

МЕТАБОЛИЗМ В СЕМЕНАХ АМАРАНТА *Amaranthus* L. ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ**О.А. ПАСЬКО**

Представленные в специальной литературе данные свидетельствуют о высокой эффективности применения электрохимически активированной воды (ЭХАВ) в сельском хозяйстве, но механизм ее влияния на биологические объекты практически не описан. Мы изучали влияние предпосевной обработки семян амаранта хвостатого *Amaranthus caudatus* L. ЭХАВ на активность дыхательных ферментов, содержание субстратов, энергию прорастания и силу роста. Установлено, что физико-химические изменения, происходящие в воде в результате электролиза, индуцируют в семенах различные метаболические процессы. Высокое содержание растворимых сахаров на фоне анаэробноа в вариантах со смесью католита с анолитом и католитом способствует развитию гликолитических процессов, а накопленный пул метаболитов позволяет использовать их в более разнообразных химических превращениях. Повышенное содержание гормонов ускоряет ростовые процессы, обеспечивает усиленное деление и растяжение клеток, интенсивное прохождение начальных стадий развития растения (увеличение энергии прорастания и силы роста семян).

Ключевые слова: электрохимически активированная вода, метаболизм, семена, рост и развитие, урожайность, механизм.

Keywords: electrochemically activated water, metabolism, seeds, growth and development, stimulation, inhibition, mechanism.

Изучение биологических свойств электрохимически активированной воды (ЭХАВ) началось в 1965 году (1). Было показано, что у огурца предпосевная обработка семян повышает посевные, урожайные качества, иммунитет растений, а также улучшает качество продукции. В дальнейшем эффективность ЭХАВ подтвердили на кукурузе, гречихе, просе, подсолнечнике, овсе, пшенице, ячмене, перце сладком, томате, редисе, салате, луке и капусте (2-4).

Большие перспективы открыло применение ЭХАВ в лекарственном растениеводстве для обработки семян с глубоким органическим покоем (5). Используя этот способ, можно вырастить растения из семян, срок хранения которых истек или период прорастания не соответствует вегетационному периоду вида в условиях выращивания. К примеру, для семян женьшеня отмечено увеличение энергии прорастания и всхожести в 2-4 раза, снижение поражения болезнями до 0 баллов и сокращение периода прорастания семян на полмесяца. Анолит (кислотная модификация ЭХАВ) эффективно используется для мелиорации солонцов (6), что исключает транспортировку кислот к обрабатываемым площадям и повышает эффективность влияния поливной воды на почву (7). Имеются сведения о том, что дискретный чередующийся полив католитом (щелочная модификация ЭХАВ) и анолитом сокращает расход воды до 10 %, а также вынос минеральных веществ на 20 % (8). Применение анолита в 500 раз дешевле, чем зарубежных и отечественных консервантов. Обеспечиваемая им сохранность силоса составляет 98 % при повышении питательных свойств на 7-12 %, овощей, плодов и ягод — 93-98 % (в течение 5-7 мес) (9). На практике анолит широко используют в качестве дезинфектанта (10-14).

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения ЭХАВ в сельском хозяйстве (15-17), но механизм ее влияния на биологические объекты в литературе практически не описан (18, 19). Поэтому нами был спланирован и проведен комплекс экспериментов, позволяющий сделать выводы о направленности и интенсивности метаболитов.

ческих процессов, происходящих в семенах во время прорастания, после обработки электрохимически активированной водой.

Методика. Электролиз воды осуществляли в диафрагменном электролизере. Применяли плоские графитовый анод, титановый катод и нейтральную (брезентовую) диафрагму. При электролизе на электроды подавали постоянное напряжение 200 В. Для получения смеси католита и анолита (в дальнейшем «смесь») как наиболее эффективной модификации свежеприготовленные растворы смешивали в соотношении 50:50 об.% (14). Величину pH и Eh измеряли на pH-метр-милливольтметре pH-673 (Россия) с помощью точечного платинового ЭПВ-1 и хлорсеребряного ЭВЛ-1МЗ электродов. Содержание растворенного кислорода определяли с применением кислородомера КЛ-N5 (Россия), диоксида углерода, ионов CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Mg^{2+} , а также общую жесткость воды — методами объемного анализа (20). Концентрацию Cl_2 , SO_4^{2-} устанавливали турбидиметрически, H_2S , NO_3^- , NO_2^- , Fe^{2+} , Fe^{3+} — колориметрически (21). Все измерения проводили в 4 сериях по 8 повторностей в каждой.

В качестве модельного объекта исследований использовали семена амаранта хвостатого (*Amaranthus caudatus* L.). Их обрабатывали, выдерживая в течение 10 ч в водопроводной воде (контроль), католите, анолите и смеси (время было выбрано по итогам предварительных испытаний).

В 3-суточных проростках изучали цитокининовую активность. Количественное содержание гормона определяли, исходя из пропорциональной зависимости между содержанием веществ с цитокининовой активностью и биосинтезом β -цианинов в экстракте растительных тканей (22). Концентрацию амарантина устанавливали спектрофотометрически (23). В проростках также исследовали содержание субстратов: малата, лактата и пирувата — спектрофотометрически, активность дыхательных ферментов НАД-Н и НАДФ-Н-изоцитратдегидрогеназы (НАД-Н-ИДГ и НАДФ-Н-ИДГ), НАД-малатдегидрогеназы (НАД-МДГ), глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (ГФДГ) и алкогольдегидрогеназы (АДГ) — спектрофотометрически по изменению соотношения НАД/НАДФ-Н (24). Определяли также концентрацию сахаров и растворимых белков (21).

При исследовании влияния ЭХАВ на силу роста семян их обрабатывали смесью, а затем проращивали в увлажненных рулонах, состоящих из трех полос фильтровальной бумаги размером 20 см×100 см (25). Две полосы использовали в качестве ложа, третьей семена накрывали сверху. Рулоны с семенами ставили в сосуды с небольшим количеством дистиллированной воды, которые помещали в термостат ($t = 20^\circ\text{C}$). Проращивание вели в темноте в течение 7 сут. Затем рулоны разворачивали и проводили балльную оценку проростков по степени развития. Силу роста семян определяли по отношению числа сильных проростков (оценка 4 и 5 баллов) к общему числу семян, всхожесть — по среднему арифметическому значению из 4 проб семян по 100 шт. в каждой (при расхождении показателей, не превышающем +5 %).

Полученные данные обрабатывали статистически в среде пакетов DATAS-COPE и SAS.

Результаты. Схема использованного электролизера приведена на рисунке 1.

Сравнительный анализ физико-химических параметров различных модификаций ЭХАВ показал, что в процессе обработки в воде происходят глубокие изменения (табл. 1). Величина pH растворов изменялась в пределах от 3,1 до 10,4, величина Eh — от +420 до -860 мВ. В соответствии с этим менялись форма и количество углекислоты: в католите исчезал сво-

бодный диоксид углерода при максимальном подъеме содержания гидрокарбонатных ионов. В анолите концентрация CO_2 увеличивалась почти вдвое, тогда как HCO_3^- — снижалась до минимума. Существенно возрастало содержание SO_4^{2-} и Cl^- . В катодите HCO_3^- исчезал полностью, зато появлялся CO_2 . Концентрация Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , NO_3^- , Mg^{2+} заметно уменьшалась.

1. Физико-химические показатели электрохимически активированной воды, используемой в эксперименте

Модификация	pH	Eh, мВ	Содержание, мг/л				
			HCO_3^-	CO_3^{2-}	CO_2	O_2	O_2/CO_2
Водопроводная вода	6,8	+200	5,2	—	2,64	9,24	3,8
Катодит	10,4	-860	—	1,9	—	6,83	—
Анолит	3,1	+420	0,6	5,6	5,28	12,45	2,4
Смесь католита и анолита 1:1	6,8	-200	2,0	—	2,60	9,71	3,7

Примечание. Прочерки в таблице означают отсутствие соединения.

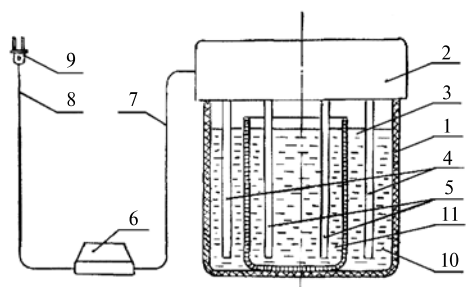


Рис. 1. Устройство электролизера воды: 1 — корпус, 2 — анод, 3 — катод, 4 — диафрагма, 5 и 6 — индуктивные катушки, 7 и 8 — вводы переменного напряжения, 9 — однофазный выпрямитель с входными клеммами 10 и 11 переменного напряжения (первая соединена с вводом 8, вторая — со свободным концом индуктивной катушки 6 и двумя выходными клеммами пульсирующего однополярного напряжения).

2. Содержание метаболитов в наклюнувшихся семенах амаранта хвостатого *Amaranthus caudatus* L. после предпосевной обработки электрохимически активированной водой ($\bar{X} \pm x$)

Показатель	Контроль	Катодит (К)	Анолит (А)	Смесь (К + А)
Растворимый белок, мг/г сырой массы	7,8±0,1	7,8±0,2	7,3±0,1	8,3±0,2
Сахароза, мкг/мл	4,3±0,1	8,5±0,2*	3,8±0,1	8,6±0,1*
Редуцирующие сахара, мкг/мл	16,5±0,4	21,1±0,5*	15,2±0,4*	27,0±0,5*
Малат, мкмоль/г сырой массы	0,2±0,1	0,7±0,1	0,2±0,1	Следы
Лактат, мкмоль/г сырой массы	0,3±0,1	0,6±0,1*	0,2±0,1	0,6±0,2*
Пируват, мкмоль/г сырой массы	0,8±0,2	1,0±0,2*	1,0±0,1*	0,6±0,2

* Различия достоверны при уровне значимости 5 %.

В начале набухания семян достоверные различия по скорости водопоглощения в разных вариантах опыта отсутствовали и начинали выявляться только после обработки в течение 18 ч. В вариантах с катодитом и смесью отмечалось усиление клеточного деления, коррелирующее с содержанием цитокининов, в варианте с анолитом — снижение этих показателей. Было установлено повышение содержания ауксинов в проростках после обработки семян катодитом и смесью и его уменьшение после обработки анолитом (табл. 2, рис. 2).

Изучение содержания растворимых белков, сахарозы и редуцирующих сахаров выявило усиление протеолитического и гидролитического распада в вариантах со смесью и катодитом и относительное подавление этих процессов в варианте с анолитом. При обработке смесью наблюдали повышенное содержание редуцирующих сахаров, растворимого белка, лактата и пониженное — малата и пирувата. В вариантах с водой и анолитом отмечали близкое содержание малата и лактата и значительное расхождение по пирувату.

Во всех вариантах с ЭХАВ фиксировали достоверное снижение активности НАД-ИДГ и НАД-МДГ (максимальное — в варианте со смесью: соответственно с 784,5 до 711,6 и с 57,0 до 19,7 мЕ/г сырой массы). Ак-

тивность у НАДФ-ИДГ практически не изменялась, в то время как у НАДН-АДГ возрастала более чем в 3 раза. Судя по усилению активности НАДФ-ГФДГ, в вариантах с католитом и смесью индуцировались реакции окислительного пентозофосфатного пути (ОПФП). В варианте со смесью включались конечные этапы спиртового брожения, на что указывал рост активности НАДН-АДГ. Содержание ключевых метаболитов менялось в соответствии с активностью ферментов, контролирующих их обмен (см. табл. 2).

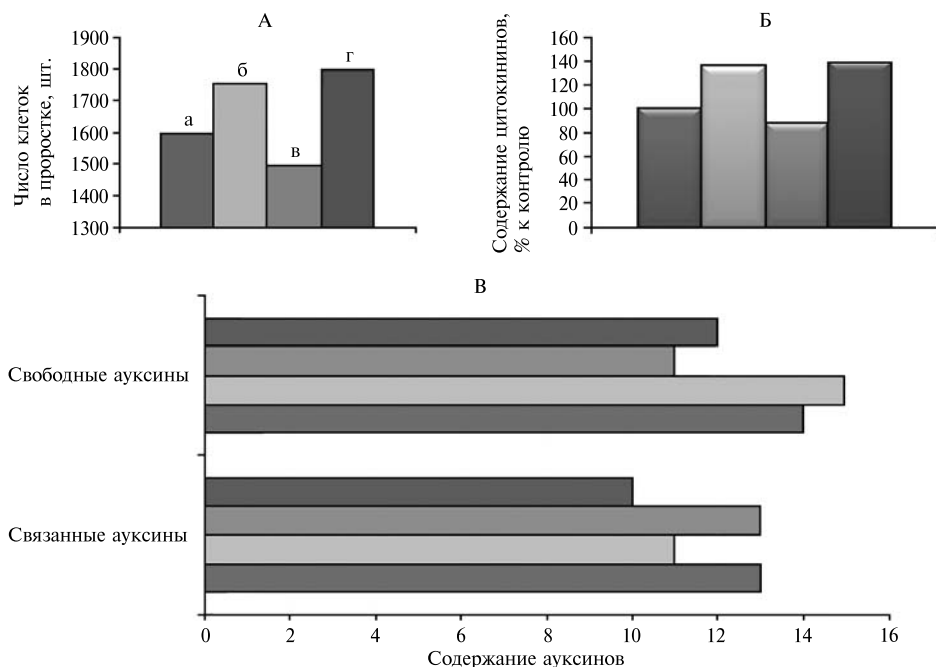


Рис. 2. Число клеток (А), содержание цитокининов (Б) и ауксинов (В) в тканях проростков амаранта хвостатого *Amaranthus caudatus* L. после предпосевной обработки водопроводной (контроль, а) и электрохимически активированной водой (б — католит, в — анолит, г — их смесь).

Ранее было показано, что максимальным стимулирующим эффектом для растений обладает смесь католита и анолита (3, 4, 10). Детальное изучение морфофизиологических показателей проростков амаранта в нашем эксперименте выявило существенное увеличение доли сильных (в 2,7 раза) и снижение доли слабых (в 1,8 раза) проростков под воздействием предпосевной обработки семян ЭХАВ. Эффект проявлялся в более мощном развитии корневой и надземной частей (табл. 3).

3. Сила роста семян амаранта хвостатого *Amaranthus caudatus* L. (по доле проростков с разным развитием, %) после предпосевной обработки семян смесью католита и анолита

Вариант	5 баллов (Lk — 40-50) (Lg — 30-40)	4 балла (Lk — 30-40) (Lg — 20-30)	3 балла (Lk — 20-30) (Lg — 10-20)	2 балла (Lk — 10-20) (Lg — 5-10)	1 балл (Lk — 0-10) (Lg — 0-5)
Контроль	4	16	38	16	2
Смесь	11	43	31	11	0

П р и м е ч а н и е. Силу роста определяли по степени развития проростков в соответствии с критериями балльной оценки (1-5): 1 и 2 балла — слабые проростки, 3 балла — средние, 4 и 5 баллов — сильные. Lk — длина корешка, мм; Lg — длина ростка, мм.

На основании результатов наших исследований, а также данных литературы (3, 10, 26-28), механизм воздействия ЭХАВ на метаболические процессы в семенах можно представить следующим образом (рис. 3).

Католит, имея выраженную щелочную реакцию при величине E_h , равной -800 мВ, обладает восстановительными свойствами и при взаимодействии с биологическими молекулами выступает в качестве донора электронов. Анолит, обладая кислой реакцией и $E_h = +300$ мВ, проявляет окислительные свойства. При обработке анолитом трансмембранный электрический потенциал возрастает, при воздействии католитом или смесью католита и анолита — снижается. Анолит при контакте с клеточной мембраной порождает протон-движущую силу (ПДС), ориентированную внутрь клеток, а католит и смесь католита с анолитом — имеющую противоположное направление.



Рис. 3. Предлагаемая схема метаболических процессов в семенах амаранта хвостатого *Amaranthus caudatus* L., инициируемая электрохимически активированной водой (ЭХАВ): ОПФП — окислительный пентозофосфатный путь.

Механизм деления клеток активирует ферменты, встроенные во внешнюю мембрану, если протон-движущая сила (ПДС) направлена из клетки наружу и превышает пороговое значение. При противоположной ориентации ПДС наступает инактивация ферментов и снижение уровня жизнедеятельности клеток. В первые часы после контакта семян с водой ее поступление внутрь ограничено семенной кожурой. В процессе гидрофилизации последней происходит ускорение транспорта католита и смеси в клетки и их гидратация. Это индуцирует реактивацию растворимых ферментов, присутствующих в семенах в неактивной форме, и запуск соответствующих биохимических процессов. В достаточно оводненных тканях крахмал, накопленный в виде гранул, превращается в растворимые моно- и дисахариды, которые интенсивно окисляются в процессе дыхания с образованием широкого спектра метаболитов и выделением энергии. В качестве дополнительного источника энергии в семенах амаранта хвостатого используются белки, содержание которых достигает от 13 до 21 % сухой массы (29).

До появления корешка для тканей семени характерны гипоксия и анаэробное дыхание. В норме анаэробное дыхание происходит и при достаточной концентрации кислорода во внешней среде. Усиление поступления воды вызывает нарастание гипоксии и сопутствующее истощение запасных веществ (сахара и белки). Признаком декомпенсации АТФ-продуцирующих процессов становится накопление лактата и этанола, то есть

развитие молочнокислого и спиртового брожения. Вероятно, компенсаторным механизмом выступает ОПФП, поставляющий восстановитель. Его включение создает возможность образования трех-, четырех-, пяти-, шести- и семиуглеродных сахаров и расширяет спектр метаболитов.

Католит как наиболее дефицитная по кислороду модификация ЭХАВ способствует интенсивной инициации процессов брожения, конкретный механизм которого определяется значением рН. Щелочной характер среды (рН 10,6 и более) «перекрывает» первый этап спиртового брожения — декарбоксилирование пирувата (оптимальная среда для работы пируватдекарбоксилазы — слабокислая), но способствует функционированию ЛДГ и развитию молочнокислого брожения. Смесь католита и анолита имеет рН, близкий к оптимуму для большинства исследованных нами ферментов (оптимум рН для АДГ составляет 7,6, для ЛДГ — 8,5) (30).

Высокое содержание растворимых сахаров на фоне анаэробнобиоза в вариантах со смесью и католитом также способствует развитию гликолитических процессов. Для их нормального поддержания необходимо окисление НАД-Н, происходящее либо при восстановлении лактата до пирувата при помощи ЛДГ, либо при восстановлении альдегида до спирта. Конечные продукты брожения в малых дозах эффективно стимулируют прорастание семян, а этанолу отводится роль активатора или аналога самих гормонов.

Обычно НАД играет роль окисляющего агента в катаболических реакциях, в то время как восстановительным агентом в анаболических реакциях служит НАДФ, образующийся в ОПФП. Увеличение доли ОПФП в общем дыхании принято рассматривать как одну из возможностей увеличения энергетической эффективности процесса в целом. В ОПФП не образуется соединений с макроэргическими связями, но возрастает скорость окисления глюкозо-6-фосфата и синтеза НАДФ и пентоз, способствующих усилению метаболической активности клеток. Кроме того, работа ОПФП способствует синтезу гормонов (31). Повышенное содержание гормонов ускоряет ростовые процессы, обеспечивает усиленное деление и растяжение клеток, а также интенсивное прохождение начальных стадий развития растения (увеличение энергии прорастания и силы роста семян).

При повреждении семенной кожуры прорастающим корешком происходит переключение дыхания с анаэробного пути на аэробный как в стимулированных, так и в контрольных семенах. Накопленный пул метаболитов у стимулированных семян позволяет использовать их в более разнообразных химических превращениях.

Эти данные хорошо коррелируют с результатами наших исследований (3, 10, 19). Интенсивность метаболизма в прорастающих семенах амаранта хвостатого, оцененная по содержанию в них свободных радикалов, оказалась наибольшей в варианте со смесью и наименьшей — в варианте с анолитом. Это служит доказательством усиления метаболической активности тканей, происходящего под влиянием контакта семян с активированной водой, повышения активности окислительно-восстановительных реакций, составляющих основу процессов гликолиза и аэробного дыхания, то есть реакций, в которых в качестве интермедиатов образуются свободные радикалы. Известно, что продукты свободнорадикального окисления, в свою очередь, регулируют проницаемость мембран, стимулируют рост клеток и скорость роста растений (32).

Таким образом, направленность и интенсивность метаболических процессов в прорастающих семенах определяется физико-химическими показателями воды. Накопленный пул метаболитов позволяет использовать

их в более разнообразных химических превращениях. Повышенное содержание гормонов ускоряет ростовые процессы, обеспечивает усиленное деление и растяжение клеток, интенсивное прохождение начальных стадий развития растения.

Автор выражает глубокую признательность за помощь в проведении эксперимента А.В. Семенову, Л.Н. Шиян и Т.П. Астафуровой.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Образцов С.В., Маршунина А.М., Черепанов В.Н. Исследование влияния физических факторов на урожайность овощных культур, разработка и внедрение полупромышленных установок. Томск, 1983.
2. Алехин С.А. Сокращение вегетационного периода, ускорение роста растений и увеличение урожайности садово-огородных культур с использованием электроактивированных водных растворов. Ташкент, 1992.
3. Пасько О.А. Экологические аспекты повышения продуктивности цветочных и овощных культур и картофеля в таежной зоне Западной Сибири. Докт. дис. Новосибирск, 2000.
4. Зелепухин И.Д., Пасько О.А., Асенова Э.К. Применение активированной воды в сельском хозяйстве и биотехнологии (аналитический обзор). Томск, 2006.
5. Гродзинский А.М., Лебеда А.Ф., Пендус Н.И. и др. Способ предпосевной обработки семян с глубоким органическим покоем. А.с. № 1207412 СССР, МКИЗ А 01 С 1/00. Опубл. 30.01.86. Бюл. № 7.
6. Шумаков Б.Б., Мартыненко Г.Н., Хоруженко И.Р. Способ мелиорации почв засоленного ряда. А.с. № 990146, МКИЗ А О 25/00, С 09 К 17/00. Опубл. 23.01.83. Бюл. № 3.
7. Гончаренко С. Кому нужна «живая» вода? Техника и наука, 1982, 10: 5.
8. Пронов В.И. Способ полива. А.с. № 1034658, МКИЗ А 01 О 25/00. Опубл. 15.08.83. Бюл. № 30.
9. Электрохимическая активация водных растворов и ее технологическое применение в пищевой промышленности (Обзорная информация). Тбилиси, 1988, вып. 3.
10. Пасько О.А., Гомбоев Д.Д. Активированная вода и возможности ее применения в растениеводстве и животноводстве. Томск, 2011.
11. Бахир В.М., Леонов Б.И., Прилуцкий В.И., Шомовская Н.Ю. Дезинфекция: проблемы и решения. Вестник новых медицинских технологий, 2003, 4: 78-80.
12. Гомбоев Д.Д. Адаптогенные свойства католита ЭХАР минеральных веществ. Доклады РАСХН, 2007, 2: 45-47.
13. Закомырдин А.А. Экологически безопасные электрохимически активированные дезинфицирующие растворы. Ветеринария, 2002, 2: 12-14.
14. Пасько О.А. Физико-химические изменения, происходящие в воде процессе обработки различными способами. Вода: химия и экология, 2010, 7: 45-47.
15. Пасько О.А. Влияние предпосевной обработки семян томата электрохимически активированной водой на морфогенез и урожайность растений. Тр. Томской гос. с.-х. опытной станции, 2000: 216-220.
16. Редькин Г.А., Семенов А.В., Пасько О.А. Влияние предпосадочных обработок семенного материала термически и электрохимически активированной водой на урожайность картофеля. Мат. Первой рег. науч.-практ. конф. «Картофель в Сибири». Томск, 2001: 53-57.
17. Разработка экологически чистых методов увеличения результативности растениеводства (отчет по НИР «Результат»). Томск, 1993.
18. Пасько О.А., Кецало В.М. Влияние электрохимически активированной воды на прорастание семян. Физиология растений, 1991, 38(2): 381-385.
19. Пасько О.А. Ускорение прорастания семян при их обработке электрохимически активированной водой. Физиология и биохимия культурных растений, 1991, 23(6): 552-556.
20. Унифицированные методы анализа природных вод /Под общ. ред. Ю.Ю. Лурье. М., 1979.
21. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И. и др. Методы биохимического анализа растений. Л., 1972.
22. Физиология и биохимия прорастания семян (Пер. с англ.) /Под ред. М.Г. Николаевой и Н.В. Обручевой. М., 1982.
23. G r a d f o r d M.M. A rapid and sensitive methods for the quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analyst. Biochem.*, 1976, 72: 248-254.
24. Юзбеков А.К. Спектрофотометрические способы определения активности ключевых ферментов дыхательного метаболизма растений: Метод. пос. Киев, 1990.
25. Лихачев Б.С. Сила роста семян (теория, методы, значение). Автореф. докт. дис.

- Краснодар, 1986.
26. Д а н о в и ч К.Н., С о б о л е в А.М., Ж д а н о в а Л.П. и др. Физиология семян. М., 1982.
 27. З е л е н е в а И.В., В л а д и м и р о в С.В. Соотношение метаболических путей в корневой системе проростков кукурузы. Физиология и биохимия культурных растений, 1994, 26(5): 93-97.
 28. Ч и р к о в а Т.В. Пути адаптации растений к гипоксии и аноксии. Л., 1988.
 29. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав и использование. Л., 1985: 217-218.
 30. Л е н и н д ж е р А. Биохимия. Пер. с англ. М., 1984.
 31. Х а в к и н И.Е. Формирование метаболических систем в растущих клетках растений. Новосибирск, 1977.
 32. Ж у р а в л е в А.И. Развитие идей Б.Н. Тарусова о роли цепных процессов в биологии. В сб.: Биоантиокислители в регуляции метаболизма в норме и патологии. М., 1982: 3-30.

*ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский
Томский политехнический университет,*
634050 г. Томск, просп. Ленина, 30,
e-mail: oap@sibmail.com

*Поступила в редакцию
9 июня 2010 года*

METABOLISM IN *Amaranthus* L. SEEDS AFTER THEIR TREATMENT WITH ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER

O.A. Pasko

S u m m a r y

Numerous data confirm the high effect of electrochemically activated water application in agriculture. Nevertheless, the mechanisms of such effect are still not described in detail. The author studied the influence of preplant treatment of amaranth seeds by electrochemically activated water on activity of respiratory enzymes, the substrates content, the germination energy and the growth strength. It was established, that physico-chemical changes of water after electrolysis induce in seeds different metabolic processes. High content of soluble sugars on the background of anaerobiosis in variants with mixture cathodic and anodic liquors and catholyte only promotes to glycolytic process, but accumulated metabolite pool permit to use them in more various chemical conversions. The increased content of hormones accelerates the growth processes, determines enhanced division and cell distension, the intensive course of initial stages of plant development (increase of germination energy and growth strength in seeds).

Новые книги

Мешалкин В.П., Бутусов О.Б., Гнаук А.Г. **Основы информатизации и математического моделирования экологических систем.** М.: изд-во «Инфра-М», 2010, 537 с.

Изложены концепция, теория и методологические основы экологической информатики и методы математического моделирования экологических систем в районе промышленных предприятий. Приведено описание основных методов экологической информатики, методов математического и компьютерного моделирования квазистатической (многолетней) динамики экосистем. Изложены теоретические основы расчета доза-эффект зависимостей как основных показателей степени воздействия атмосферных выбросов промышленных предприятий на окружающую среду, в том числе на лесные и водные экосистемы. Приведены методики расчета количественных оценок по доза-эффект зависимостям на основе системы интегральных индексов. Изложены результаты практического применения математических моделей лесных массивов в районе металлургических предприятий и математических моделей водных экосистем Германии. Описаны назначе-

ние и архитектура систем поддержки принятия решений по охране окружающей среды; изложены принципы автоматизированного принятия организационно-управленческих решений при выбросах аварийно химически опасных веществ в атмосферу. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» по специальностям «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» и «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов», а также может быть использовано студентами, обучающимися по направлению «Защита окружающей среды» по специальностям «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и «Инженерная защита окружающей среды»; по специальности «Менеджмент высоких технологий»; по специальности «Прикладная математика» при изучении дисциплины «Математическое моделирование». Книга может быть полезной студентам, аспирантам, научным сотрудникам и предпринимателям, применяющим методы математического моделирования.