

УДК 541.49:581.1

Т.И. Смирнова², Н.П. Лопина¹, Г.Е. Бордина¹, Е.Г. Некрасова¹

ВЛИЯНИЕ БОРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНДИАМИНДИАНТАРНОЙ КИСЛОТЫ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ *KALANCHOE PINNATA*

¹Кафедра химии ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинской университет Минздрава России,
²ФГБОУ ВО Тверская государственная сельскохозяйственная академия

В статье изложены результаты эксперимента, целью которого является выяснение характера воздействия борат-этилендиаминдисукцинатного комплекса (В-ЭДДЯК) на биохимический состав культивируемого лекарственного растения каланхоэ. Результаты эксперимента свидетельствуют, что обработка растений раствором В-ЭДДЯК изменяет уровень биохимических показателей и способствует увеличению биомассы, взаимосвязанной с площадью листовой поверхности каланхоэ.

Ключевые слова: боратный комплекс, растение каланхоэ, этилендиаминдиантарная кислота, пектиновые вещества, свободный лиганд.

INFLUENCE OF BORATE COMPLEX BASED ON ETHYLENEDIAMINDIANTARIC ACID ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF PLANTS *KALANCHOE PINNATA*

T.I. Smirnova², N.P. Lopina¹, G.E. Bordina¹, E.G. Nekrasova¹

¹Tver State Medical University,
²Tver State Agricultural Academy

The article presents the results of an experiment aimed to elucidation the nature of the effect of the borate-ethylene diamindisuccinate complex (B-EDDYAK) on the biochemical composition of the cultivated medicinal plant *Kalanchoe*. The experimental results indicate that the treatment of plants with a solution of B-EDDYAK changes the level of biochemical parameters and contributes to an increase in biomass, which is interconnected with the leaf surface area of *Kalanchoe*.

Key words: borate complex, *Kalanchoe* plant, ethylenediamindiantaric acid, pectin substances, free ligand.

Введение

Каланхоэ перистое – *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. – культивируемое лекарственное растение рода Каланхоэ (*Kalanchoe*), подсемейства Каланхоевых (*Kalanchoideae*), семейства Толстянковых (*Grasulaceae*). В природе встречается в тропической Африке, на Мадагаскаре, островах Зеленого мыса и Командорских островах. Это многолетнее вечно-зеленое растение высотой 80–100 см с несколькими прямостоячими стеблями, одревесневающими у основания. Листья мясистые, супротивные, черешковые, эллиптические, городчато-зубчатые с заметным восковым слоем. Цветки обоеполые, трубчатые, зеленовато-бело-розовые до 3,5 см, собраны в верхушечные метельчатые соцветия. Цветет нерегулярно в январе-феврале. Культивируется в причерноморских районах нашей страны как однолетнее рассадное лекарственное растение. Побеги и листья используются для промышленного получения сока.

Каланхоэ перистое в качестве официального сырья было зарегистрировано Минздравом СССР в 60-х годах прошлого века и в настоящее время в комплексе с другими лечебными назначениями широко используется в хирургии, стоматологии, гинекологии, оториноларингологии, офтальмологии. В хирургической практике сок и мазь каланхоэ используются наружно для лечения трофических язв, инфи-

цированных ран, гнойно-некротических процессов, при пересадке кожи; в гинекологии – при эрозии шейки матки, при цервицитах; в офтальмологии – при воспалении век, кератитах, отитах, ожогах глаз; в стоматологии – при стоматите, парадонтозе [1]. Лекарственное действие каланхоэ, по-видимому, обеспечивается комплексом биологически активных соединений, содержащихся в побегах и листьях растения. Поскольку каланхоэ относится к числу культивируемых лекарственных растений, актуальной проблемой является повышение лекарственной ценности и увеличение выхода лекарственного сырья этой культуры с использованием экологически безопасных методов. Из литературных источников известно, что делению растительных клеток и увеличению биомассы растений благоприятствует один из важнейших микроэлементов живой природы – бор [2–5].

Неметалл бор, содержащийся в живых организмах как микроэлемент, характеризуется нетоксичностью и потребляется растительными организмами в больших по сравнению с другими микроэлементами количествах. Необходимость бора для растений установлена более полувека назад, а недавно обнаружено, что он требуется также организмам человека и животных [3]. Однако до сегодняшнего дня неясно, как реализуются его функции, в какие конкретные

биохимические реакции он включен и каков механизм его участия в отдельных обменных процессах. Значительное количество бора сосредоточено в клеточной стенке. При недостатке бора физические свойства клеточной стенки значительно изменяются, что сопровождается быстрым ингибированием растяжения и деления клеток. Эти нарушения, как предполагают, приводят к «каскадному эффекту» и последовательным (иногда одновременным) изменениям в комплексе взаимосвязанных обменных процессов. Известно, что бор участвует в метаболизме углеводов, нуклеиновых кислот, ростовых веществ, фенолов; входит в состав клеточных стенок растений в форме комплексов с пектинами, влияет на транспорт сахаров, процессы дыхания, функционирования плазмалеммы, растяжения и деления растительных клеток [2]. Конкретных сведений о влиянии бора на биохимический состав растительных организмов в литературе нет.

Бор поглощается растениями в форме борат-анионов, которые могут образовывать хелатные соединения с некоторыми эффективными хелатантами. К числу таких лигандов относится этилендиаминдидантарная кислота (ЭДДЯК). Этот комплексон, представляющий собой синтетическую диаминотетракарбовую аминокислоту, характеризуется экологической безопасностью, так как при попадании в окружающую среду подвергается деградации с образованием биологически утилизируемых продуктов [6–7]. Как свойства, так и биологическая активность борат-этилендиаминдисуцинатного комплекса (В-ЭДДЯК) [8–9] мало исследованы, но представляются интересными как с теоретических, так и с практических позиций, поскольку микроэлементы лучше всего усваиваются растениями в форме комплексных соединений [6].

Целью проведенного эксперимента было выяснение характера воздействия боратного комплекса В-ЭДДЯК на биохимический состав культивируемого лекарственного растения каланхоэ, направленное на возможное увеличение лекарственной ценности получаемого из него лекарственного сырья в сравнении с результатами воздействия традиционного борного микроудобрения – борной кислоты.

Материал и методы (экспериментальная часть)

В лабораторных условиях было исследовано влияние на каланхоэ перистое борат-этилендиаминдисуцинатного комплекса (В-ЭДДЯК) и взятых для сравнения борной кислоты (H_3BO_3), некоординированной этилендиаминдидантарной кислоты (ЭДДЯК). Комплексон и комплексонат синтезированы авторами статьи, H_3BO_3 – реактив квалификации «ос.ч.».

Укорененные черенки каланхоэ перистого, полученные от одного растения, трехкратно с интервалом в четыре недели обрабатывали 0,0015М растворами H_3BO_3 , ЭДДЯК и В-ЭДДЯК, взятыми в объеме 20 мл. На каждую параллель опыта были использованы по 5 растений. Контрольными служили растения, об-

работанные одновременно с опытными дистиллированной водой. Через неделю после 3-й обработки определяли общую площадь листовой поверхности растений, содержание фотосинтетических пигментов [10], сахаров и суммарное содержание пектиновых веществ [11].

Результаты и их обсуждение

Результаты проделанных анализов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние соединений бора на биохимический состав каланхоэ перистого

№ п/п	Состав раствора для обработки	Биохимический состав каланхоэ перистого			
		Хлорофилл мг/100 г	Каротиноиды, мг/100 г	Пектиновые вещества, %	Растворимые сахара, %
1	Контроль	65,8	4,8	0,70	74,5
2	H_3BO_3	52,9	6,9	0,96	57,4
3	В-ЭДДЯК	54,4	7,3	0,83	90,7
4	ЭДДЯК	71,7	12,3	0,88	79,2

Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 1, обработка растений раствором В-ЭДДЯК в наибольшей степени увеличивала содержание растворимых сахаров в листьях опытных растений. Снижение уровня содержания хлорофилла и меньший по сравнению с двумя другими вариантами опыта прирост каротиноидов и пектина вполне объясним значимым (более чем в 2,5 раза) увеличением биомассы, коррелирующей с площадью листовой поверхности растений (рис. 1).

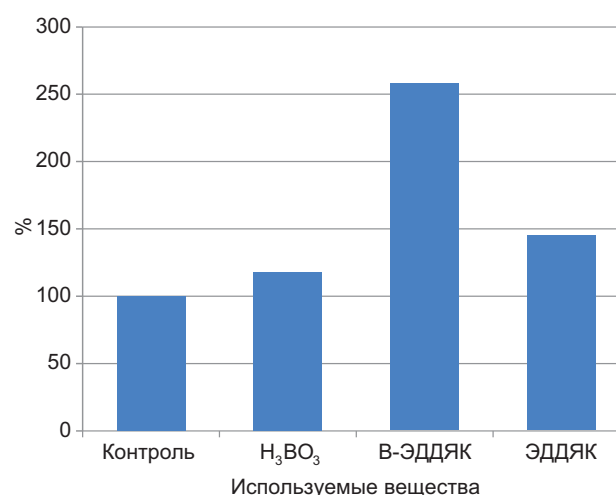


Рис. 1. Результаты измерения общей площади листовой поверхности растений, % от контроля и используемые вещества

Некоторое увеличение биологически активных веществ вызвала также обработка борной кислотой и в большей степени – свободным лигандом. По-видимому, в метаболические процессы растения включается не только бор, но и комплексон как до-

полнительный источник органического углерода и аммонийного азота. При этом в составе комплекса оба компонента испытуемого препарата оказываются для растений более доступными, чем каждый по отдельности.

Заключение

Результаты проведенного опыта позволяют рассматривать В-ЭДДЯК как экологически безопасный препарат, характеризующийся значительной биологической активностью, имеющий перспективы дальнейшего исследования и практического применения. Данные эксперимента позволяют предполагать увеличение лекарственной ценности каланхоэ и при использовании некоординированной ЭДДЯК, что также представляет интерес для дальнейших более детальных исследований.

Литература/References

1. Лекарственные растения. Справочное пособие / Г. Гринкевич, И. Баландина, В. Ермакова [и др.]. – М.: Высшая школа, 1991. – 398 с. – Текст: непосредственный.
1. *Lekarstvenny'e rasteniya. Spravochnoe posobie / G. Grinkevich, I. Balandina, V. Ermakova [i dr.]. – M.: Vysshaya shkola, 1991. – 398 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*
2. Физиология растений / под ред. И.П. Ермакова. – М.: Академия, 2007. – 640 с. – Текст: непосредственный.
2. *Fiziologiya rastenij / pod red. I.P. Ermakova. – M.: Akademiya, 2007. – 640 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*
3. Ягодин, Б.А. Агробиология / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2002. – 560 с. – Текст: непосредственный.
3. *Yagodin, B.A. Agrohimiya / B.A. Yagodin, Yu.P. Zhukov, V.I. Kobzarenko. – M.: Kolos, 2002. – 560 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*
4. Оберлис, Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный. – Санкт-Петербург: Наука, 2008. – 540 с. – Текст: непосредственный.
4. *Oberlis, D. Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotny'h / D. Oberlis, B. Harland, A. Skal'ny'j. – Sankt-Peterburg: Nauka, 2008. – 540 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*
5. Boron in plant biology / P.H. Brown, N. Bellaloui, M.A. Wimmer [et al.]. – Text: visual // Plant Biol. – 2002. – № 4. – P. 205–223.
5. *Boron in plant biology / P.H. Brown, N. Bellaloui, M.A. Wimmer [et al.]. – Text: visual // Plant Biol. – 2002. – № 4. – P. 205–223.*
6. Островская, Л.К. Комплексоны и комплексоны металлов и их значение для питания растений металлами-микроэлементами / Л.К. Островская. – Текст: непосредственный // Физиология и биохимия культурных растений. – 1986. – Т. 18. – № 6. – С. 591–603.
6. *Ostrovskaya, L.K. Kompleksony i kompleksonaty metallov i ih znachenie dlya pitaniya rastenij metallami-mikroelementami / L.K. Ostrovskaya. – Tekst: neposredstvenny'j // Fiziologiya i biokhimiya kul'turny'h rastenij. – 1986. – T. 18. – № 6. – S. 591–603.*
7. Влияние комплексонов, производных янтарной кислоты, на содержание фотосинтетических пигментов в проростках пшеницы / Ю.Е. Светогоров, Т.И. Смирнова, Я.М. Халяпина, И.А. Беляева. – Текст: непосредственный // Физиология и биохимия культурных растений. – 2011. – Т. 43. – № 5. – С. 392–396.
7. *Vliyanie kompleksonov, proizvodny'h yantarnoj kisloty, na sodержanie fotosinteticheskikh pigmentov v prorstkah pshenicy / Yu.E. Svetogorov, T.I. Smirnova, Ya.M. Halyapina, I.A. Belyaeva. – Tekst: neposredstvenny'j // Fiziologiya i biokhimiya kul'turny'h rastenij. – 2011. – T. 43. – № 5. – S. 392–396.*
8. Деградация комплексонов, производных янтарной кислоты, под действием УФ-излучения / Т.И. Смирнова, С.Д. Хижняк, В.М. Никольский [и др.]. – Текст: непосредственный // Журнал прикладной химии. – 2017. – Т. 90. – № 4. – С. 406–411.
8. *Degradaciya kompleksonov, proizvodny'h yantarnoj kisloty, pod dejstviem UF-izlucheniya / T.I. Smirnova, S.D. Hizhnyak, V.M. Nikol'skij [i dr.]. – Tekst: neposredstvenny'j // Zhurnal prikladnoj himii. – 2017. – T. 90. – № 4. – S. 406–411.*
9. Толкачева, Л.Н. Физико-химическое исследование процессов комплексообразования элементов III-A подгруппы с комплексонами, производными янтарной кислоты: дис. канд. хим. наук / Л.Н. Толкачева. – Тверь, 2012. – 124 с. – Текст: непосредственный.
9. *Tolkacheva, L.N. Fiziko-himicheskoe issledovanie processov kompleksobrazovaniya elementov III-A podgruppy s kompleksonami, proizvodny'mi yantarnoj kisloty: dis. kand. him. nauk / L.N. Tolkacheva. – Tver', 2012. – 124 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*
10. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: АКАДЕМА, 2009. – 256 с. – Текст: непосредственный.
10. *Gavrilenko, V.F. Bol'shoj praktikum po fotosintezu / V.F. Gavrilenko, T.V. Zhigalova. – M.: ACADEMA, 2009. – 256 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*
11. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений / Б.П. Плешков. – М.: Колос, 1985. – 360 с. – Текст: непосредственный.
11. *Pleshkov, B.P. Praktikum po biohimmii rastenij / B.P. Pleshkov. – M.: Kolos, 1985. – 360 s. – Tekst: neposredstvenny'j.*

Лопина Надежда Петровна (контактное лицо) – к. х. н. доцент, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинской университет Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4. Тел., 8-910-932-16-78; e-mail: nadezhda_lopina@mail.ru