

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

---

## PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF PLANTS

УДК 581.1:635.21:631.6:547.56  
doi:10.21685/2307-9150-2021-3-1

### Действие регуляторов роста с антиоксидантными свойствами на биохимические показатели клубней растения картофеля

И. Г. Кириллова<sup>1</sup>, И. Ю. Макеева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия

<sup>1</sup>kirillovairinai@gmail.com, <sup>2</sup>makeevainna@inbox.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* В последнее время значительное внимание уделяется изучению механизма действия синтетических и природных регуляторов роста на элементы продукционного процесса растений. Одним из возможных путей регуляции физиологических процессов является применение физиологически активных соединений, обладающих антиоксидантной активностью. Целью настоящего исследования было изучение действия синтетических регуляторов роста – антиоксиданта амбиола и «Энергии-М», а также природного антиоксиданта – кофейной кислоты на биохимические показатели клубней растения картофеля. *Материалы и методы.* В качестве объекта исследования использованы растения картофеля сорта Жуковский ранний селекции ВНИИ КХ (Коренёво, Россия) и сорта Вега (Norika, Германия). Растения выращивали в почвенной культуре в условиях вегетационного домика. Обработку синтетическими регуляторами проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах амбиола – 60 мг/л, «Энергия-М» – 100 мг/л в течение 2 ч. Обработку растений 0,1 мМ раствором кофейной кислоты проводили путем опрыскивания через 15 сут после появления всходов. Контрольные растения обрабатывали водой. Концентрацию сахарозы определяли биохимическим методом с использованием резорцинового реактива, содержание крахмала – по методу Эверса, содержание белка – по методу Кьельдаля, содержание зольных элементов и клетчатки – по методике Ермакова, определение аскорбиновой кислоты – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. *Результаты.* Обработка регуляторами роста повысила содержание крахмала в клубнях растений: под действием амбиола и «Энергии-М» на 10 % (сорт Вега), под действием кофейной кислоты – на 12 % (сорт Жуковский ранний) по сравнению с контролем. Одновременно показано увеличение концентрации сахарозы в клубнях под влиянием изучаемых антиоксидантов у обоих сортов картофеля. Большой эффект проявил регулятор роста «Энергия-М», увеличение составило почти 30 % (на примере сорта картофеля Вега) против контроля. Напротив, содержание другого полисахарида – целлюлозы – под действием кремнеауксина «Энергия-М» снизилось на 18 % у картофеля сорта Вега. Антиоксидант амбиол и «Энергия-М» увеличили содержание белка в клубнях картофеля сорта Вега на 44 и 15 % соответственно. Вышеуказанные синтетические регуляторы роста значительно повысили также содержание зольных элементов в клубнях: амбиол – на 57 %,

Энергия-М – на 50 % против контроля. Обработка растений природным антиоксидантом кофейной кислотой способствовала значительному накоплению аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля сорта Жуковский ранний. Увеличение составило приблизительно в 2 раза по сравнению с контролем. *Выводы.* Таким образом, проведенное исследование по действию регуляторов роста с антиоксидантными свойствами амбиола, «Энергии-М» и кофейной кислоты на растения картофеля позволили выявить их эффективность в отношении качественных показателей клубней. Отмечена интенсификация полимеризации, что сказалось на увеличении содержания крахмала (на примере обоих изученных сортов) и белка (сорт Вега). Вероятно, это увеличение связано с действием индолилуксусной кислоты в клубнях. Увеличение зольности клубней сорта Вега, возможно, обусловлено усилением активного транспорта ионов через мембрану клеток запасающей ткани клубня за счет активизации транспортных АТФ-аз под действием ауксинов. Анализ полученных результатов по действию регуляторов роста с антиоксидантными свойствами позволяет рекомендовать вышеуказанные физиологически активные соединения (амбиол, «Энергия-М» и кофейная кислота) практикам картофелеводства с целью улучшения качественного состава клубней.

**Ключевые слова:** регуляторы роста, антиоксиданты, амбиол, Энергия-М, кофейная кислота, качественный состав клубней, картофель

**Для цитирования:** Кириллова И. Г., Макеева И. Ю. Действие регуляторов роста с антиоксидантными свойствами на биохимические показатели клубней растения картофеля // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2021. № 3. С. 3–12. doi:10.21685/2307-9150-2021-3-1

## The effect of growth regulators with antioxidant properties on the biochemical parameters of potato plant tubers

I.G. Kirillova<sup>1</sup>, I.Yu. Makeeva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

<sup>1</sup>kirillovairinai@gmail.com, <sup>2</sup>makeevainna@inbox.ru

**Abstract.** *Background.* Recently, considerable attention has been paid to the study of the mechanism of synthetic and natural growth regulators' action on the elements of the plant production process. One of the possible ways to regulate physiological processes is the use of physiologically active compounds with antioxidant activity. The purpose of this research is to study the effect of synthetic growth regulators – the antioxidant ambiol and Energia-M, as well as the natural antioxidant – caffeic acid on the biochemical parameters of potato plant tubers. *Materials and methods.* Potato plants of the Zhukovsky Early variety selected by All-Russian Research Institute of Potato Farming (Korenevo, Russia) and the Vega variety (Norika, Germany) were used as the object of research. The plants were grown in a soil culture in the conditions of a growing house. Treatment with synthetic regulators was carried out by soaking the planting tubers in aqueous solutions of ambiol – 60 mg/l, “Energy-M” – 100 mg/l for 2 hours. Treatment of plants with 0.1 mM solution of caffeic acid was carried out by spraying 15 days after the emergence of seedlings. Control plants were treated with water. The concentration of sucrose was determined by the biochemical method using resorcinol reagent, the starch content – by the Evers method, the protein content – by the Kjeldahl method, the content of ash elements and fiber – by the Ermakov method, the determination of ascorbic acid – by the HPLC method. *Results.* Treatment with growth regulators increased the starch content in plant tubers: under the action of ambiol and Energia-M by 10 % (Vega variety), under the action of caffeic acid – by 12 % (Zhukovsky early variety) compared to the control. At the same time, an increase in the concentration of sucrose in tubers under the influence of the studied antioxidants was

shown in both potato varieties. A greater effect was shown by the growth regulator “Energia-M”, an increase of almost 30 % (for example, the Vega potato variety) against the control. On the contrary, the content of another polysaccharide – cellulose under the action of siliceauxin “Energia-M” decreased by 18 % in Vega potatoes. The antioxidant ambiol and Energia-M increased the protein content in the tubers of the Vega potato variety by 44 and 15 %, respectively. The above-mentioned synthetic growth regulators also significantly increased the content of ash elements in tubers: ambiol – by 57 %, Energia-M – by 50 % against the control. Treatment of plants with the natural antioxidant caffeic acid contributed to a significant accumulation of ascorbic acid in potato tubers of the Zhukovsky early variety. The increase was approximately 2 times compared to the control. *Conclusions.* Thus, the study on the effect of growth regulators with antioxidant properties of ambiol, “Energia-M” and caffeic acid on potato plants revealed their effectiveness in relation to the quality indicators of tubers. An intensification of polymerization was noted, which resulted in an increase in the starch content (on the example of both studied varieties) and the protein content (Vega variety). This increase is probably due to the action of IAA in tubers. The increase in the ash content of Vega tubers is probably due to the increased active transport of ions through the cell membrane of the storage tissue of the tuber due to the activation of transport ATPase under the action of auxins. The analysis of the obtained results on the action of growth regulators with antioxidant properties allows us to recommend the above physiologically active compounds (ambiol, “Energia-M” and caffeic acid) to potato growing practitioners in order to improve the quality of the tuber composition.

**Keywords:** growth regulators, antioxidants, ambiol, “Energia-M”, caffeic acid, qualitative composition of tubers, potatoes

**For citation:** Kirillova I.G., Makeeva I.Yu. The effect of growth regulators with antioxidant properties on the biochemical parameters of potato plant tubers. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = *University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2021;(3):3–12. (In Russ.). doi:10.21685/2307-9150-2021-3-1

## Введение

Одним из возможных механизмов регуляции продукционного процесса растений является применение регуляторов роста, которые, как известно, позволяют наиболее полно использовать потенциальные возможности роста растений в нужном направлении, а также повышать устойчивость растений к действию стрессовых факторов [1–2]. К синтетическим регуляторам роста с антиоксидантными свойствами относятся амбиол (производное пуриновых оснований) и «Энергия-М» (кремнеауксин, где кремний находится в биологически активной форме). В литературе имеются сведения, что регулятор роста амбиол положительно влияет на рост и продуктивность картофеля [1]. В отношении кремнийорганического регулятора роста «Энергия-М» в литературе есть указания, что обработка данным регулятором роста растений увеличивает содержание крахмала, клейковины в зерновках, повышает активность антиокислительных ферментов и, как следствие, продуктивность растений [3–6]. Показано также, что соединение фенольной природы – кофейная кислота, относящаяся к гидроксикоричным кислотам, обладает антиоксидантными функциями [7]. В литературе отмечается стимулирование фотохимической активности хлоропластов и чистой продуктивности фотосинтеза растений картофеля под действием кофейной кислоты, повышение вододерживающей способности листьев и интенсивности транспирации, уменьшение содержания продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) у растений, обогащенных кофейной кислотой, в стрессовых условиях [8–9]. Однако

данных по влиянию кофейной кислоты на физиолого-биохимические показатели, в частности картофеля, все еще недостаточно.

В связи с вышесказанным целью данной работы являлось изучение действия биологически активных органических соединений (амбиола, «Энергии-М» и кофейной кислоты) на качественный состав клубней картофеля. В задачи исследования входило изучение влияния данных регуляторов на содержание крахмала, сахарозы, белка, клетчатки, зольных элементов и аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля.

### Материалы и методы

Объектом исследования были растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Жуковский ранний селекции ВНИИ КХ (Коренёво, Россия) и сорта Вега (Norika, Германия). Растения выращивали в почвенной культуре на серой лесной среднесуглинистой почве в условиях типового вегетационного домика площадью 180 м<sup>2</sup> на агробиостанции Орловского госуниверситета. В сосуде с 10 кг почвы выращивали одно растение и поддерживали влажность почвы на уровне 60 % от полной влагоемкости. В период закладки опытов в почву вносили оптимальное количество азота, фосфора и калия 230, 70, 310 мг элемента на 1 кг почвы соответственно.

Обработку синтетическими регуляторами проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах амбиола – 60 мг/л, «Энергия-М» – 100 мг/л в течение 2 ч. Контрольные клубни замачивали в воде. Обработку растений 0,1 мМ раствором кофейной кислоты («Sigma», США) проводили путем опрыскивания растений через 15 сут после появления всходов. Контрольные растения опрыскивали водой.

Концентрацию сахарозы определяли биохимическим методом с использованием резорцинового реактива [10]. Содержание крахмала определяли по методу Эверса, содержание белка – по методу Кьельдаля [11], содержание зольных элементов и клетчатки – по методике Ермакова [12]. Определение аскорбиновой кислоты проводили методом ВЭЖХ с использованием хроматографа «Милихром А-02».

Исследование клубней проводили через неделю после снятия почвенной культуры. Клубни хранились при температуре 3–4 °С в контейнерах.

На рисунках представлены средние арифметические из пяти биологических повторностей и их стандартные ошибки. Достоверность результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0,95 [13].

### Результаты и обсуждение

Как показали исследования, обработка регуляторами роста положительно сказалась на содержании крахмала в клубнях растений. Так, содержание этого углевода в изучаемом сорте Вега под действием амбиола и «Энергии-М» возросло на 10 %, под действием кофейной кислоты – на 12 % у растений картофеля сорта Жуковский ранний по сравнению с контролем (рис. 1). Вероятно, увеличение содержания крахмала под действием изучаемых регуляторов роста связано с действием фитогормона – индолилуксусной кислоты (ИУК). Ранее нами показано, что антиоксиданты амбиол и кофейная кислота способствовали увеличению содержания данного фитогормона в органах картофеля [7, 14].

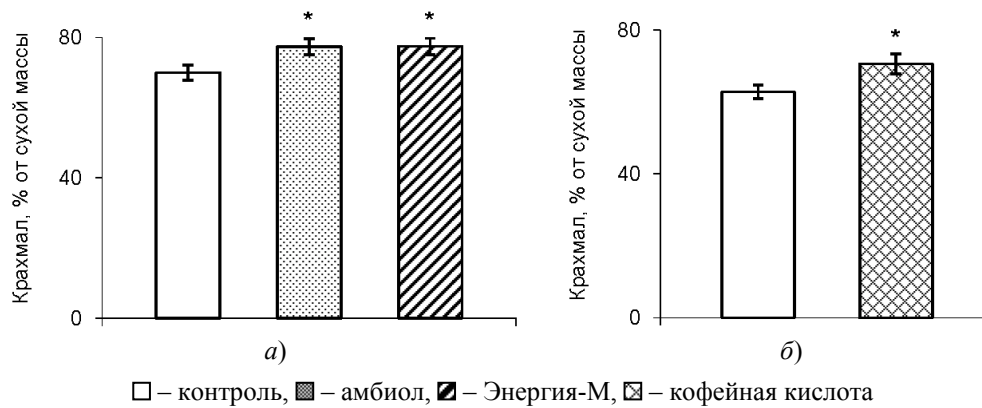


Рис. 1. Действие регуляторов роста на содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Вега (а) и сорта Жуковский ранний (б)

**Примечание.** \* – достоверные отличия от контроля при 95 % уровне значимости.

В литературе имеются данные, что ИУК стимулирует перевод осмотически активных соединений в полимерные, что может способствовать усилению направленного транспорта ассимилятов в запасующие органы – клубни [15]. Что касается влияния кремнеауксина «Энергия-М», то экзогенный ауксин, входящий в состав данного регулятора роста, также может оказывать аналогичный эффект.

Определение содержания сахарозы – основной транспортной формы ассимилятов – показало увеличение ее концентрации под влиянием изучаемых антиоксидантов (рис. 2). Положительный эффект отмечен у всех изученных сортов картофеля, при этом более эффективным оказался регулятор роста «Энергия-М», увеличение содержания сахарозы в данном варианте составило почти 30 %. Возрастание содержания сахарозы, вероятно, связано с действием гормонов-ауксинов, которые, как известно, обладают аттрагирующим действием.

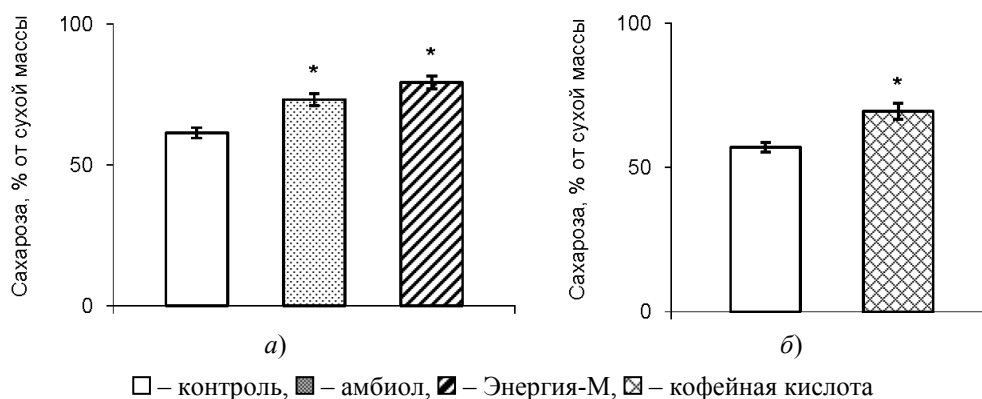


Рис. 2. Влияние регуляторов роста на содержание сахарозы в клубнях картофеля сорта Вега (а) и сорта Жуковский ранний (б)

**Примечание.** \* – достоверные отличия от контроля при 95 % уровне значимости.

Определение содержания сырой клетчатки в клубнях показало несколько иную картину. Не выявлено положительного эффекта амбиола в отношении содержания целлюлозы в клубнях. Вместе с тем отмечено снижение количества данного полисахарида на 18 % при действии регулятора роста «Энергия-М» (табл. 1). По литературным данным [17], в картофеле содержится от 0,52 до 1,77 % клетчатки по сырой массе. Известно, что чем выше содержание клетчатки, тем более утолщены клеточные стенки клеток запасющей ткани клубней картофеля, что может затруднять их дальнейшую переработку с целью получения крахмала.

Таблица 1

Действие синтетических регуляторов роста на качественные показатели клубней растения (сорт Вега), % от сухой массы

| Вариант     | Клетчатка       | Зольные элементы | Белок           |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Контроль    | $8,4 \pm 0,5$   | $2,8 \pm 0,1$    | $2,7 \pm 0,1$   |
| Амбиол      | $7,4 \pm 0,4$   | $4,4 \pm 0,2^*$  | $3,9 \pm 0,2^*$ |
| «Энергия-М» | $6,9 \pm 0,3^*$ | $4,2 \pm 0,2^*$  | $3,1 \pm 0,1^*$ |

**Примечание.** \* – достоверные отличия от контроля при 95 % уровне значимости.

Изучаемые синтетические регуляторы роста значительно повысили содержание зольных элементов в клубнях приблизительно в равной степени: амбиол – на 57 %, «Энергия-М» – на 50 % против контроля (табл. 1). Наши данные в отношении кремнеауксина согласуются с другими исследованиями [5]. Повышение зольности клубней может быть следствием более активного транспорта ионов через мембраны клеток клубней под действием ИУК. Как известно, ИУК активизирует работу АТФ-аз.

Вместе с тем ценность картофеля определяется не только наличием в клубнях углеводов, но и содержанием азотистых веществ, главным образом, белков. Содержание белка в клубнях – это важный качественный показатель, поскольку среди всех растительных белков именно белки картофеля являются наиболее ценными, что определяется наличием незаменимых аминокислот. По нашим данным, амбиол и «Энергия-М» увеличили содержание белка в клубнях картофеля на 44 и 15 % против контроля соответственно (табл. 1). В литературе имеются сведения, что кремний влияет на азотный обмен растений. В частности, способствует усвоению азота из почвы, повышает активность фермента нитратредуктазы, что может способствовать биосинтезу аминокислот и, как следствие, биосинтезу белка [16].

Наряду с вышеуказанными биохимическими показателями важным качественным показателем клубней картофеля является содержание аскорбиновой кислоты, которая является природным антиоксидантом. Результаты наших исследований показали, что обработка растений антиоксидантом кофейной кислотой значительно (в 2 раза) повысила концентрацию аскорбиновой кислоты по сравнению с контролем (рис. 3). Механизм влияния кофейной кислоты на содержание аскорбата пока остается не выясненным и требует дальнейшего изучения.

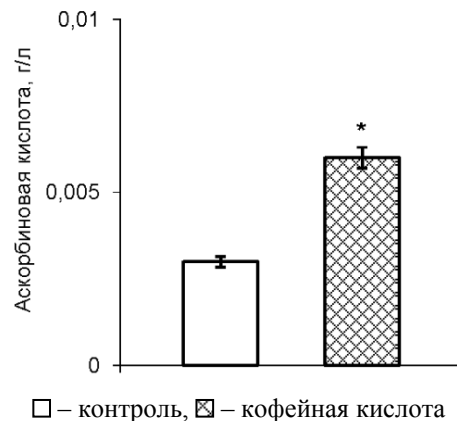


Рис. 3. Влияние кофейной кислоты на содержание аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля сорта Жуковский ранний

**Примечание.** \* – достоверные отличия от контроля при 95 % уровне значимости.

Проведенное исследование по действию регуляторов роста с антиоксидантными свойствами амбиола, «Энергии-М» и кофейной кислоты на растения картофеля позволило выявить их эффективность в отношении качественных показателей клубней, а именно: изучаемые регуляторы увеличили содержание крахмала как наиболее ценного полисахарида, что связано с усиленной полимеризацией и интенсификацией транспорта ассимилятов в клубни. Подтверждением этого является увеличение концентрации сахарозы в клубнях под действием всех изученных антиоксидантов. Показано положительное влияние амбиола и кремнеауксина на содержание белка и зольность клубней картофеля сорта Вега. Не отмечено существенного эффекта данных регуляторов в отношении содержания целлюлозы в клубнях. Кофейная кислота способствовала накоплению витамина С в клубнях картофеля сорта Жуковский ранний.

Таким образом, анализ полученных результатов по действию физиологически активных веществ с антиоксидантными свойствами позволяет рекомендовать данные соединения (амбиол, «Энергия-М» и кофейная кислота) практикам картофелеводства с целью улучшения качественного состава клубней.

### Список литературы

1. Ладыженская Э. П., Платонова Т. А., Евсюнина А. С., Кораблева Н. П. Изменение ростовых процессов в клубнях картофеля (*Solanum tuberosum* L.) под действием природных и синтетических регуляторов роста // Агрохимия. 2009. № 9. С. 32–37.
2. Шаповал О. А., Можарова И. П. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 9–14.
3. Самсонова Н. Е., Капустина М. В., Зайцева З. Ф. Влияние соединений кремния и минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур и содержание в них антиоксидантных ферментов // Агрохимия. 2013. № 10. С. 66–74.
4. Самсонова Н. Е., Зайцева З. Ф., Капустина М. В., Антонова Н. А. Влияние соединений кремния и сложного NPK-удобрения на водный режим листьев и урожайность яровой пшеницы // Агрохимия. 2014. № 9. С. 58–66.

5. Козлов А. В., Уромова И. П., Куликова А. Х. Влияние кремнийсодержащих стимуляторов роста на биологическую продуктивность и показатели качества озимой пшеницы и картофеля // Вестник Мининского университета. 2016. Вып. 1. С. 31–42.
6. Кириллова И. Г. Действие кремнийорганического регулятора роста Энергия-М на элементы антиоксидантной системы картофеля // Экобиотех. 2019. Т. 2, № 3. С. 260–264.
7. Пузина Т. И., Макеева И. Ю. Участие кофейной кислоты в регуляции продукционного процесса картофеля *Solanum tuberosum* // Агрохимия. 2015. № 6. С. 63–68.
8. Макеева И. Ю., Пузина Т. И. Участие кофейной кислоты в регуляции физиологических процессов растений картофеля в условиях гипотермии // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 60–65.
9. Макеева И. Ю. Действие кофейной кислоты на показатели водообмена у *Solanum tuberosum* // Повышение эффективности сельскохозяйственной науки в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Орел : ВНИИЗБК, 2015. С. 92–95.
10. Туркина М. В., Соколова С. В. Изучение мембранного транспорта сахарозы в растительной ткани // Физиология растений. 1972. Т. 19, № 5. С. 9–12.
11. Практикум по агрохимии : учеб. пособие / под ред. В. Г. Минеева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : МГУ, 2001. 689 с.
12. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. Л. : Агропромиздат, 1987. 430 с.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 113 с.
14. Кириллова И. Г., Евсюнина А. С., Пузина Т. И., Кораблева Н. П. Влияние амбиола и 2-хлорэтилфосфоновой кислоты на содержание фитогормонов в листьях и клубнях картофеля // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39, № 2. С. 237–241.
15. Роньжина Е. С., Мокроносов А. Т. Донорно-акцепторные отношения и участие цитокининов в регуляции транспорта и распределения органических веществ в растениях // Физиология растений. 1994. Т. 41, № 3. С. 448–459.
16. Козлов А. В., Уромова И. П., Фролов Е. А., Мозолева К. Ю. Физиологическое значение кремния в онтогенезе культурных растений и при их защите от фитопатогенов // Международный студенческий научный вестник. Биологические науки. 2015. № 1. С. 39.
17. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М. : Колос, 1980. 495 с.

### References

1. Ladyzhenskaya E.P., Platonova T.A., Evsyunina A.S., Korableva N.P. Change in growth processes in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) under the impact of natural and synthetic growth regulators. *Agrokhimiya = Agrochemistry*. 2009;(9):32–37. (In Russ.)
2. Shapoval O.A., Mozharova I.P. Plant growth regulators in agriculture. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*. 2019;(4):9–14. (In Russ.)
3. Samsonova N.E., Kapustina M.V., Zaytseva Z.F. Impact of silicon compounds and mineral fertilizers on the yield of spring grain crops and the content of antioxidant enzymes in them. *Agrokhimiya = Agrochemistry*. 2013;(10):66–74. (In Russ.)
4. Samsonova N.E., Zaytseva Z.F., Kapustina M.V., Antonova N.A. Influence of silicon compounds and complex NPK fertilization on the water regime of leaves and the yield of spring wheat. *Agrokhimiya = Agrochemistry*. 2014;(9):58–66. (In Russ.)
5. Kozlov A.V., Uromova I.P., Kulikova A.Kh. Influence of silicon-containing growth stimulants on biological productivity and quality indicators of winter wheat and potatoes. *Vestnik Mininskogo universiteta = Bulletin of Minin University*. 2016;(1):31–42. (In Russ.)
6. Kirillova I.G. The action of the organosilicon growth regulator Energiya-M on the elements of the antioxidant system of potatoes. *Ekobiotech. = Ecobiotech*. 2019;2(3): 260–264. (In Russ.)

7. Puzina T.I., Makeeva I.Yu. The participation of caffeic acid in the regulation of the production process of potatoes *Solanum tuberosum*. *Agrokimiya = Agrochemistry*. 2015; (6):63–68. (In Russ.)
8. Makeeva I.Yu., Puzina T.I. Participation of caffeic acid in the regulation of physiological processes in potato plants under hypothermia. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin Orel State Agrarian University*. 2017;(2):60–65. (In Russ.)
9. Makeeva I.Yu. Effect of caffeic acid on water exchange rates in *Solanum tuberosum*. *Povyshenie effektivnosti sel'skokhozyaystvennoy nauki v sovremennykh usloviyakh: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov = Improving the efficiency of agricultural science in modern conditions: proceedings of an International scientific and practical conference of young scientists and specialist*. Orel: VNIIZBK, 2015:92–95. (In Russ.)
10. Turkina M.V., Sokolova S.V. Study of membrane transport of sucrose in plant tissue. *Fiziologiya rasteniy = Plant physiology*. 1972;19(5):9–12. (In Russ.)
11. Mineev V.G. (ed.). *Praktikum po agrokimii: ucheb. posobie = Workshop on agrochemistry: textbook*. 2nd ed., rev. and suppl. Moscow: MGU, 2001:689. (In Russ.)
12. Ermakov A.I. *Metody biokhimitskogo issledovaniya rasteniy = Biochemical research methods of plants*. Leningrad: Agropromizdat, 1987:430. (In Russ.)
13. Lakin G.F. *Biometriya = Biometrics*. Moscow: Vyssh. shk., 1990:113. (In Russ.)
14. Kirillova I.G., Evsyunina A.S., Puzina T.I., Korableva N.P. The effect of ambion and 2-chloroethylphosphonic acid on the content of phytohormones in the leaves and tubers of potatoes. *Prikladnaya biokimiya i mikrobiologiya = Applied biochemistry and microbiology*. 2003;39(2):237–241. (In Russ.)
15. Ron'zhina E.S., Mokronosov A.T. Donor-acceptor relations and participation of cytokinins in the regulation of transport and distribution of organic substances in plants. *Fiziologiya rasteniy = Plant physiology*. 1994;41(3):448–459. (In Russ.)
16. Kozlov A.V., Uromova I.P., Frolov E.A., Mozoleva K.Yu. Physiological significance of silicon in ontogeny of cultivated plants and in their protection from phytopathogens. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik. Biologicheskie nauki = International student scientific bulletin. Biological sciences*. 2015;(1):39.
17. Pleshkov B.P. *Biokimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy = Biochemistry of agricultural plants*. Moscow: Kolos, 1980:495. (In Russ.)

#### Информация об авторах / Information about the authors

##### **Ирина Григорьевна Кириллова**

кандидат биологических наук, доцент,  
доцент кафедры ботаники, физиологии  
и биохимии растений, Орловский  
государственный университет  
имени И. С. Тургенева (Россия,  
г. Орел, ул. Комсомольская, 95)

E-mail: kirillovairinai@gmail.com

##### **Irina G. Kirillova**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, associate professor  
of the sub-department of botany, plant  
physiology and biochemistry, Orel State  
University named after I.S. Turgenev  
(95 Komsomolskaya street, Orel, Russia)

##### **Инна Юрьевна Макеева**

кандидат биологических наук, доцент  
кафедры ботаники, физиологии  
и биохимии растений, Орловский  
государственный университет  
имени И. С. Тургенева (Россия,  
г. Орел, ул. Комсомольская, 95)

E-mail: makeevainna@inbox.ru

##### **Inna Yu. Makeeva**

Candidate of biological sciences, associate  
professor of the sub-department of botany,  
plant physiology and biochemistry, Orel  
State University named after I.S. Turgenev  
(95 Komsomolskaya street, Orel, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию / Received 02.04.2021**

**Поступила после рецензирования и доработки / Revised 10.06.2021**

**Принята к публикации / Accepted 28.06.2021**