



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**



**ФГБОУ ВО  
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.С. ТУРГЕНЕВА»**

**Институт естественных наук и биотехнологии  
Кафедра зоологии**

## **Естественные и гуманитарные науки в современном мире**

**Материалы**

Международной научно-практической конференции июня 15 мая – 17 мая 2023 года , г. Орёл

Орёл

ОГУ имени И.С. Тургенева 2023

УДК [37+5+81](062)ББК 5я431+6/8я431 Е 86

Рецензенты:

доктор сельско-хозяйственных наук, профессор кафедры зоологии  
«Института естественных наук и биотехнологии»

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Орловский государственный аграрный университет имени И.С. Тургенева»

*Гранкин Н.Н.*

доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры "ФГБОУ  
ВО Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парамахина"

*Ковешников А. И.*

Редакционная коллегия:

Тяпкина А.П., Гранкин Н.Н., Федяева Т.В., Вышегородских Н.В., Бакина С.Н., Сабитова Н.И.,  
Майер А.А., Крупский О.Б., Хайбулин Т.Н., Чобот А.Н., Карпинская Л.Г., Дудина Е.Ф.

**Е86 Естественные и гуманитарные науки в современном мире /**  
материалы VI Международной научно-практической конференции,  
посвященная 115-летию Лакина Г.Ф. (15 мая – 17 мая, г. Орёл). – Орёл:  
ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023. – 636 с.

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции «Естественные и гуманитарные науки в современном мире», 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, магистрами, школьниками. Предназначены для научных работников, могут быть полезны преподавателям, аспирантам, студентам, магистрам, школьникам занимающиеся научно-исследовательской деятельностью. Редакция поместила материалы в авторском исполнении. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК [37+5+81](062)ББК 5я431+6/8я431

© Коллектив авторов, 2023

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023

**УДК 581.1**

## **УЧАСТИЕ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ В РЕГУЛЯЦИИ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ И РОСТА ПРОРОСТКОВ *LENS CULINARIS***

©**Т.И.Пузина**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел

©**И.Ю. Макеева**, кандидат биологических наук, и.о.зав.кафедрой ботаники, физиологии и биохимии растений

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел

**Ключевые слова:** *Lens culinaris*, интенсивность дыхания, дыхание роста, дыхание поддержания, рост побега, морфогенез корня.

**Аннотация:** исследовали действие двух концентраций янтарной кислоты ( $10^{-4}$  М,  $10^{-5}$  М) на интенсивность дыхания и его качество, а также ростовые реакции 15-дневных проростков чечевицы (*Lens culinaris*), выросших в лабораторных условиях. Выявлено усиление интенсивности дыхания и его составляющих – дыхания роста и дыхания поддержания под влиянием янтарной кислоты. На этом фоне происходила активизация роста побегов (высоты и сырой массы), а также усиление морфогенеза корневой системы (увеличение количества боковых корней) и её объёма. Наибольший положительный эффект на изученные процессы оказала концентрация  $10^{-4}$  М.

## **THE PARTICIPATION OF SUCCINIC ACID IN THE REGULATION OF RESPIRATION AND GROWTH OF *LENS CULINARIS* SEEDLINGS**

**T.I.Puzina**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Botany, Physiology and Biochemistry of Plants

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

**I.Y. Makeeva**, Candidate of Biological Sciences, Acting Head of the Department of Botany, Physiology and Biochemistry of Plants

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

**Keywords:** *Lens culinaris*, respiration intensity, growth respiration, maintenance respiration, shoot growth, root morphogenesis.

**Abstract:** the effect of two concentrations ( $10^{-4}$  M,  $10^{-5}$  M) of succinic acid on the intensity of respiration and its quality, as well as growth reactions of 15-day-old seedlings of lentils (*Lens culinaris*) grown in laboratory conditions, were studied. An increase in the intensity of respiration and its components – growth respiration and maintenance respiration, under the influence of succinic acid, was revealed. Against this background, there was an activation of the growth of shoots (height and raw mass), as well as an increase in the morphogenesis of the root system (an increase in the number of lateral roots) and its volume. The concentration of  $10^{-4}$  M had the greatest positive effect on the studied processes.

В последнее время возрос интерес к изучению физиологико-биохимической роли янтарной кислоты как регулятора роста и развития растений. Проявление её биологической активности, прежде всего, связывают с участием в цикле Кребса, где она является энергетическим субстратом [10]. Ряд авторов отмечает антиоксидантную функцию янтарной кислоты у проростков гороха и яровой пшеницы [4,7]. Показано влияние на СО<sub>2</sub>-газообмен гороха посевного различных

морфотипов [6]. Положительный эффект выявлен на ростовые реакции растений: всхожесть семян овса и пырейника сибирского [1], укореняемость черенков оранжерейных культур [5], урожайность редиса и огурцов [2].

В литературе не найдено сведений о влиянии янтарной кислоты на физиолого-биохимические процессы растений чечевицы – важнейшей сельскохозяйственной культуры, содержащей свыше 28% белка в зерне.

Целью исследования было изучение действия разных концентраций янтарной кислоты на интенсивность процесса дыхания, его качество, а также ростовые реакции органов проростков чечевицы.

Объектом исследования служили 15-дневные проростки чечевицы (*Lens culinaris*) сорта Аида селекции ГНУ ФНЦ Зернобобовых и крупяных культур.

Опыты проводили в условиях лаборатории «Механизмы регуляции роста и развития растений» ОГУ им. И.С. Тургенева. Растения выращивали в кюветах с почвой «Универсальная для рассады».

Варианты опыта включали: замачивание на 6 часов семян в растворах янтарной кислоты (ООО «БЗМП», Россия) концентрацией  $10^{-5}$  М и  $10^{-4}$  М, контрольные семена замачивали в дистиллированной воде.

Интенсивность дыхания определяли в сосудах для наблюдения газообмена («Физприбор», Россия) по количеству выделяющегося  $\text{CO}_2$  методом титрования. Дыхание поддержания ( $R_m$ ) определяли, помещая исследуемые проростки в темноту на 48 часов. По скорости выделения  $\text{CO}_2$ , после пребывания растения в темноте, судили об интенсивности дыхания поддержания [8]. Дыхание роста ( $R_g$ ) определяли по разности между дыханием на свету и дыханием поддержания.

Объем корневой системы определяли методом Д.А. Сабинина и И.И. Колосова по вытеснению воды и выражали в  $\text{cm}^3$  [9]. Линейные параметры – высоту проростков, длину главного корня измеряли с помощью линейки. Массу проростков определяли путём взвешивания на электронных весах (ВСТ-600/10, Россия).

В таблице и на рисунках представлены средние арифметические из трёх биологических повторностей и их стандартные ошибки. Аналитическая повторность 5-кратная. Достоверность результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0,95.

Дыхание – центральное звено энергообмена растений, обеспечивающее их функционирование. Поэтому важно знать пути регуляции данного процесса. Проведенное исследование выявило значительное увеличение интенсивности дыхания (в 2 раза), под влиянием янтарной кислоты в концентрации  $10^{-4}$  М, (рис. 1а). Меньший эффект отмечен при концентрации  $10^{-5}$  М – повышение составило 38%. Стимулирующее действие янтарной кислоты на дыхание, возможно, связано не только с её участием в реакциях цикла Кребса, но и с регуляцией активности ферментов, участвующих в данном процессе. Так, в исследованиях [3] отмечается повышение активности каталазы в растениях кукурузы под действием янтарной кислоты.

Для характеристики дыхания важна не только величина интенсивности, но и его качество [8]. В литературе не найдено сведений об участии янтарной

кислоты в регуляции дыхания роста и дыхания поддержания, которые характеризуют затрату энергии дыхания на процессы новообразования и на поддержание имеющейся биомассы растения. Доля дыхания поддержания проростков чечевицы в общем дыхании была приблизительно одинаковой (от 42 до 45%), вне зависимости от варианта опыта (рис. 1б). Между тем, абсолютная величина дыхания поддержания и дыхания роста была выше у проростков с янтарной кислотой. Так,  $R_m$  при концентрации  $10^{-4}$  М увеличилось в 2 раза, а при  $10^{-5}$  М – в 1,3 раза. Аналогичные данные были получены по дыханию роста ( $R_g$ ).

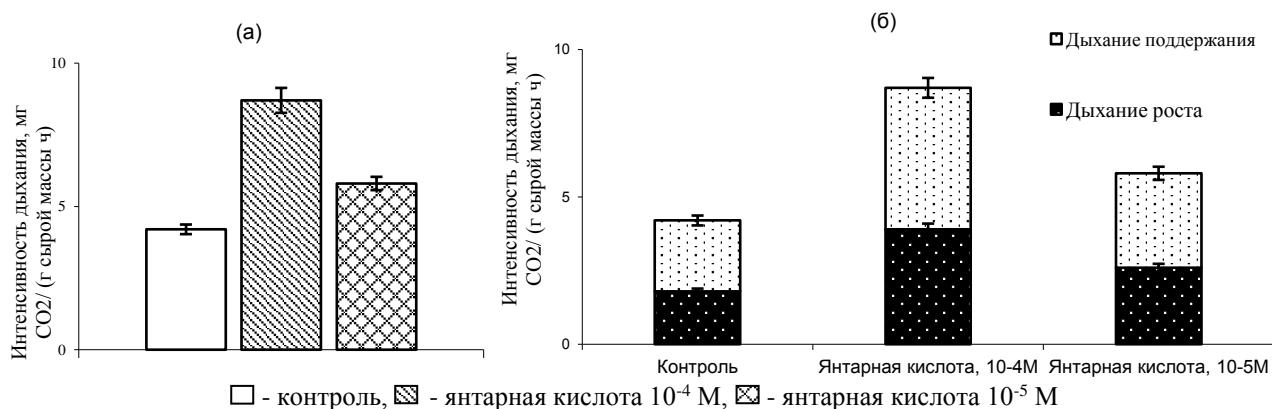


Рисунок 1. Влияние янтарной кислоты на интенсивность процесса дыхания (а) и его качество (б)

На фоне изменения интенсивности дыхания и его качества под действием янтарной кислоты выявлено положительное влияние на ростовые показатели побегов и корневой системы проростков чечевицы. Большой эффект оказала концентрация  $10^{-4}$  М как на высоту, так и на массу побега, соответственно на 32% и 45% (рис. 2). Это происходило на фоне значительного повышения дыхания роста, энергия которого идёт на синтез веществ *de novo*. Действие концентрации  $10^{-5}$  М на данные показатели было менее эффективно (13% и 33%).

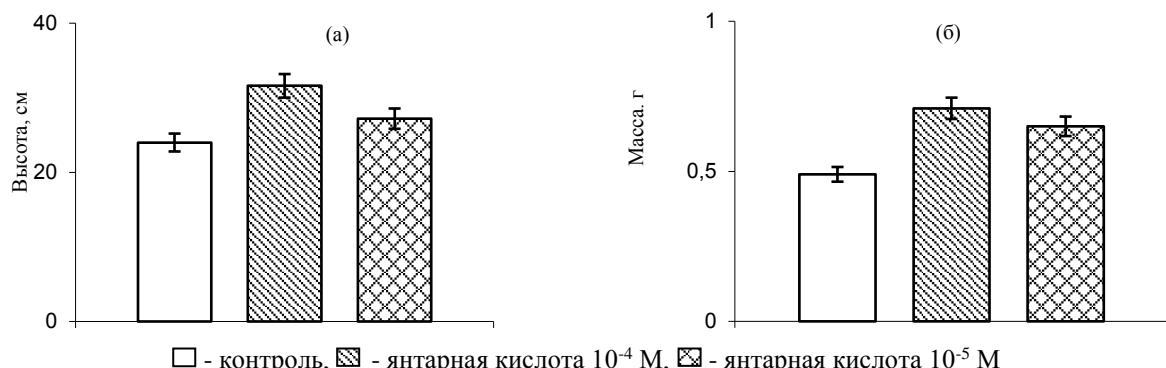


Рисунок 2. Влияние янтарной кислоты на высоту (а) и сырую массу побега (б).

Изучение морфогенеза корневой системы свидетельствуют о незначительном влиянии янтарной кислоты на длину главного корня, однако, существенно увеличилось количество боковых корней (почти в 2 раза), вне

зависимости от концентрации. В результате, в такой же степени возрос объём корневой системы. При этом, масса корней была выше контроля только при концентрации  $10^{-4}$  М (в 1,7 раза).

Таблица 1.  
Влияние янтарной кислоты на ростовые показатели корневой системы

Вариант	Длина главного корня, см	Количество боковых корней, шт	Объем корневой системы, см <sup>3</sup>	Сырая масса корня, г
Контроль	2,6±0,1	11,1±0,7	2,7±0,2	0,89±0,04
Янтарная кислота, $10^{-4}$ М	3,0±0,2	21,1±1,1	5,2±0,3	1,48±0,07
Янтарная кислота, $10^{-5}$ М	2,7±0,1	19,7±1,2	4,8±0,3	0,91±0,05

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует об участии янтарной кислоты в регуляции процесса дыхания и зависимых от него ростовых реакций на первых этапах онтогенеза растений чечевицы. Большой положительный эффект оказала концентрация  $10^{-4}$  М. Янтарная кислота в данной концентрации, в равной степени, стимулировала затрату энергии дыхания на процессы новообразования и поддержание имеющейся биомассы. В варианте с изученным регулятором роста выявлено усиление морфогенеза корневой системы, что сказалось на увеличение её объема.

### Литература

1. Васильева, Н. А. Влияние регуляторов роста на продуктивность и развитие сельскохозяйственных культур / Н. А. Васильева, В. Ю. Татарникова // Устойчивое развитие сельских территорий и аграрного производства на современном этапе: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Улан-Удэ, 07–11 февраля 2022 года / Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2022. – С. 232-236.
2. Гаврилова Л.В. Влияние янтарной и фумаровой кислот на рост, развитие и урожайность редиса и огурца // Бюллетень Главного ботанического сада АН, 2006. Вып. 49. – С. 98-101.
3. Голуб Е.В. Влияние регуляторов роста и фунгицида семян на активность окислительно-восстановительных ферментов в растениях кукурузы / Материалы IV Международной конференции молодых учёных «Биология: от молекул до биосферы» (Харьков, 19-21 ноября, 2009). Харьков, 2009. – С. 54.
4. Еремченко, О. З. Изменения пероксидазной активности и содержания органических кислот в листьях пшеницы в условиях солещелочного стресса / О. З. Еремченко, А. К. Арисова, Р. В. Кайгородов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2022. – № 4(40). – С. 3-12.
5. Ефремова Л.П., Шевченко Н.В. Влияние янтарной кислоты на укореняемость черенков некоторых оранжерейных культур / Материалы V Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений». М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – С. 182-183.

6. Клочкова, Н. М. СО<sub>2</sub>-газообмен растений гороха посевного различных морфотипов под действием янтарной кислоты и эпина при ранней корневой засухе / Н. М. Клочкова, Э. Н. Аканов, Н. Н. Третьяков // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – Т. 39, № 1. – С. 67-72.
7. Коф Э.М. Антистрессовое действие янтарной кислоты на проростки гороха /Э.М. Коф, Т.А. Борисова, Р.В. Макарова, Н.Н. Симонова // Агрохимия. - 1999. - № 1. - С. 55-59.
8. Семихатова О.А. Дыхание поддержания и адаптация растений // Физиология растений. 1995. Т. 42. № 2. С. 312-319.
9. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др.- 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1990. - 271 с.
10. Якушкина, Н. И. Физиология растений / Н. И. Якушкина, Е. Ю. Бахтенко. - М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005. - 463 с.