

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ БИОСТИМУЛЯТОРА И АДАПТОГЕНА РАСТЕНИЙ

FEATURES OF THE USE OF SUCCINIC ACID AS A BIOSTIMULATOR AND PLANT ADAPTOGEN

**N. Grabovskaya
O. Babenko
N. Safronova
R. Khusainova**

Summary. The article deals with the problem of using succinic acid as a biostimulator and adaptogen of plants: the mechanisms of influence on plant cells are described, the analysis of scientific works on the use of succinic acid under stress of various etiologies is carried out, and the prospect of using preparations based on succinic acid in crop production in order to increase the yield and quality of agricultural products is shown. The authors also present the data of original researches concerning this issue.

Keywords: stressors, succinic acid, succinate, biogenic growth stimulant, energy production, signal factor, heavy metals, lead, cadmium, drought, protective effect, seed germination.

Грабовская Наталья Ивановна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»
natalya.grabovskaya.77@mail.ru

Бабенко Ольга Николаевна

К.б.н., РГП на ПХВ «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова»
Babenko_ON@mail.ru

Сафронова Наталья Михайловна

К.б.н., доцент, РГП на ПХВ «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова»
safronat@rambler.ru

Хусаинова Разья Каирбековна

К.с.-х.н., профессор, РГП на ПХВ «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова»
bizhamal55@bk.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема применения янтарной кислоты в качестве биостимулятора и адаптогена растений: раскрыты механизмы влияния на растительную клетку, проведен анализ научных работ по применению янтарной кислоты в условиях стресса различной этиологии и показана перспектива использования препаратов на её основе в растениеводстве с целью повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Авторами также приведены данные оригинальных исследований, касающихся данного вопроса.

Ключевые слова: стрессоры, янтарная кислота, сукцинат, биогенный стимулятор роста, энергопродукция, сигнальный фактор, тяжёлые металлы, свинец, кадмий, засуха, протекторное действие, всхожесть семян.

В настоящее время, в связи с активным поиском препаратов, являющихся физиологическими и не несущих опасности для человека и окружающей среды [6,13], значительно возрос интерес к янтарной кислоте (ЯК) (этан-1,2-дикарбоновая кислота, бутандиовая кислота; природный миметик салициловой кислоты [46]; $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$), как к стимулятору продуктивности и устойчивости растений. Существенное преимущество применения ЯК в растениеводстве перед другими биостимуляторами состоит в том, что при весьма незначительных применяющихся для обработки дозах экзогенной ЯК, ее можно получать в больших количествах недорогим способом [9]. Поэтому дальнейшее изучение применения ЯК в качестве биостимулятора и адаптогена растений является весьма перспективным направлением как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Впервые биологическая активность ЯК была выявлена в ходе изучения реакции растений на стрессор-

ные природные воздействия. Так, А.В. Благовещенским [3,5] было установлено, что при воздействии стрессорных факторов, в растительных тканях образуется «комплекс специфических веществ», наиболее активным компонентом которого является ЯК. При выделении данного комплекса и обработке им семян, наблюдалась активация роста растений, повышение их урожайности и устойчивости к инфекционным заболеваниям [5]. Именно поэтому в дальнейшем ЯК стали рассматривать как «биогенный стимулятор роста».

В растениях ЯК образуется в результате метаболических процессов, связанных с дыханием. Следует отметить, что реакция образования фумаровой кислоты из ЯК в цикле Кребса — одна из ключевых. Так, при ингибировании сукцинатдегидрогеназы, катализирующей эту реакцию, резко снижается поглощение кислорода у растений [28]. Исследования Ф.Д. Самуилова и Л.С. Щербак [31] показали, что предпосевная обработка семян яровой пшеницы и кукурузы ЯК приводит

к возрастанию интенсивности дыхания и усилению поглощения воды у этих растений. Причём наибольший эффект ЯК оказывала в смеси с фумаровой кислотой. ЯК также косвенно влияет и на процесс фотосинтеза, так как активная её форма — сукцинил-S-КоА и гликокол, являясь непосредственными предшественниками хлорофилла а (протопорфирина), способствуют биосинтезу хлорофилла и цитохромов [20]. За счёт собственных превращений ЯК позволяет утилизировать запасные жиры, при распаде которых образуются молекулы ацетил-КоА. Из них восстанавливается НАДН, энергия, которой может быть использована на синтез АТФ и другие процессы [4]. Таким образом, ЯК выступает регулятором энергетического обмена и стимулятором многих процессов в растительном организме. При этом мощность системы энергообразования на основе ЯК в сотни раз превышает все другие системы энергопроизводства клетки. Имеются естественные механизмы, увеличивающие выработку ЯК в клетке в случае увеличения энергопотребления организма [5]. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности введения сукцината экзогенным путём, так как его количество в любом случае будет значительно меньше, чем вырабатываемое в митохондриях.

Известно также, что ЯК может изменять энергетический уровень некоторых ферментов [37], стимулируя накопление аскорбиновой кислоты и восстановленных форм аминокислот. При этом активизируются ростовые процессы и повышается содержание в тканях дегидроаминокислот и дикетоглуконовой кислоты. В связи с этим, положительное действие ЯК может быть объяснено не только активацией цикла Кребса и энергетических процессов, но и стимулированием синтеза восстановленных форм аминокислот.

Определяющим является и факт так называемой сигнальной функции экзогенной ЯК, когда плазмалемма растительной клетки воспринимает ЯК, как неспецифический сигнал о нехватке энергетических ресурсов и/или кислородного голодания соседних клеток [35]. В результате приводятся в действие механизмы НАДФН-оксидазной сигнальной системы и индуцируются локальная и системная устойчивость растительных тканей к патогенам [10, 46] и стрессорным факторам [1, 34]. При этом реакция мобилизации энергообмена наступает не в ответ на реально наступивший энергодефицит, а носит упреждающий характер [12]. Сигнальное действие ЯК наблюдается при её применении в значительно меньших концентрациях по сравнению с концентрациями, необходимыми для обеспечения митохондрий субстратом. Помимо этого, наблюдается эффект длительного последствия [16, 19, 26, 33]. Причём обработка семян и молодых проростков приводит к закреплению действия ЯК в период всей жизнедеятельности растения [36].

В то же время исследований, касающихся адаптогенного действия ЯК на растения в условиях экзогенного стресса различной этиологии, пока ещё недостаточно по сравнению с исследованиями адаптогенного действия других биостимуляторов, например, брассиностероидов. Так, при изучении влияния ЯК на продуктивность и урожайность различных культурных растений было выявлено, что предпосевная обработка ЯК способствует увеличению высоты растений, числа стеблей на растение [27], а также площади листовой поверхности и содержания пигментов и азота в тканях [22]. В свою очередь это влияло на показатели продуктивности: возрастала кустистость растений, увеличивалась сухая масса зерна в колосе, повышалось число зерновок, вес 1000 зерен [2, 41, 48] и улучшался процент содержания белка в зерне [2, 41].

Известно, что ЯК проявляет антистрессовые свойства, повышая устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды [15, 17, 18, 38, 44, 47]. Так, при переуплотнении почвы обработка ЯК увеличивала урожайность яровой пшеницы почти в 2 раза [15], при засухе способствовала оптимизации водного режима растений гороха [14], увеличивала урожайность, засухоустойчивость и водный потенциал растений хлопка [44], подсолнечника [47] и ячменя [24]. Имеются сведения о том, что ЯК снимает негативное влияние на растения высокого уровня засоленности почвы [38], увеличивает устойчивость растений к фитопатогенам [18], снижает содержание нитратов в корнеплодах почти в 2 раза при их чрезмерном содержании в почве [39]. Е. М. Коф и Т. А. Борисова [17] при изучении антистрессового действия ЯК на проростки гороха двух сортов установили, что ЯК уменьшает вредный эффект низкой температуры и гипоксии, и при этом реакция растений на ЯК зависит от их генотипа. Существуют данные по протекторному действию экзогенной ЯК на растения в условиях загрязнения среды тяжёлыми металлами (ТМ) — в основном медью (Cu), кадмием (Cd) и никелем (Ni) [21, 25]. В то же время, актуальнейшей экологической проблемой на сегодняшний день является загрязнение среды свинцом (Pb). В работе А. В. Линдиман с соавторами [23] было изучено влияние ЯК на миграционные свойства Cd и Pb в системе «почва-растения». Объектом исследования выступили растения, устойчивые к загрязнению почвы ТМ и способные накапливать их в своей биомассе — салат листовой (*Lepidium sativum* L.), овёс посевной (*Avena sativa* L.) и горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.). Экспериментальные данные показали, что добавление в почву экзогенной ЯК стимулировало накопление растениями биомассы и повышало устойчивость растений к загрязнению почвы, как Cd, так и Pb (4ПДК_{II}). Авторами было выдвинуто предположение, что влияние ЯК на устойчивость исследуемых растений, может быть связано как с образованием

в почве малоподвижных форм Pb и Cd, так и с повышением защитных реакций на их токсическое действие. В дальнейшем было установлено, что внесение в почву ЯК стимулирует процесс фитоэкстракции Pb и Cd растениями, что может быть применено при очистке загрязнённых почв посредством фиторемедиации [23]. Таким образом, экзогенно внесенная ЯК оказывает на растения стимулирующее действие, ослабляет фитотоксический эффект ТМ, но, в то же время, способствует накоплению их в биомассе и одновременно их детоксикации в самом растении. За счёт суммации действия всех этих факторов происходит нивелирование фитотоксического эффекта ТМ [23,25].

На данный момент удалось накопить достаточное количество данных, подтверждающих стимулирующее и протектирующее действие ЯК на растения [11,29,30], однако многие аспекты остаются до сих пор малоизученными или противоречивыми. При анализе инструкций к применению препаратов ЯК, предназначенных для использования в растениеводстве, были выявлены нечёткости и разночтения, касающиеся как концентрации рабочих растворов (от 10^{-5} [1,3] и 10^{-2} [7] до 1 г/л), так времени экспозиции (от 12 до 24 часов) и способов применения (замачивание, проращивание семян, экзогенное внесение в среду для выращивания, опрыскивание). Учитывая то, что ЯК оказывает своё регулирующее действие в микродозах (10^{-5} – 10^{-4}) [3], большое значение приобретает разработка чёткого регламента применения данного препарата, так как в случае биостимуляторов передозировка может привести к противоположному результату.

Неоднозначен также вопрос влияния ЯК на всхожесть и энергию прорастания семян. Например, существуют данные о том, что обработка ЯК увеличивает всхожесть семян сельскохозяйственных растений как в лабораторных [42,45], так и в полевых условиях [43]. С другой стороны, есть противоположные данные. Так, в работе К. Иланго с сотрудниками [40] при изучении влияния различных стимуляторов роста на прорастание семян альбиции (*Albizialebeck* (L.) Benth) было установлено, что обработка семян 1%-ным раствором ЯК не увеличивала их всхожесть. Это может быть обусловлено как применением высоких концентраций ЯК, так и видоспецифичной реакцией данного растения

на обработку ЯК. Исследования по влиянию экзогенной ЯК на всхожесть семян пяти образцов пшеницы из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), всхожесть которых в процессе длительного хранения снизилась до 3,8–47,1%, также были неоднозначными: применение 5×10^{-4} – 10^{-3} М растворов ЯК для предпосевной обработки семян 2-х образцов мягкой озимой пшеницы повышало всхожесть семян на 2,3–5,0%, а в случае 2-х других образцов мягкой озимой пшеницы и образца твердой пшеницы обработка ЯК в разных концентрациях не давала эффекта, или давала отрицательный, а иногда лишь небольшой положительный эффект. Такие противоречивые результаты не позволили сотрудникам ВИР рекомендовать ЯК для восстановления всхожести образцов семян после длительного хранения [32]. При практической проверке данного вопроса Н.И. Грабовской [8] в условиях проращивания в течение 12 дней семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) на двухслойной фильтровальной бумаге, смоченной 10^{-3} М раствором ЯК, было выяснено, что препарат не только не оказывал стимулирующего действия на всхожесть семян, но и приводил к угнетению роста и развития проростков. Более того, к концу вегетации была констатирована гибель 65–70% опытных растений из-за поражения плесенью, тогда как у контрольных растений подобного явления не наблюдалось. Одно из объяснений данного эффекта — активация дыхания в клетках плесневых грибов, поскольку сукцинат является метаболитом цикла трикарбоновых кислот. Вероятно, ингибирующее действие ЯК на растения в данном случае связано с неправильной дозировкой, которая не подходит для данной культуры, поэтому рекомендации по приготовлению рабочих растворов должны быть специфичными для каждого вида растения. Также очевидно, что растворы биостимуляторов на основе ЯК нельзя использовать для выращивания растений, а только для предпосевной подготовки семян путём замачивания на несколько часов с последующей промывкой перед посадкой.

Таким образом, вопросы применения биостимуляторов на основе ЯК для предпосевной обработки семян и выращивания растений с целью повышения урожайности и качества продукции требуют дальнейшего всестороннего изучения, а регламент применения — доработки и спецификации.

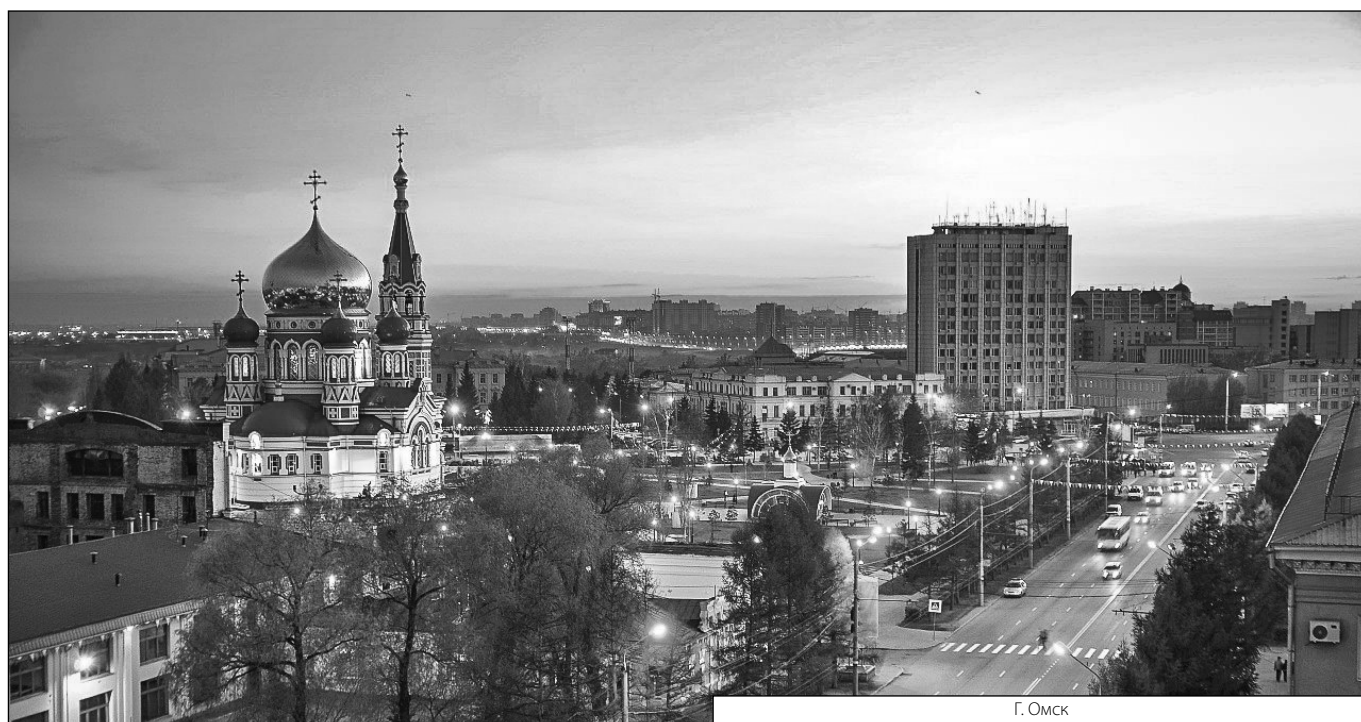
ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианова Ю. Е. Влияние янтарной кислоты на продуктивность сельскохозяйственных растений, урожай и его качество / Ю. Е. Андрианова, Н. И. Сафина, Н. Н. Максютова // Агрехимия. — 1996. — № 8–9. — С. 118–123.
2. Бабенко О.Н., Сафронова Н. М. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы // Валихановские чтения-10: мат. межд. научно-практ. конф. — 2005. — Т. 11. — С. 28–30.
3. Благовещенский А. В. Теоретические основы действия янтарной кислоты на растения. — М.: Наука, 1968. — 117 с.

4. Большой практикум по физиологии растений / Под ред. проф. Рубина Б. А. — М.: Высш. шк., 1987. — С. 302, 407.
5. Браунштейн А. Е. Процессы и ферменты клеточного метаболизма. — М.: Наука, 1987. — 548 с.
6. Волобуева О. Г. Различные пути регулирования эффективности бобово-ризобияльного симбиоза // Продукционный процесс с/х культур: мат. межд. научно-метод. конф. — 2001. — Ч. 1. — С. 215.
7. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. — М., 2011. — 247 с.
8. Грабовская Н. И. Влияние биостимуляторов растений на всхожесть семян и ростовые показатели кресс-салата // Уалихановские чтения — 23: мат. межд. научно-практ. конф. — 2019. — Т. 6. — С. 200–205.
9. Дебабов В. Г. Перспективы производства биоянтарной кислоты // Биотехнология. — 2015. — Вып. 2. — С. 27–32.
10. Дьяков Ю. Т., Озерецковская О. Л., Джавахия В. Г. Общая и молекулярная фитопатология. — М.: «Общество фитопатологов», 2001. — 302 с.
11. Иванов И. Д., Львова Н. А. О некоторых аспектах механизма регуляции роста растений // Сельскохозяйственная биология. — 1981. — Т. 16, № 6. — С. 818–822.
12. Ивницкий Ю. Ю. Интенсивность клеточного дыхания и радиорезистентность организма [Текст]: автореф. дис. д-ра мед. наук / Ю. Ю. Ивницкий. — СПб., 1994. — 48 с.
13. Кандейкина В. И., Котов А. Л. Методика определения остаточных количеств диметилгидразида янтарной кислоты // Применение физиологически активных веществ в садоводстве. — М., 1972. — С. 154–158.
14. Клочкова Н. М., Третьяков Н. Н., Аканов Э. Н. Действие янтарной кислоты и эпина на CO₂-газообмен листочкового и усатого морфотипов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в условиях ранней корневой засухи // Сельскохозяйственная биология. — 2004. — № 1. — С. 67–72.
15. Клочкова Н. М., Третьяков Н. Н. Влияние различных ФАВ на некоторые физиологически-биохимические процессы и урожайность. // Тез. докл. конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». — М.: МСХА, 2001. — С. 246–247.
16. Кондрашова М. Н. Сигнальное действие янтарной кислоты и ее лечебное применение в малых дозах / М. Н. Кондрашова, М. В. Захарченко, В. А. Самохвалов // Регуляторы энергетического обмена. Клинико-фармакологические аспекты: материалы симпозиума. — Томск, 2005. — С. 8–17.
17. 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.
18. Коф Э. М. Влияние янтарной кислоты на растения огурца, подвергнутые факторам, вызывающим стресс, и инфицированные фитопатогенами / Э. М. Коф, Т. А. Борисова, Р. В. Макарова, Н. Н. Симонова // Агрохимия. — 1999. — № 2. — С. 60–66.
19. Коф Э. М., Чувашева Е. С. Структурно-функциональные перестройки и фитогормоны у афильных геноформ гороха // Регуляторы роста и развития растений. — М., 1997. — С. 21.
20. Кретович В. Л. Биохимия растений. — М.: Наука, 1986. — 504 с.
21. Куприяновская А. П. Влияние алифатических карбоновых кислот на транслокационную способность меди в системе «почва-растение» / А. П. Куприяновская, А. Л. Гагаева, А. В. Линдиман, Н. А. Кобелева, А. В. Невский // Экология и промышленность России. — 2012. — № 6. — С. 50–52.
22. Куренкова С. В., Табаленкова Т. Н. Влияние янтарной кислоты на продуктивность растений ячменя. // Тез. докл. конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». — М.: МСХА, 2001. — С. 175.
23. Линдиман А. В. Применение янтарной кислоты в процессе фитоэкстракции свинца и кадмия из загрязнённых почвах / А. В. Линдиман, Л. В. Шведова, Н. В. Тукумова, А. П. Куприяновская, А. В. Невский // Эколого-экономические проблемы химических технологий. Вестник МИТХТ. — 2010. — Т. 5, № 5. — С. 102–105.
24. Луговая А. А. Стресспротекторное действие жасмоновой и янтарной кислот на растения ячменя в условиях почвенной засухи / А. А. Луговая, Ю. В. Карпец, А. И. Обозный, Ю. Е. Колупаев // Агрохимия. — 2014. — Вып. 4. — С. 48–55.
25. Львова В. А., Коротченко И. С. Применение ЭДТА, янтарной кислоты в процессе фитоэкстракции никеля и кадмия из загрязнённых почв // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2017. — № 1 (124). — С. 144–149.
26. Маевский Е. И. Обоснование использования биологически активных добавок на основе янтарной кислоты / Е. И. Маевский, Б. В. Гришина, А. С. Розенфельд // Эффективность применения БАД в различных областях медицины. — М., 2000. — С. 145–146.
27. Михайлова С. А., Климович А. С., Кабашникова Л. Ф. Влияние предпосевной обработки семян ячменя янтарной кислотой на рост растений и их продуктивность // Изв. АН Беларуси. — 1997. — № 2. — С. 53–56.
28. Рубин Б. А., Ладыгина М. Е. Физиология и биохимия дыхания растений. — М.: Наука, 1974. — 512 с.
29. Самуилов Ф. Д., Лосева Н. Л. Влияние предпосевной обработки семян янтарной кислотой на энергетический и водный обмен яровой пшеницы // Регуляторы роста и развития растений. — М., 1997. — С. 122.
30. Самуилов Ф. Д., Щербак Л. С. Влияние янтарной кислоты на прорастание семян рапса с различной исходной всхожестью // Регуляторы роста и развития растений. — М., 1997. — С. 235.
31. Самуилов Ф. Д., Щербак Л. С. Применение янтарной кислоты и фосфорнокислого калия для предпосевной обработки семян яровой пшеницы и кукурузы. // Тез. докл. конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях» — М.: МСХА, 2001. — С. 85.
32. Сафина Г. Ф., Филипенко Г. И. Влияние гетероауксина и янтарной кислоты на всхожесть семян пшеницы после их длительного хранения // Международный научно-исследовательский журнал. — 2018. — № 11 (77), Ч. 1. — С. 143–147.
33. Тарчевский И. А. Катаболизм и стресс у растений. — М.: Наука, 1993. — 80 с.
34. Тарчевский И. А. Сигнальные системы растений. — М.: Наука, 2002. — 234 с.

35. Тарчевский И. А. Янтарная кислота — миметик салициловой кислоты / И. А. Тарчевский, Н. Н. Максютова, В. Г. Яковлева, А. Н. Гречкин // Физиология растений. — 1999. — Т. 46, № 1. — С. 23–28.
36. Хазанов В. А. Янтарная кислота — принципиально новый способ повышения жизнестойкости и урожайности растений. — М.: Ассоциация Внедрение, 2000. — 60с.
37. Чупахина Г.Н., Романчук А. Ю. Янтарная кислота как регулятор ростовых процессов и биосинтеза аскорбиновой кислоты в растениях ячменя. // Тез. докл. конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». — М.: МСХА, 2001. — С. 73.
38. Abd-El-Samad H.M., El-Enany A. A. Alleviation of saline stress by treatments with some organic acids on onion and maize // Egyptian Journal of Botany. — 1996. — Vol. 36, № 2. — P. 129–144.
39. Budaj S. I. Germinating capacity and morphophysiological peculiarities of developing carrot plants under treatment by growth regulators. // VestsiNatsyanalinaiAka demiiNavukBelarusi. — 2000. — № 3. — P. 38–41.
40. Ilango K., Vanangamudi K., Venkatesh A. et al. Effect of growth stimulants on seed germination and seedling vigour in Albizialebeck (L.) Benth. // Seed Research. — 1999. — Vol. 27, № 2. — P. 188–190.
41. Pandey A.K., Tripathi R. S., Yadav R. S. Effect of certain growth regulators on growth, yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.). // Indian Journal of Agricultural Research. — 2001. — Vol. 35, № 2. — P. 118–120.
42. Ragnaswany A., Purushothaman S., Devasenapathy P. Seed hardening in relation to seedling quality characters of crops // Madras Agricultural Journal. — 1993. — Vol. 80, № 9. — P. 535–537.
43. Samuilov F.D., Yunusov R. A. Influence of growth regulators and microelement chelates in pre-sowing seed treatment on sugar beet productivity // Russian Agricultural Sciences. — 2001. — № 6. — P. 6–11.
44. Shanmugham K. Seed soaking and foliar application of growth regulators and anti — transpirant chemicals for increasing drought resistance in rainfed upland cotton (*Gossypiumhirsutum*) // Indian Journal of Agricultural Sciences. — 1992. — Vol. 62, № 11. — P. 744–750.
45. Spitzova I. Stimulation of seed germination in *Agrimoniaeupatoria* L. // Sbornik UVTIZ. Zahradnictvi. — 1988. — Vol. 15, № 2. — P. 151–155.
46. Tarchevsky I. A. Succinic acid is a mimetic of salicylic acid / I. A. Tarchevsky, N. N. Maksyutova, V. G. Yakovleva and others // Russian Journal of Plant Physiology. — 1999. — V. 46, № 1. — С. 17–21.
47. Velu G., Palanisami K. Impact of moisture stress and ameliorants on growth and yield of sunflower. // Madras Agricultural Journal. — 2001. — Vol. 88, № 10–12. — P. 660–665.
48. Wang X.Y., Peng W. B., et al. The effect of organic acid, boron and zinc on the metabolism of active oxygen during grain filling and grain weight of wheat // Scientia Agricultura Sinica. — 1995. — Vol. 28, № 5. — P. 69–74.

© Грабовская Наталья Ивановна (natalya.grabovskaya.77@mail.ru), Бабенко Ольга Николаевна (Babenko_ON@mail.ru),
 Сафронова Наталья Михайловна (safronat@ Rambler.ru), Хусаинова Разья Каирбековна (bizhamal55@bk.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Омск