

УДК 631.53.011 + 57.043 + 577.19

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕЯНЦЕВ НУГА АБИССИНСКОГО ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ИМПУЛЬСНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ**В.Н. Зеленков^{1,2,3}, А.А. Лапин⁴, В.В. Карпачев⁵, В.В. Латушкин¹, М.И. Иванова³, С.В. Гаврилов¹, П.А. Верник¹, В.П. Барышок⁶**¹ Институт стратегий развития, Москва, Россия² Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва, Россия³ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научный центр овощеводства, Московская область, Россия⁴ Казанский энергетический университет, Казань, Россия⁵ Всероссийский научно-исследовательский институт рапса, Липецк, Россия⁶ Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия**ВВЕДЕНИЕ**

При искусственном выращивании растений в замкнутых агроэкосистемах с использованием светокультуры регулирование параметров освещения приобретает особую значимость [1]. В связи с развитием научных подходов в области фотонного управления продукционным процессом растений придается большое значение изучению импульсных режимов облучения [2]. Однако влияние импульсного света мало изучено, он может оказывать как стимулирующее, так и угнетающее действие в зависимости от режимов облучения [3, 4]. Одним из важных моментов является также оценка антиоксидантной активности как возможного маркера изменения метаболических процессов в растениях при изменении условий среды обитания, в том числе режима освещения и условий минерального питания растений [5, 6]. Известно, что при инициации стрессорами защитных реакций происходит изменение состава и содержания метаболитов антиоксидантного метаболома. Устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам может быть связана с накоплением биологически активных веществ с антиоксидантной активностью [6, 7].

В предыдущих работах [8–10] нами впервые исследовано влияние режимов импульсного облучения на прорастание семян нуга (всхожесть, биометрические показатели сеянцев и суммарная антиоксидантная активность), а также комбинированного воздействия импульсного облучения и изменения режимов минерального питания. Настоящая работа продолжает исследования в данном направлении и связана с необходимостью изучить особенности изменения антиоксидантной активности сеянцев в зависимости от режимов импульсного освещения в сочетании с разными схемами минерального питания и некорневой обработкой кремнийорганическим соединением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019 г. на базе опытного образца синерготрона 1.01. конструкции Автономной некоммерческой организации «Институт стратегий развития» – закрытой климатической камере с цифровым программным управлением основными параметрами внешней среды. В качестве объекта исследований взяты семена и проростки – нуга абиссинского (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass) сорта «Липчанин (селекции ВНИИ рапса)». Проращивание семян проводили в чашках Петри согласно ГОСТ 12038–84 с изменениями – использовалась подложка из минеральной ваты фирмы «Агрос». Количество семян – по 25 шт. в чашке Петри, повторность трехкратная. Температура 25–26°С. Уровень интенсивности света, создаваемый светодиодными светильниками на уровне субстрата в период действия импульса составил 130–140 мкМоль/м² * с, 24 ч в сутки. Использовались следующие режимы импульсного светодиодного облучения (фактор А): 1с / 3 с (длительность импульса 1 с, пауза – период следования импульса 3 с); 1с / 4 с; 1с / 6 с, 1мс / 3 мс. Контроль – проращивание в темноте. На 7-й день проращивания этиолированные сеянцы помещали на свет 1с / 3 с. Увлажнение подложки (фактор Б) проводили по трем вариантам – дистиллированной водой, минеральным питательным раствором (по рекомендации компании «Рийк Цваан» для салатных культур в концентрации ЕС 0.25 мСм/см) однократно по 20 мл на чашку Петри на 7-е сутки после посева семян, затем полив дистиллированной водой. В третьем варианте дополнительно проводили некорневую обработку сеянцев кремнийорганическим соединением 1 – этоксисилатран в концентрации 5×10⁻³ на 7-е сутки от посева семян (по 3 мл на чашку Петри). В четвертом варианте в состав питательного раствора

дополнительно вводили натрий (в соотношении к калию 1:20, однократно по 20 мл на чашку Петри на 7-е сутки после посева). Суммарную антиоксидантную активность (САОА) измеряли кулонометрическим методом (в пересчете г рутина на 100 г. образца на сухой (с.о.) образец) [11]. Высушивание образцов проводили при комнатной температуре

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Показатели суммарной антиоксидантной активности (САОА) в эксперименте изменялись под влиянием как фактора А – режим импульсного освещения, так и фактора В – режим питания семян (рисунок).

При импульсном освещении (фактор А) САОА в большинстве вариантов увеличивалось по сравнению с контролем. Максимальное увеличение САОА семян нуга (более чем в два раза по сравнению с контролем) наблюдали при освещении в режиме 1 / 4 с. При режимах 1 / 6 с 1 / 3 мс антиоксидантная активность ниже, чем в контроле.

Изучение влияния фактора В (режима питания семян) показало, что при замене дистиллированной воды для полива семян минеральным питательным раствором САОА семян возрастала. При некорневой обработке 1 – этоксисилатраном, а также при введении в состав питательного раствора натрия, антиоксидантная активность в большинстве вариантов уменьшалась и оказывалась сопоставимой с контролем. Однако в некоторых случаях, вероятно, вследствие взаимодействия факторов А и В, данная закономерность не всегда четко выражена.

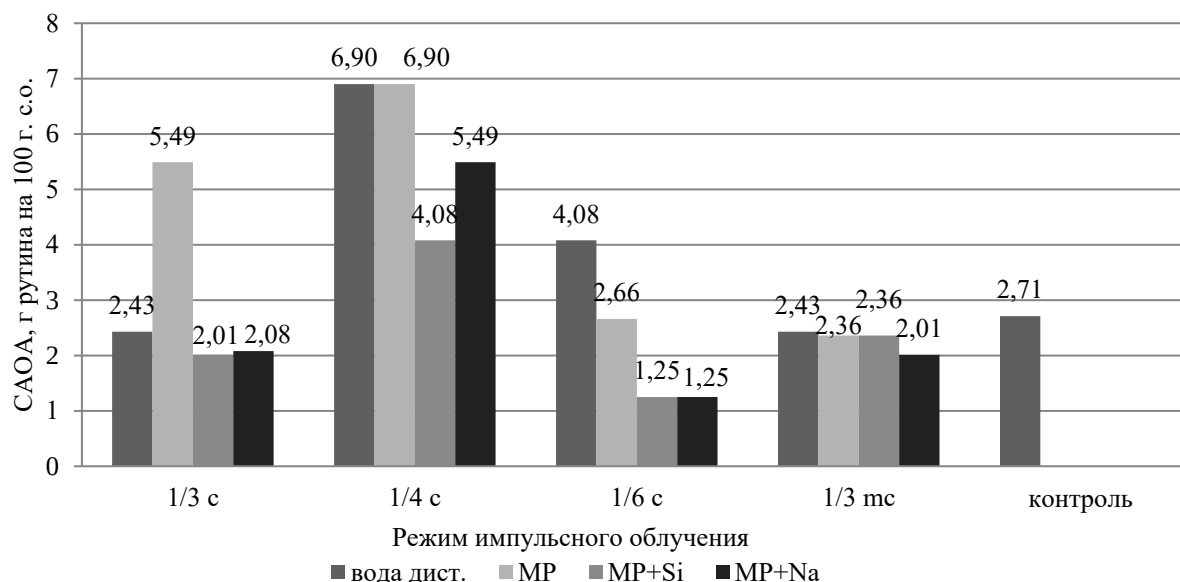


Рисунок – Влияние импульсного облучения и схемы питания на суммарную антиоксидантную активность семян нуга (г. рутин на 100 г. с.о.)

Примечание: MP – минеральный питательный раствор, MP + Si – минеральный раствор и некорневая обработка кремнийорганическим соединением 1 – этоксисилатран, MP + Na – минеральный раствор с добавлением натрия

Представляет интерес сопоставить данные по антиоксидантной активности и биомассе растений. В опубликованной нами ранее работе показано [9,10], что из режимов импульсного облучения наиболее благоприятен для роста растений нуга 1с / 3 с (увеличение биомассы на 22,6 %), наименьшая биомасса (ниже контроля) формировалась при режиме 1с / 4 с. Именно при последнем режиме отмечен максимальный уровень САОА семян нуга в текущем эксперименте. Однако режим 1с / 6с также оказался неблагоприятным для формирования биомассы, однако роста САОА по сравнению с контролем в данном варианте не зафиксировано. По видимому, это свидетельствует о сложности процессов метаболизма и формирования стрессоустойчивости растений, что отражается на уровне САОА.

По фактору В установлено [9,10], что использование минерального питательного раствора (вместо дистиллированной воды в контроле) при поливе увеличивало биомассу семян нуга абиссинского в среднем на 8,5 %, а дополнительная некорневая обработка 1 – этоксисилатраном – на 12 %. Положительный эффект сохранялся при всех изученных режимах импульсного облучения. В текущем эксперименте, как указано выше, САОА семян в большинстве вариантов возрастало при замене дистиллированной воды минеральным раствором, но при дополнительной обработке 1 – этоксисилатраном САОА снижалось и оказывалось сопоставимым с контролем. Для выяснения причин данного явления необходимо проведение дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

Антиоксидантная активность семян нуга изменялась как при воздействии фактора А (режим импульсного освещения), так и фактора В (схема питания семян), что говорит о чувствительности данного параметра к изменению условий выращивания.

Максимальный рост суммарной антиоксидантной активности по сравнению с контролем – в варианте 1 / 4 с. При режимах 1 / 6 с 1 / 3 мс антиоксидантная активность ниже, чем в контроле.

При выращивании семян нуга на минеральном питательном растворе в большинстве вариантов возрастала антиоксидантная активность по сравнению с поливом дистиллированной водой (контроль).

При некорневой обработке 1 – этоксисилатраном, а также при введении в состав питательного раствора натрия, антиоксидантная активность в большинстве вариантов уменьшалась по сравнению с минеральным питательным раствором и оказывалась сопоставимой с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений. Биофизические и биотехнологические основы. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 213 с.
2. Olvera-Gonzalez E., Alaniz-Lumbreras D., Ivanov-Tsonchev R. et al. Chlorophyll fluorescence emission of tomato plants as a response to pulsed light based LEDs. // Plant Growth Regulation. – 2013. – № 69. – Р. 117–123.
3. Мороз Д.С. Влияние светодиодного освещения на продукционный процесс и параметры водообмена растений томата *Lycopersicon esculentum* mill.: автореф. дис... канд. биол. наук. – Минск, 2015. – 23 с.
4. Коновалова И.О. Определение оптимальных параметров светодиодного освещения листовых овощных культур применительно к витаминной космической оранжерее: автореф. дис... канд. биол. наук. – Москва, 2016. – 24 с.
5. Лапин А.А., Зеленков В.Н. К вопросу определения антиоксидантного статуса овощей // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сборник научных трудов. Вып.14. – Москва: РАЕН, 2001. – С. 43–52.
6. Гинс В.К., Гинс М.С. Физиолого-биохимические основы интродукции и селекции овощных культур. – М.: РУДН, 2011. – 190 с.
7. Быков В.А., Масляков В.Ю., Сидельников Н.И., и др. Изучение ресурсов дикорастущих лекарственных растений в ВИЛАРе: основные направления и результаты // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012. – Т.10. – № 1. – С. 32–39.
8. Зеленков В.Н., Карпачев В.В., Белоножкина Т.Г., и др. Жирнокислотный состав семян нуга абиссинского, их суммарная антиоксидантная активность и перспективы практического использования российского сорта «Липчанин» // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2017. – № 12. – С. 12–14.
9. Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Лапин А.А., и др. Влияние облучения в импульсном режиме на всхожесть и содержание антиоксидантов при проращивании семян нуга абиссинского в закрытой системе синерготрона 1.1. // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений. – М., РУДН, 2019. – Т.1. – С. 314 – 317. Doi 10.22363/09358–2019
10. Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Карпачев В.В., и др. Влияние кремнийорганического соединения 1 – этоксисилатран и минерального питательного раствора на рост семян нуга абиссинского при разных режимах импульсного освещения // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – М.: РУДН, 2019. – С. 65–67. Doi 10.22363/09509–2019–65–67