение при выращивании картофеля регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» замедляет процесс отмирания ботвы, способствуя более длительному сохранению листьев из-за повышенной устойчивости растений к вертициллезному увяданию и увеличению ассимиляционной поверхности растений, то есть активизации процессов фотосинтеза и оттока пластических веществ из листьев, что в итоге повышает урожайность и качество клубней картофеля.

Многие исследователи [1, с. 4], [5, с. 9], [11, с. 9], [22, с. 897] считают, что густота стеблестоя оказывает влияние на продуктивность растений в посадках картофеля. Стебель как бы является самостоятельным растением, имеет свою корневую систему и фотосинтетический аппарат, поэтому определение площади питания зависит не только от количества

Таблица 1

Продолжительность межфазных периодов картофеля сорта Барна в зависимости от обработки растений регулятором роста «Регоплант» и микроудобрением «Ультрамаг Комби» (дни) в лесостепной зоне РСО-Алания (в среднем за три года)

Вариант	Посадка – всходы	Всходы – бутонизация	Бутонизация – начало цветения	Цветение – начало отмирания ботвы
I	28 ± 2	25 ± 4	9 ± 1	46 ± 5
II	28 ± 2	25 ± 3	10 ± 2	47 ± 3
III	28 ± 3	25 ± 4	11 ± 3	48 ± 3
IV	28 ± 3	25 ± 3	12 ± 3	49 ± 5

Table 1

Duration of the interphase periods of the potato variety Barna, depending on the processing of plants by the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” (days) in the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania (on average for three years)

Version	Planting – shoots	Shoots – boutonization	Boutonization – beginning of flowering	Flowering – beginning of the dying of the boot
I	28 ± 2	25 ± 4	9 ± 1	46 ± 5
II	28 ± 2	25 ± 3	10 ± 2	47 ± 3
III	28 ± 3	25 ± 4	11 ± 3	48 ± 3
IV	28 ± 3	25 ± 3	12 ± 3	49 ± 5

Таблица 2

Биометрические показатели растений картофеля сорта Барна в зависимости от применения регулятором роста «Регоплант» и микроудобрением «Ультрамаг Комби» в лесостепной зоне РСО-Алания (в среднем за три года)

Вариант	Фаза вегетации	Высота растений, см		Число стеблей, шт/куст	
		Среднее	± к контролю	Среднее	± к контролю
I	Бутонизация – начало цветения	58,9	–	3,3	–
II		63,8	+4,9	3,7	+0,4
III		62,7	+3,8	3,6	+0,3
IV		66,5	+7,6	4,0	+0,7

Table 2

Biometric indicators plants of the potato variety Barna, depending on the application of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” in the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania (on average for three years)

Version	Vegetation phase	Plant height, cm		Number of stems, pcs/bush	
		Average	± to control	Average	± to control
I	Boutonization – beginning of flowering	58.9	–	3.3	–
II		63.8	+4.9	3.7	+0.4
III		62.7	+3.8	3.6	+0.3
IV		66.5	+7.6	4.0	+0.7

растений, но и от стеблей в кусте [11, с. 4], [5, с. 9], [11, с. 9], [22, с. 897]. Количество стеблей определяет число клубней.

Как видно из таблицы 2, некорневая обработка растений влияет на высоту и количество стеблей в кусте. Так, число стеблей увеличилось по всем вариантам опыта по сравнению с контрольным вариантом на 0,3–0,7 шт., высота стеблей растений картофеля – на 3,8–4,9 см.

Формированию высокого урожая клубней картофеля способствует здоровая ботва с достаточной развитой площадью листовой поверхности.

Как видно из таблицы 3, интенсивное накопление массы ботвы происходило на всех вариантах опыта по сравнению с контрольным вариантом.

Так, на варианте IV увеличение массы ботвы произошло на 74 г/куст, или на 15,5 %, на варианте III («Ультрамаг Комби») – на 24 г/куст, или 5,1 %, на варианте II («Регоплант») – на 26 г/куст, или на 5,4 % по сравнению с контрольным вариантом.

Увеличение массы ботвы картофеля можно объяснить положительным влиянием регулятора роста и микроудобрения, содержащих в своих составах макро- и микроэлементы, которые способствуют росту и развитию корневой системы и увеличение надземной части растений картофеля.

Основным органом фотосинтеза растений являются листья, на долю которых приходится 80–90 % поглощенной солнечной радиации и 60–90 % органических веществ, создаваемых в процессе фотосинтеза [21, с. 82].

Оптимальной для получения высоких и устойчивых урожаев, по данным исследований ряда авторов [1, с. 4], [5, с. 9], [11, с. 9], [19, с. 117], [22, с. 897], [23, с. 165], считается величина площади листьев 40–60 тыс. м<sup>2</sup>/га, которая формируется за короткий период и долго сохраняется на этом уровне, а к уборке снижается или совсем отмирает, отдавая при этом пластические вещества для роста массы клубней. Однако чрезмерное повышение площади листьев бывает неэффективным, так как способствует снижению продуктивности листового аппарата, то есть уменьшению чистой продуктивности фотосинтеза [14, с. 84].

По данным анализа динамики площади листьев, опрыскивание растений картофеля регулятором роста «Регоплант» и микроудобрением «Ультрамаг Комби» является одним из основных приемов агротехники, усиливающим процесс формирования пло-

щади листьев и сохранению их в активном состоянии во время вегетации растений.

Как видно из таблицы 4, на опытных вариантах растения картофеля формировали достаточно большую площадь листьев. Так, если на контроле ее величина составила 20,04 тыс. м<sup>2</sup>/га, то на опытных вариантах она увеличилась на 2,23; 2,36 и 6,36 тыс. м<sup>2</sup>/га, соответственно.

Наибольшая листовая поверхность отмечена в фазе цветения. Так, в контроле она достигала 28,17 тыс. м<sup>2</sup>/га, а на варианте IV увеличилась до 33,05 тыс. м<sup>2</sup>/га, что на 4,88 тыс. м<sup>2</sup>/га больше контрольного варианта и на 4,6; 4,1 тыс. м<sup>2</sup>/га – II и III вариантов соответственно. К уборке листья постепенно отмирали, и их деятельность снижались.

Высокая активность листьев не гарантирует формирование высокого урожая.

Таблица 3  
Масса ботвы растений сорта картофеля Барна в зависимости от применения регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» в лесостепной зоне РСО–Алания, г/куст (в среднем за три года)

Вариант	Фаза вегетации	Масса ботвы	± к контролю
I	Бутонизация – начало цветения	476	–
II		502	+26
III		500	+24
IV		650	+74

Table 3  
Mass plants of the potato variety Barna, depending on the application of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” in the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania, g/bush (on average for three years)

Version	Vegetation phase	Mass of bots	± to control
I	Boutonization – beginning of flowering	476	–
II		502	+26
III		500	+24
IV		650	+74

Таблица 4  
Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на динамику площади листьев, тыс. м<sup>2</sup>/га (в среднем за три года)

Вариант	Фазы развития растений				
	Всходы	Бутонизация	Цветение	Начало отмирания ботвы	Перед уборкой
I	7,64	20,04	28,17	24,05	10,45
II	8,01	22,27	29,45	24,88	10,85
III	8,93	22,40	28,95	29,75	11,00
IV	9,15	26,42	33,05	27,02	12,15

Table 4  
Influence of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” on the dynamics of the area of leaves, thousands m<sup>2</sup>/ha (average for three years)

Version	Plant development phases				
	Shoots	Boutonization	Flowering	Beginning of the dying of the boot	Before cleaning
I	7.64	20.04	28.17	24.05	10.45
II	8.01	22.27	29.45	24.88	10.85
III	8.93	22.40	28.95	29.75	11.00
IV	9.15	26.42	33.05	27.02	12.15

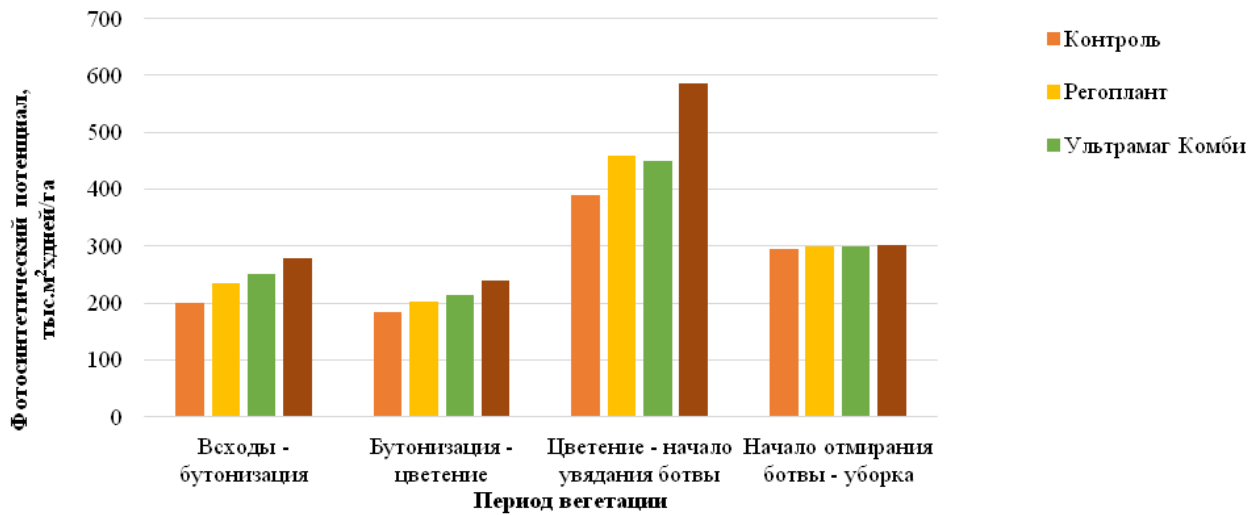


Рис. 1. Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на величину фотосинтетического потенциала посадок картофеля сорта Барна за вегетационный период

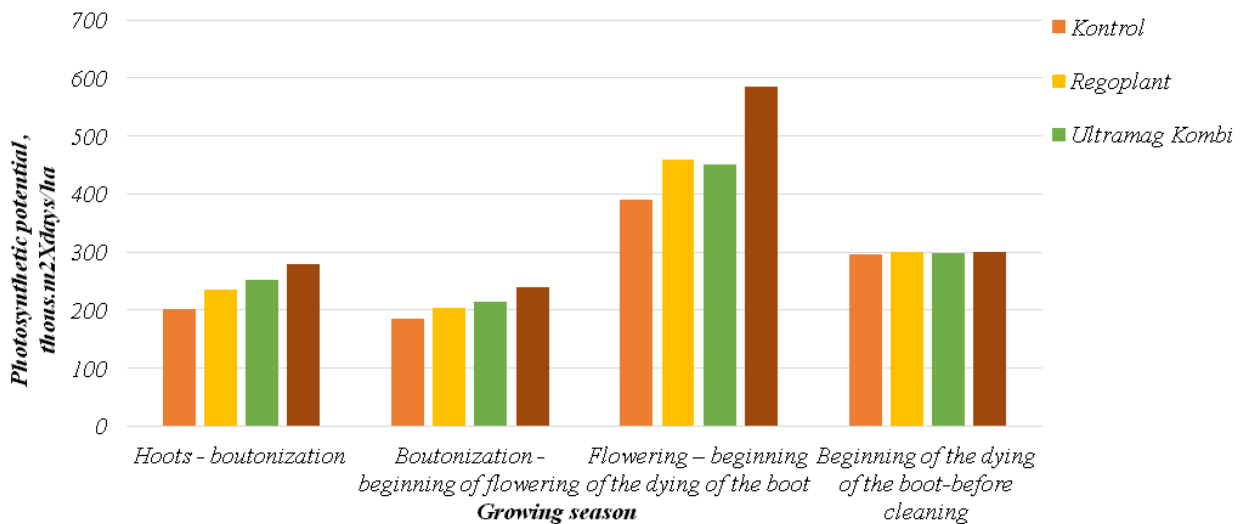


Fig. 1. Influence of the growth regulator "Regoplant" and microfertilizer "Ultramag Kombi" on the size of photosynthetic potential of the potato variety Barna, planting during the growing season

Анализ рис. 1 показывает, что за вегетацию сумма ФП составил на контроле 1070 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га, а на опытных вариантах в среднем 1198–1406 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га.

На основании полученных данных установлено, что опрыскивание растений картофеля баковой смесью (регулятор роста «Регоплант» (25 мл/га) + микроудобрение «Ультрамаг Комби» (0,75 л/га)) стимулировало формирование максимального значения фотосинтетического потенциала.

Критерием эффективности работы фотосинтетического потенциала является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Чистая продуктивность определяет среднесуточные приросты сухой биомассы картофеля [16, с. 7].

Формирование чистой продуктивности фотосинтеза за весь вегетационный период возможно проследить путем деления значения выхода сухого вещества на ФП.

Как видно из таблицы 5, максимальная продуктивность (ЧПФ) отмечена на опытных вариантах (3,1; 2,5 и 35,3 %) по сравнению с контрольным вариантом. Среди изучаемых препаратов увеличение продуктивности отмечено при обработке растений картофеля баковой смесью.

Итогом эффективности фотосинтетической деятельности растений в агроценозе и формирование урожайности в целом является накопление сухого вещества в листьях и клубнях картофеля.

Опрыскивание посадок картофеля регулятором роста «Регоплант» и микроудобрением «Ультрамаг Комби» повышало накопление общего сухого вещества растениями.

Так, в зависимости от применения биопрепаратов величина сухого вещества увеличилась в 1,15–1,77 раза по сравнению с контрольным вариантом. Установлено, что наибольшее накопление сухого вещества отмечено при применении баковой смеси (регулятор роста «Регоплант» (25 мл/га) + микроудобрение «Ультрамаг Комби» (0,75 л/га)).

Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на фотосинтетическую деятельность картофеля сорта Барна (в среднем за три года)

Вариант	ФП, тыс. м <sup>2</sup> ·дней/га	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> ·сут.	Выход сухой массы, 1 т/га
I	1070	4,82	5,16
II	1198	4,97	5,95
III	1216	4,94	6,01
IV	1406	6,52	9,17

Table 5

Influence of the growth regulator "Regoplant" and microfertilizer "Ultramag Kombi" on the photosynthetic activity of the potato variety Barna (on average over three years)

Version	Photosynthetic potential, thousand m <sup>2</sup> ·days/ha	Pure photosynthetic productivity, g/m <sup>2</sup> ·day	Dry mass yield, 1 t/ha
I	1070	4.82	5.16
II	1198	4.97	5.95
III	1216	4.94	6.01
IV	1406	6.52	9.17

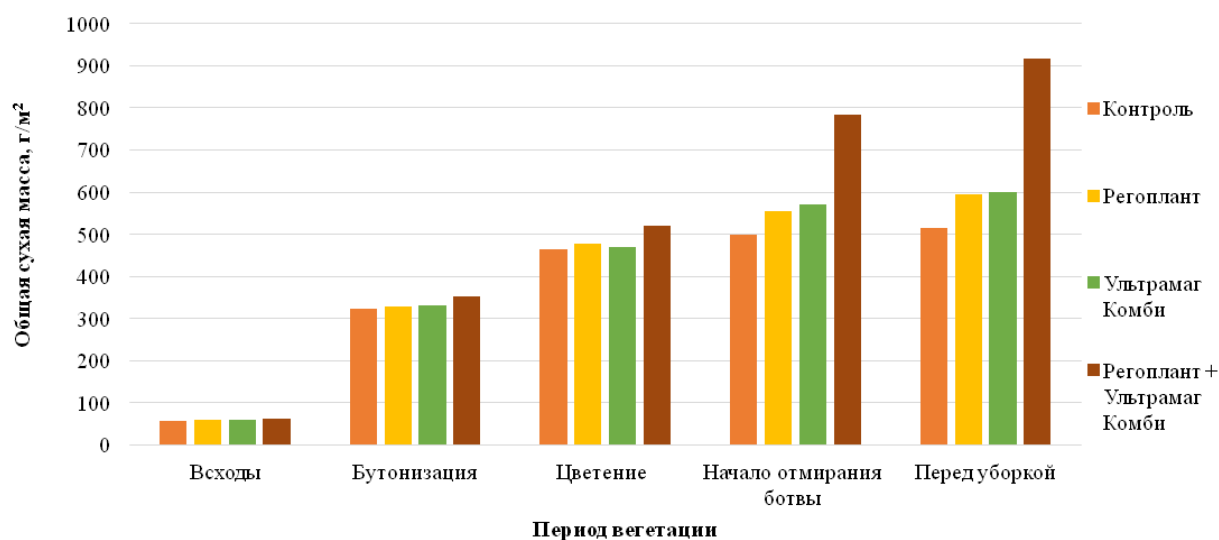


Рис. 2. Влияние регулятора роста «Регоплант» и микроудобрения «Ультрамаг Комби» на накопление общей сухой массы растений картофеля сорта Барна, г/м<sup>2</sup>

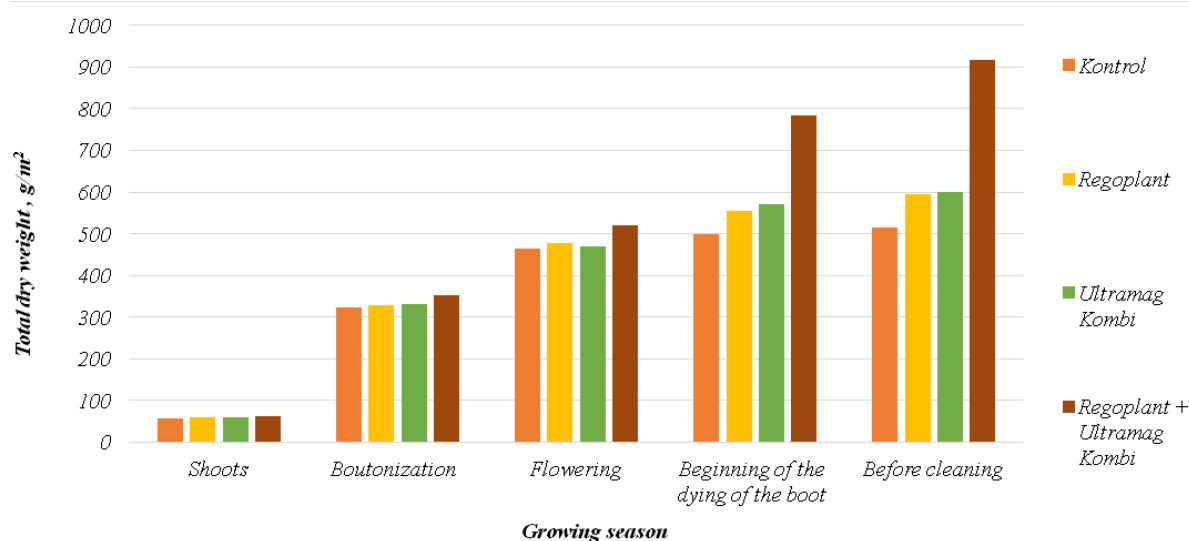


Fig. 2. Influence of the growth regulator "Regoplant" and microfertilizer "Ultramag Kombi" on the accumulation of the total dry weight of the potato variety Barna, g/m<sup>2</sup>

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

Регулятор роста «Регоплант» и микроудобрение «Ультрамаг Комби» повышали биометрические показатели и ассимиляционную поверхность листьев растений картофеля на всех опытных вариантах: наибольшую высоту – до 66,6 см, число стеблей – до 4 шт/куст, площадь листьев в фазе цветения – до 33,05 тыс. м<sup>2</sup>/га, сумму фотосинтетического потенциала – до 1406 тыс. м<sup>2</sup>·дней/га, чистую продуктив-

ность фотосинтеза – до 6,52 г/ м<sup>2</sup>·сут. формировали растения при обработке баковой смесью. Наибольшее накопление сухого вещества также отмечено при применении баковой смеси – 917 г/м<sup>2</sup>. Таким образом, применение баковой смеси (регулятор роста «Регоплант» (25 мл/га) + микроудобрение «Ультрамаг Комби» (0,75 л/га)) является оптимальным агротехнологическим приемом при выращивании картофеля в лесостепной зоне РСО-Алания.

**Библиографический список**

1. Баландин Б. Н. Фотосинтетическая активность, урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от площади питания растений // Аграрный вестник Урала. 2013. № 1 (107). С. 4–5.
2. Бутов А. В., Адоньев С. О. Регуляторы роста на картофеле // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 21–22.
3. Вечер А. С., Гончарик М. Н. Физиология и биохимия картофеля. Минск, 1973. 264 с.
4. Васильев А. А., Горбунов А. К. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность картофеля в зависимости от срока и глубины посадки // Аграрный вестник Урала. 2020. № 04 (195). С. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-195-4-2-10.
5. Васильев А. А., Горбунов А. К. Влияние загущения и сроков посадки на продуктивность и качество картофеля // Аграрный научный журнал. 2021. № 2. С. 9–13. DOI: 10.28983/asj.y2021i2pp9-13.
6. Гурмаза А. М. Реакция картофеля на температурные условия среды // Ботанический журнал. 1949. Т. 6. № 4. С. 24–26.
7. Дубенок Н. Н., Мушинский А. А., Васильев А. А., Герасимова Е. В. Технологии возделывания картофеля в степной и лесостепной зонах Южного Урала в условиях орошения // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 71–74.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Жевора С.В. Применение регуляторов роста и орошения на картофеле в регионах с неустойчивым увлажнением // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. №4. С. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373.
10. Лукина Ф. А., Васильева Р. Д., Федоров А. Я. Биологизированные основы возделывания картофеля в Якутии // Инновационные механизмы решения проблем научного развития: сборник статей международной научно-практической конференции. В 3 ч. Уфа, 2017. Ч. 3. С. 17–20.
11. 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.
12. 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. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-5-640-648.
13. Икоева Л. П., Хаева О. Э. Эффективность применения органоминерального удобрения «Биоклад» на смешанном посеве овса с горохом в условиях лесостепной зоны РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2020. № 10 (201). С. 22–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-22-28.
14. Ионас Е. Л. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на динамику роста, накопление биомассы растений, фотосинтетическую деятельность и урожайность картофеля // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 84–90.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. Москва, 2019. 329 с.
16. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // В кн.: Физиология фотосинтеза. Москва: Наука, 1982. С. 7–33.
17. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18–22.
18. Семькин В. А., Засорина Э. В., Пигорев И. Я., Веретенников Е. С. Разработка комплекса «минеральные удобрения + биопрепараты + орошение» для повышения продуктивности картофеля в Центральном Черноземье // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 9. С. 3–10.
19. 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 // Научный журнал КубГАУ. 2019. № 152 (08). С. 117–128. DOI: 10.21515/1990-4665-152-013.
20. Уромова И. П., Султанова И. С., Дерюра И. С. Биопрепараты как фактор повышения урожайности и качества картофеля // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 117–121.
21. Li J., Cang Z., Jiao F., Bai X., Zhang D., Zha R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2017. Vol. 16. Iss. 1. Pp. 82–88. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.03.001.



22. Tang R., Niu S., Zhang G., Chen G., Haroon M., Yang Q., et al. Physiology and growth responses of potato cultivars to heat stress // *Botany*. 2018. No. 96. Pp. 897–912. DOI: 10.1139/CJB-2018-0125.

23. Zarzyńska K., Pietraszko M. Possibility to predict the yield of potatoes grown under two crop production systems on the basis of selected morphological and physiological plant indicators // *Plant Soil Environ*. 2017. Vol. 63. No. 4. Pp. 165–170. DOI: 10.17221/101/2017-PSE.

#### 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

## Influence of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” on photosynthetic activity of potatoes in the forest-steppe zone 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 Foothill Agriculture – branch of the 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](mailto:oksana_haeva@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the work is to study the influence of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” on the photosynthetic productivity of the potatoes of the Barna variety based on the results of field experiments in the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania. **Methods.** Studies on the tasks were carried out in 2018–2020. at the experimental site of the NCRIMFA branch of the VSC of RAS in the conditions of the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania according to generally accepted methods. The soil of the experimental plot is medium-power heavy loamy leached chernozem, lined with pebbles. **Results.** It is established, that biological products under identical soil and weather conditions assisted different progress of plants and approach of phases of vegetation. For all variants of the experiment, the number of stems increased by 0,3–0,7 pcs., the height of the stems of potato plants – by 3,8–4,9 cm in comparison with the control. An intense increase in the mass of tops occurred when using a tank mixture (growth regulator “Regoplant” (25 ml/ha) + microfertilizer “Ultramag Kombi” (0,75 l/ha)) – by 74 g/bush, or 15.5 % compared with the control variant. During the growing season, the sum of the photosynthetic potential (FP) was 1,070 thousand m<sup>2</sup> · days/ha in the control, and on average 1198–1406 thousand m<sup>2</sup> · days/ha in the experimental variants. The greatest accumulation of dry matter was noted when using a tank mixture – 917 g/m<sup>2</sup>. The maximum pure photosynthetic productivity was observed in experimental variant IV – 6,52 g/m<sup>2</sup> · day compared to the control option. **Scientific novelty.** For the first time in the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania the effect of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” on photosynthetic activity of potatoes was studied. **Practical significance.** The studies carried out make it possible to recommend in potato production the use of a tank mixture of an effective growth regulator “Regoplant” at a dose of 25 ml/ha and microfertilizer “Ultramag Kombi” at a dose of 0,75 l/ha, as an ecologically safe and low-cost agricultural method when processing vegetative plants, providing an increase in yield and quality of tubers.

**Keywords:** potatoes, biologics, growth regulator “Regoplant”, microfertilizer “Ultramag Kombi”, photosynthesis, leaf area, vegetative period, pure photosynthesis productivity, photosynthetic potential.

**For citation:** Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Vliyanie regulatora rosta “Regoplant” i mikroudobreniya “Ultramag Kombi” na fotosinteticheskuyu deyatel’nost’ kartofelya v lesostepnoy zone RSO-Alaniya [Influence of the growth regulator “Regoplant” and microfertilizer “Ultramag Kombi” on photosynthetic activity of potatoes in the forest-

steppe zone Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 07 (210). Pp. 55–65. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-55-65. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 10.03.2021, **date of review:** 10.06.2021, **date of acceptance:** 21.06.2021.

### References

- Balandin B. N. Fotosinteticheskaya aktivnost', urozhaynost' i kachestvo klubney kartofelya v zavisimosti ot ploshchadi pitaniya rasteniy [Photosynthetic activity, yield and quality of potato tubers depending on plant nutrition area] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 1 (107). Pp. 4–5. (In Russian.)
- Butov A. V., Adon'ev S. O. Regulyatory rosta na kartofeli [Growth regulators of potato] // Potato and vegetables. 2015. No. 5. Pp. 21–22. (In Russian.)
- Vecher A. S., Goncharik M. N. Fiziologiya i biokhimiya kartofelya [Physiology and biochemistry of potatoes]. Minsk, 1973. 264 p. (In Russian.)
- Vasil'ev A. A., Gorbunov A. K. Produktivnost' i fotosinteticheskaya deyatel'nost' kartofelya v zavisimosti ot sroka i glubiny posadki [Productivity and photosynthetic activity of potatoes depending on the duration and of planting] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 04 (195). Pp. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-195-4-2-10. (In Russian.)
- Vasil'ev A. A., Gorbunov A. K. Vliyanie zagushcheniya i srokov posadki na produktivnost' i kachestvo kartofelya [Influence of thickness and time on potato productivity and quality] // Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 2. Pp. 9–13. DOI: 10.28983/asj.y2021i2pp9-13. (In Russian.)
- Gurmaza A. M. Reaktsiya kartofelya na temperaturnye usloviya sredy [Reaction of a potato to temperature conditions of environment] // Botanicheskiy Zhurnal. 1949. T. 6. No. 4. Pp. 24–26. (In Russian.)
- Dubenok N. N., Mushinskiy A. A., Vasil'ev A. A., Gerasimova E. V. Tekhnologii vozdeleyvaniya kartofelya v stepnoy i lesostepnoy zonakh Yuzhnogo Urala v usloviyakh orosheniya [Technologies of cultivation of a potato in steppe and forest-steppe zones of Southern Urals Mountains in conditions of an irrigation] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2016. T. 30. No. 7. Pp. 71–74. (In Russian.)
- Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of the field experiment]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)
- Zhevara S. V. Primenenie regulyatorov rosta i orosheniya na kartofele v regionakh s neustoychivym uvlazhneniem [Effect of growth regulators and irrigation on potato yield in unstable moistening regions] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. T. 14. No. 4. Pp. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373.
- Lukina F. A., Vasil'eva R. D., Fedorov A. Ya. Biologizirovannye osnovy vozdeleyvaniya kartofelya v Yakutii [Biologically based potato cultivation in Yakutia] // Innovatsionnye mekhanizmy resheniya problem nauchnogo razvitiya: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3 ch. Ufa, 2017. Ch. 3. Pp. 17–20. (In Russian.)
- 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] // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2020. T. 57. No. 2. Pp. 9–14. (In Russian.)
- Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Deystvie mikroudobreniya "Agro Master" na urozhaynost' i kachestvo klubney kartofelya [The effect of the Agro-Master microfertilizer on the yield and quality of potato tubers] // Scientific life. 2020. T. 15. No. 5 (105). Pp. 640–648. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-5-640-648. (In Russian.)
- Ikoeva L. P., Khaeva O. E. Effektivnost' primeneniya organomineral'nogo udobreniya "Bioklad" na smeshanom poseve ovsa s gorokhom v usloviyakh lesostepnoy zony RSO-Alaniya [Efficiency of organomineral fertilizer "Bioklad" in mixed sowing of oats with peas in the conditions of the forest-steppe zone Republic of North Ossetia-Alania] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 10 (201). Pp. 22–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-22-28. (In Russian.)
- Ionas E. L. Vliyanie novykh form udobreniy i regulyatorov rosta na dinamiku rosta, nakoplenie biomassy rasteniy, fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i urozhaynost' kartofelya [The influence of new forms of fertilizers and growth regulators on the dynamics of growth, accumulation of plants biomass, photosynthetic activity and yield of potato] // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2018. No. 1. Pp. 84–90. (In Russian.)
- Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vypusk pervyy. Obshchaya chast' [Methodology for state variety testing of agricultural crops. First release. General part]. Moscow, 2019. 329 p. (In Russian.)
- Nichiporovich A. A. Fiziologiya fotosinteza i produktivnost' rasteniy [Physiology of photosynthesis and efficiency of plants] // In: Fiziologiya fotosinteza. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 7–33. (In Russian.)
- Sabirova T. P., Sabirov R. A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Influence of biologics on the productivity of crops] // Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga. 2018. No. 3 (43). Pp. 18–22. (In Russian.)

18. Semykin V. A., Zasorina E. V., Pigorev I. Ya., Veretennikov E. S. Razrabotka kompleksa “mineral’nye udobreniya + biopreparaty + oroshenie” dlya povysheniya produktivnosti kartofelya v Tsentral’nom Chernozem’e [Development of complex mineral fertilizers + biologicals + irrigation to increase potato productivity in the Central Black Earth] // Vestnik Kurskoy GSKhA. 2017. No. 9. Pp. 3–10. (In Russian.)
19. Tanakov N. T., Sakibaev K. Sh., Israilova G. S., Zhanturaeva B. T. Fotosinteticheskaya deyatel’nost’ rannego kartofelya v zavisimosti ot fona pitaniya i sposobov primeneniya stimulyatora rosta v usloviyakh yuga Kyrgyzstana [The impact of photosynthetic activity of early potato sowing in crop formation in the conditions of the south of Kyrgyzstan] // Scientific Journal of KubSAU. 2019. No. 152 (08). Pp. 117–128. DOI: 10.21515/1990-4665-152-013. (In Russian.)
20. Uromova I. P., Sultanova I. S., Deryura I. S. Biopreparaty kak faktor povysheniya urozhaynosti i kachestva kartofelya [Biological products as the factor of increase of productivity and quality of a potato] // Advances in current natural sciences. 2016. No. 12. Pp. 117–121. (In Russian.)
21. Li J., Cang Z., Jiao F., Bai X., Zhang D., Zha R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2017. Vol. 16. Iss. 1. Pp. 82–88. URL: 10.1016/j.jssas.2015.03.001.
22. Tang R., Niu S., Zhang G., Chen G., Haroon M., Yang Q., et al. Physiology and growth responses of potato cultivars to heat stress // Botany. 2018. No. 96. Pp. 897–912. DOI: 10.1139/CJB-2018-0125.
23. Zarzyńska K., Pietraszko M. Possibility to predict the yield of potatoes grown under two crop production systems on the basis of selected morphological and physiological plant indicators // Plant Soil Environ. 2017. Vol. 63. No. 4. Pp. 165–170. DOI: 10.17221/101/2017-PSE.

#### **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 Foothill Agriculture – branch of the 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