МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»
ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И БИОТЕХНОЛОГИИ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ПРИКЛАДНОЙ БИОЛОГИИ

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ: СОСТОЯНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Материалы
Международной научно-практической конференции
(г. Орёл, 28-30 ноября 2023 г.)

Орёл
ОГУ им. И.С. Тургенева
2024

УДК [502+57+631]
ББК [28+49+20.18]
П77

П77 Природные ресурсы : состояние и рациональное использование : материалы Междунар. науч. – прак. конф. (г. Орёл, 28-30 ноября 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ОГУ имени И.С. Тургенева ; редкол. : И.Э. Федотова [и др.]. – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2024. – 278 с. : ил. – 500 экз. – ISBN 978-5-9929-0000-0. – Текст : непосредственный.

Представлены материалы Международной научно-практической конференции «Природные ресурсы: состояние и рациональное использование», которая состоялась на базе Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева. Тематика сборника охватывает широкий спектр проблем современной науки, включает в себя научно-исследовательские работы, выполненные преподавателями, аспирантами, студентами, магистрантамими, школьниками.

Предназначены научным работникам, занимающимися исследованиями *в области естественных и сельскохозяйственных наук*. Могут быть полезны преподавателям, аспирантам, студентам, магистрантам, школьникам, ведущим научно-исследовательской деятельностью в сфере рационального использования земельных ресурсов, почвоведения, геологии, географии, экологии, биологии, педагогики и др.

УДК [502+57+631]
ББК [28+49+20.18]

ISBN 978-5-9929-0000- 0

Природные ресурсы: состояние и рациональное использование / материалы Международной научно-практической конференции (28-30 ноября 2023 г., г. Орёл). 2024. С. 78-84.
Natural resources: state and rational use / materials of the International Scientific and Practical Conference (November 28-30, 2023, Orel). 2024. P.78-84.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ: ФЛОРА И ФАУНА

Научная статья
УДК 581.1

Влияние антиоксиданта кофейной кислоты на ростовые реакции растенний картофеля и формирование феллемы и клубней в зависимости от структурного состояния тубулинового цитоскелета

Мария Александровна Лежепёкова[1], Юлия Александровна Кузьменко[1], Тамара Ивановна Пузина[1]
[1]Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, Россия
Автор, ответственный за переписку: Тамара Ивановна Пузина, tipuzina@gmail.com

Аннотация. Исследовали ростовую активность побегов и толщину клубней растений картофеля, выращенных в почвенной культуре, под влиянием антиоксиданта кофейной кислоты (0.1 мМ) и деструктора тубулинового цитоскелета оризалина (15 мкМ), а также содержание АБК. Выяснено увеличение ростовой активности стебля и длины листа за счет роста черешка при неизменном количестве сегментов листовой пластинки под действием кофейной кислоты, а также толщины феллемы (пробки) клубня на фоне снижения содержания эндогенной АБК. Деструкция микротрубочек увеличивала количество АБК, но уменьшала ростовые показатели побега и толщину феллемы. В условиях фармакологического стресса кофейная кислота снимала отрицательное действие оризалина на ростовые показатели.

Ключевые слова: кофейная кислота, тубулиновый цитоскелет, оризалин, абсцизовая кислота, ростовые реакции

RATIONAL USE AND CONDITION OF BIOLOGICAL RESOURCES: FLORA AND FAUNA

Original article

The effect of the antioxidant caffeic acid on the growth reactions of potato plants and the formation of tuber phellema depending on the structural state of the tubulin cytoskeleton

Maria A. Lezhepekova[1], Yulia A. Kuzmenko[1], Tamara I. Puzina[1]
[1]Orel State University named I.S. Turgenev, Orel, Russia
Corresponding author: Tamara I. Puzina, tipuzina@gmail.com

Abstract. The growth activity of shoots and the thickness of tubers of potato plants grown in soil culture were studied under the influence of the antioxidant caffeic acid (0.1 microns) and the destructor of the tubulin cytoskeleton orizalin (15 microns), as well as the content of ABC. An increase in the growth activity of the stem and the length of the leaf due to the growth of the petiole with a constant number of leaf segments under the action of caffeic acid, as well as the thickness of the fellema (cork) of the tuber against the background of a decrease in endogenous ABA. The destruction of microtubules increased the amount of ABC, but decreased the growth indicators of mileage and the thickness of the fellema. Under conditions of pharmacological stress, caffeic acid reduced the negative effect of orizalin on growth indicators.

Keywords: caffeic acid, tubulin cytoskeleton, orizalin, abscisic acid, growth reactions

Интенсификация производства растениеводческой продукции связана с изучением устойчивости агроэкосистем к неблагоприятным факторам окружающей среды [1]. В этой связи в настоящее время пристальное внимание уделяют исследованию физиолого-биохимической роли веществ с антиоксидантной активностью, которые утилизируют активные формы кислорода, образующиеся в большом количестве в стрессовых условиях.

Ранее нами было показано, что кофейная кислота, являясь вторичным метаболитом, относящаяся к фенилпропаноидам, в частности, гидроксикоричным кислотам, обладает антиоксидантными свойствами [2]. Такие же данные получены и зарубежными авторами. В качестве физиологического ответа действия антиоксидантов в основном рассматривается их влияние на работу антиоксидантных ферментов или реакции перекисного окисления липидов. Лишь в единичных работах исследуется физиологический механизм, а именно влияние на гормональный статус растения [3]. В настоящее время уделяют внимание фармакологическому стрессу, вызванному действием различных веществ, вызывающих изменение структуры или метаболизма в растительных клетках [4].

Целью работы было изучение влияния кофейной кислоты на ростовые реакции побегов и клубней картофеля в зависимости от целостности тубулинового цитоскелета. Одновременно для выяснения физиологического

механизма действия кофейной кислоты определяли содержание фитогормона абсцизовой кислоты.

Методика

В качестве объекта исследования были использованы растения картофеля сорта Жуковский ранний селекции ФНЦ картофеля имени А.Г. Лорха (Коренёво, Россия), выращенные в почвенной культуре в условиях вегетационного домика на агробиостанции Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева. В сосуде с 10 кг серой лесной среднесуглинистой почвы выращивали одно растение и поддерживали влажность 60% от полной влагоёмкости.

Анализировали наземные побеги (стебли, листья) в конце бутонизации и клубни в конце вегетации растений.

Варианты опыта включали: опрыскивание растений через 15 суток после появления всходов 0.1 мМ раствором кофейной кислоты («Sigma», США), 15 мкМ раствором оризалина («Serva», Германия) – деструктором тубулинового цитоскелета и совместным раствором оризалина и кофейной кислоты в указанных концентрациях. Контрольные растения опрыскивали водой.

Линейные показатели побега определяли с помощью линейки. Ростовую активность стебля и листьев (относительную скорость роста) рассчитывали по формуле: $R_{акт} = \frac{a_2 - a_1}{t \cdot a_1} \cdot 100\%$, где a_1 – величина ростового показателя при первом измерении, a_2 – при втором измерении, t – время в сутках.

Толщину феллемы (пробки) определяли на поперечных срезах клубней (в средней части), окрашенных суданом III, с помощью окулярного микрометра МОВ-1-15^{x} на микроскопе «Биомед» (Россия).

Экстракцию фитогормона абсцизовой кислоты (АБК) из листьев проводили 80% этанолом, который упаривали под вакуумом до водного остатка. После его подкисления АБК извлекали эфиром, затем экстракт высушивали досуха. Сухой остаток растворяли в этаноле и хроматографировали. Содержание АБК определяли методом биотестирования. В качестве биотеста использовали отрезки колеоптией пшеницы сорта Московская-59. Количество фитогормона рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по АБК («Sigma», США).

На рисунках представлены средние арифметические из четырех биологических повторностей и их стандартные ошибки. Аналитическая повторность 5-кратная. Достоверность результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента, считая достоверными различия при уровне достоверности вероятности выше 0.95 [5].

Результаты и обсуждения

Рост является интегральным показателем хода и направленности физиологических процессов в растении, поэтому изучение регуляции ростовых реакций имеет теоретическое и практическое значение.

Проведенное исследование показало, что кофейная кислота увеличила ростовую активность высоты стебля картофеля в 1.3 раза, тогда как оризалин –

деполимеризатор микротрубочек более чем в 3 раза уменьшил ее (рисунок 1а). По-видимому, это связано с повышением уровня абсцизовой кислоты – фитогормона с ингибиторным действием. Её содержание в данном варианте было выше контроля в 3 раза, тогда как кофейная кислота, напротив, снизила количество АБК в 1.4 раза (рисунок 1б). В условиях фармакологического стресса проявились антиоксидантные свойства кофейной кислоты, а именно, ростовая активность стебля возросла более чем в 2 раза против варианта с оризалином на фоне снижения содержания абсцизовой кислоты.

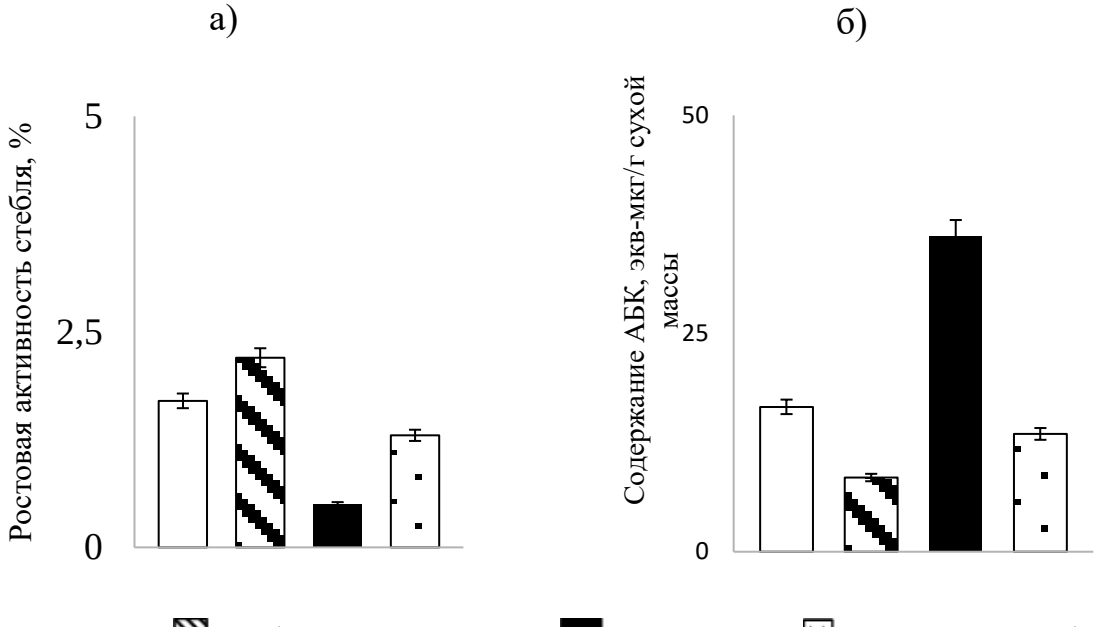

Рисунок 1 – Влияние кофейной кислоты и
оризалина на ростовую активность стебля (а) и содержание АБК (б)

Изучение ростовых показателей простого прерывчато-перистого листа картофеля (рисунок 2) показало, что кофейная кислота в 1.8 раза увеличила длину листа (черешок + листовая пластинка). Оризалин не изменил данный показатель, тогда как кофейная кислота в условиях деструкции микротрубочек достигла своего бесстрессового значения (рисунок 2а). Интересно отметить, что число сегментов в листовой пластинке не изменилось под действием кофейной кислоты и оризалина (рисунок 2б), тогда как ростовая активность черешка листа в варианте с кофейной кислотой была в 1.5 раза выше, а с оризалином уменьшилась в 2 раза (рисунок 2в). Полученные данные свидетельствуют о том, что число сегментов листе, по-видимому, запрограмировано в ДНК, а длина листа, изменяющаяся под влиянием изученного антиоксиданта и деструкции тубулинового цитоскелета, зависит от роста черешка.

Формирование феллемы (пробки), входящей во вторичную покровную ткань клубней – перидерму, имеет большое значение в процессе их хранения. Пропитываясь суберином, она защищает клубень от проникновения патогенов.

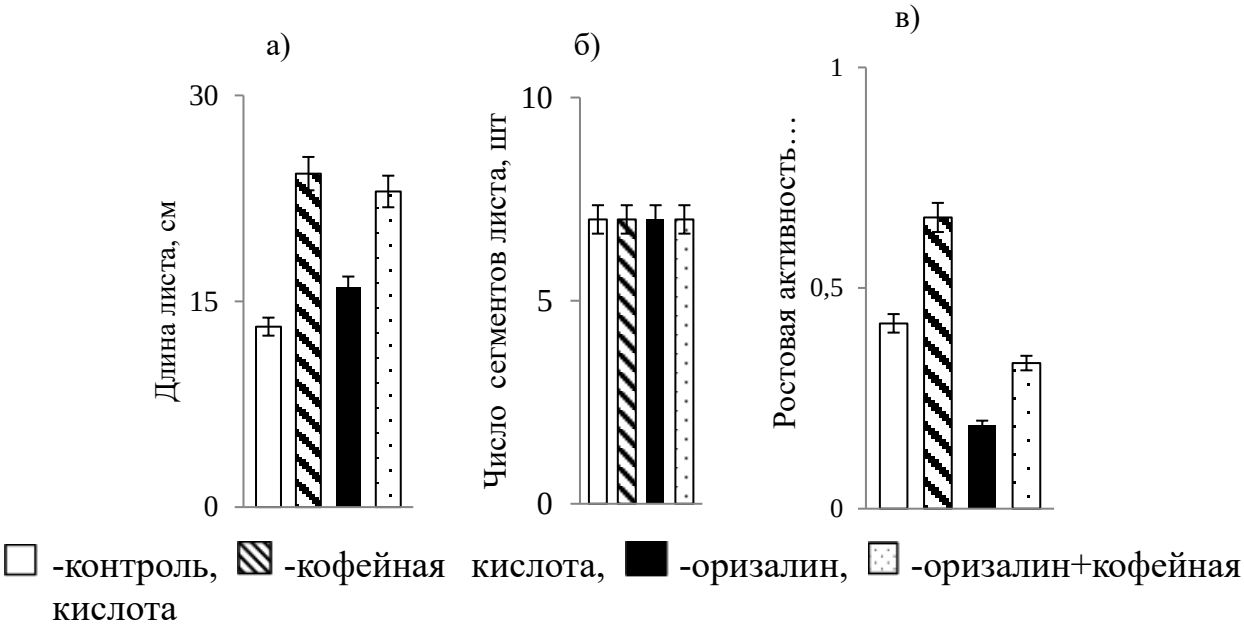

Рисунок 2 – Влияние кофейной кислоты на ростовые параметры листа. а) длина листа, б) число сегментов, в) ростовая активность черешка.

Полученные результаты в варианте с кофейной кислотой показали значительное увеличение толщины феллемы (в 1.6 раза против контроля) (рисунок 3), что может свидетельствовать об активизации работы феллогена – вторичной образовательной ткани перидермы, на фоне снижения содержания АБК в данном варианте (рисунок 1б). В литературе имеются сведения, что повышенное содержание кофейной и феруловой кислот снижает поражение клубней грибковыми заболеваниями [6]. Фармакологический стресс, вызванный оризалином, не снизил толщину феллемы. Однако, в этих условиях кофейная кислота способствовала формированию феллемы, её величина возросла в 1.4 раза против варианта с оризалином.

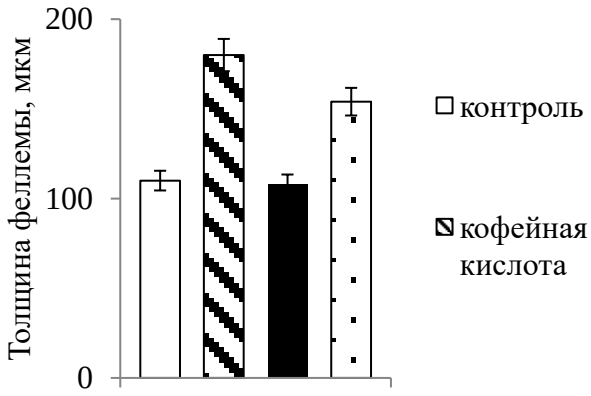

Рисунок 3 – Влияние кофейной кислоты на толщину феллемы в перидерме клубней

Таким образом, проведенное исследование показало, что на фоне снижения содержания АБК, кофейная кислота увеличивала ростовую

активность стебля и черешка листа растений картофеля. В большей степени данный эффект отмечен в условиях фармакологического стресса, вызванного деструктором тубулинового цитоскелета, что свидетельствует об антиоксидантных свойствах кофейной кислоты. Увеличение длины листа в варианте с кофейной кислотой как в оптимальных, так и в стрессовых условиях происходило за счёт роста черешка, а не листовой пластинки, так как число её сегментов не изменилось. Кофейная кислота способствовала утолщению феллемы (пробки) клубней. Деструктурирующий агент микротрубочек оризалин, на фоне повышения АБК, тормозил ростовую активность побега и формирование вторичной покровной ткани клубней.

Список источников

1. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрохимия. 2005 –№11. С. 76-86.
2. Пузина Т.И., Макеева И.Ю., Бычков И.А., Аникеева А.Э. Влияние кофейной кислоты на антиоксидантную активность растений *Solanum tuberosum //* Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2013. №3(53). С.178-180.
3. Серёгина И.И. Влияние Циркона на продуктивность пшеницы // Агрохимический вестник. 2007. №3. С. 18-19.
4. Хохлова Л.П., Олиневич О.В., Тараканова Н.Ю., Тимофеева О. А. Оризалин-индуцированные изменения водного статуса и цитоскелетные белки проростков озимой пшеницы при закаливании к холоду и действии АБК // Физиология растений. 2004.Т.51. №5. С. 759-772.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. - 113 с.
6. Кипрушкина Е.И., Колодязная В.С. Динамика содержания фенольных соединений при хранении клубней картофеля, обработанных биопрепаратами // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013.№1. С.19-24.

References

1. Prusakova L.D., Malevannaya N.N., Belopukhov S.L., Vakulenko V.V. Regulyatory’ rosta rastenyj s antistressovy’mi i immunoprotektorny’mi svojstvami // Agrohimia. 2005. №11. S. 76-86.
2. Puzina T.I., Makeeva I.Yu., Bychkov I.A., Anikeeva A.E. Vliyanie kofejnoj kisloty’ na antioksidantnyu aktivnost’ rastenyj *Solanum tuberosum //* Uheny’e zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: estestvenny’e, tehnicheskie i medicinskie nauki. 2013. №3(53). S.178-180.
3. Seregina I.I. Vliyanie Circona na productivnost’ pchenicy’ // Agrohimicheskij vestnik. 2007. №3. S. 18-19.

4. Khokhlova L.P., Olinevich O.V., Tarakanova N.Yu., Timofeeva O. A. Orizalin-inducy'rovanny'e izmeneniya vodnogo statusa i citoskeletny'e belki prorostkov ozimoj pchenicy' pri zakalivanii k kholodu i dejstvii ABK // Russian Journal of Plant Physiology. 2004 /T.51. №5. S. 759-772.

5. Lakin G.F. Biotriya. M.: Vy'shaya shkola, 1990. - 113 s.

6. Kiprushkina E.I., Kolodyaznaya V.S. Dinamika soderzhaniya fenol'ny'h soedinenij pri hranenii klublej kartofelya, obrabotanny'h biopreperatami // Nauchny'j zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy' i apparaty' pichchevy'h proizvodstv. 2013. №1. S.19-24.