

ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕТИЛЖАСМОНАТА И ЦИТОКИНИНА 6-БЕНЗИЛАМИНОПУРИНА НА РАСТЕНИЯ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

Ч.Р. Аллагулова, Р.А. Юлдашев, А.М. Авальбаев, Ф.М. Шакирова

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия, *molgen@anrb.ru*

Аннотация. Работа посвящена исследованию в сравнительном аспекте влияния обработки 44 нМ 6-бензиламинопурином (БАП) и 100 нМ метилжасмонатом (МеЖ) на показатели роста проростков пшеницы и целостности мембранных структур в условиях засухи, моделируемой 12%-ым полиэтиленгликолем (ПЭГ). Обработка растений пшеницы исследуемыми фитогормонами в нормальных условиях произрастания оказывала сходный по уровню рост стимулирующий эффект. Наряду с этим предобработанные БАП или МеЖ и подвергнутые стрессу проростки характеризовались поддержанием интенсивности ростовых процессов и целостности мембранных структур на уровне близком к контролю. Полученные данные могут служить доводом в пользу высказанного ранее предположения о выполнении эндогенными цитокининами роли гормональных интермедиатов в проявлении рост стимулирующего и защитного действия МеЖ на растения пшеницы.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., метилжасмонат, цитокинины, засуха, абиотический стресс

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-72-75

В естественной среде обитания рост и развитие растений происходит в непрерывно меняющихся условиях произрастания. К числу наиболее широко распространенных неблагоприятных факторов внешней среды, вызывающих существенные нарушения в протекании всех звеньев метаболизма растений и существенно снижающих их рост и продуктивность, относится засуха [Carvalho, 2008; Osakabe et al., 2014; Burgess, Huang, 2016]. Ключевую роль в адаптации растений к стрессовым факторам, вызывающим нарушение водного режима, играет абсцизовая кислота (АБК), регуляторное действие которой связано со способностью индуцировать широкий спектр генов защитных белков [Burgess, Huang, 2016; De Ollas, Dodd, 2016]. Наряду с АБК в регуляцию защитных программ растений вовлекаются и другие фитогормоны, в частности жасмонаты, на что указывают сведения об усилении их биосинтеза при воздействии абиотических стрессовых факторов и снижении уровня их повреждающего действия на растения, предобработанные жасмонатами [Burgess, Huang, 2016; De Ollas, Dodd, 2016; Per et al., 2018]. Полученные нами ранее данные о накоплении цитокининов в проростках пшеницы в норме и предотвращении их падения при стрессе под влиянием экзогенной обработки метилжасмонатом позволили предположить важную роль эндогенных цитокининов в реализации рост стимулирующего и протекторного действия МеЖ на растения пшеницы [Шакирова и др., 2013; Avalbaev et al., 2016]. Поскольку и цитокинины и жасмонаты обладают свойствами стимуляторов роста растений и индукторов их защитных реакций, они весьма привлекательны для использования в практическом растениеводстве с целью повышения устойчивости и продуктивности разных хозяйственно-ценных культур [Burgess, Huang, 2016; De Ollas, Dodd, 2016; Per et al., 2018]. В связи с этим весьма актуальным является исследование механизмов, лежащих в основе индуцированной этими гормонами устойчивости растений к засухе. Цель работы заключалась в сопоставлении защитного действия метилжасмоната и цитокинина 6-бензиламинопурина на подвергнутые засухе проростки пшеницы.

Объектом исследования служили растения пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Башкирская 26. После стерилизации 96%-ным этанолом семена проращивали на смоченной водой фильтровальной бумаге при 21-23 °С, 16-часовом фотопериоде и освещенности 15 клк. 3-сут проростки изолировали от эндосперма и инкубировали 24 ч на растворе 2%-ной сахарозы. Предобработанные и необработанные 100 нМ МеЖ или 44 нМ БАП 4-сут проростки подвергали воздействию засухи, моделируемой обработкой 12%-м ПЭГ. О защитном действии фитогормонов судили по линейным размерам проростков (длина корня, побега и целого проростка), а также по интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) и проницаемости клеточных мембран проростков. Интенсивность ПОЛ оценивали по накоплению малонового диальдегида (МДА) с помощью цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой [Шакирова и др., 2013]. О проницаемости клеточных мембран проростков судили по уровню выхода электролитов с использованием кондуктометра ОК 102/1 (Radelkis, Венгрия), измеряя омическое сопротивление водных экстрактов в постоянном токе [Шакирова и др., 2013]. Контролем во всех опытах служили проростки, инкубированные на 2%-ной сахарозе. Эксперименты проводили в трех биологических и четырех-пяти аналитических повторах. На рисунках представлены данные средних арифметических и их стандартные ошибки, полученных с использованием компьютерных программ Statistica, Microsoft Excel.

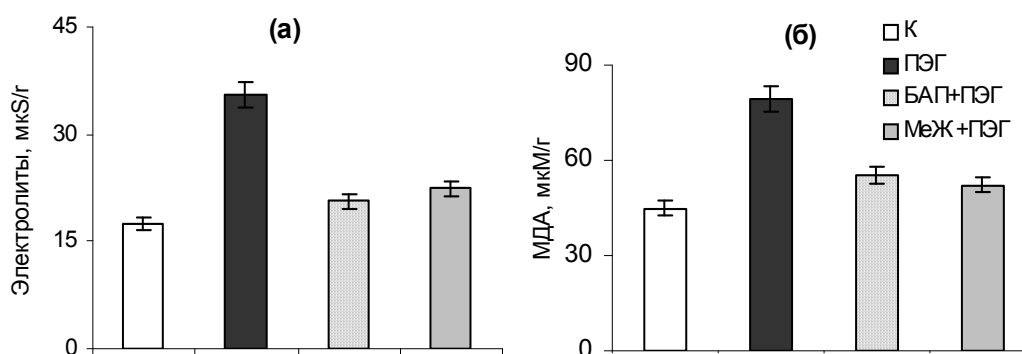


Рис. 1. Влияние предобработки 44 нМ БАП или 100 нМ МеЖ на уровень выхода электролитов (а) и накопление МДА (б) в 4-сут проростках пшеницы, подвергнутых 3 часовому воздействию 12%-го ПЭГ.

Известно, что в условиях обезвоживания клетки и ткани растений испытывают окислительный стресс, возникающий вследствие избыточной продукции активных форм кислорода (АФК), способных вызывать повреждения мембранных структур [Carvalho, 2008]. В литературе имеются данные о способности цитокининов и жасмонатов оказывать влияние на состояние антиоксидантной системы растений [Burgess, Huang, 2016; Per et al., 2018]. В связи с этим можно было ожидать, что предобработка БАП или МеЖ будет способствовать нейтрализации стресс-индуцируемой продукции АФК, что в свою очередь должно найти отражение в уменьшении степени повреждающего действия обезвоживания на целостность мембранных структур, о котором можно судить по содержанию одного из конечных продуктов ПОЛ малонового диальдегиду, а также по уровню экзоосмоса электролитов из тканей. Результаты опытов показали, что воздействие стресса вызвало сильно выраженный повреждающий эффект на целостность мембранных структур клеток, на что указывают данные по существенному увеличению содержания МДА и выходу электролитов из тканей (рис. 1). Предобработка проростков и БАП, и МеЖ хотя и не предотвращала, но существенно снижала негативное действие 12%-го ПЭГ на целостность мембранных структур проростков пшеницы, о чем свидетельствуют

данные по уменьшению в них уровня стресс-индуцированного накопления МДА и экзоосмоса электролитов (рис. 1).

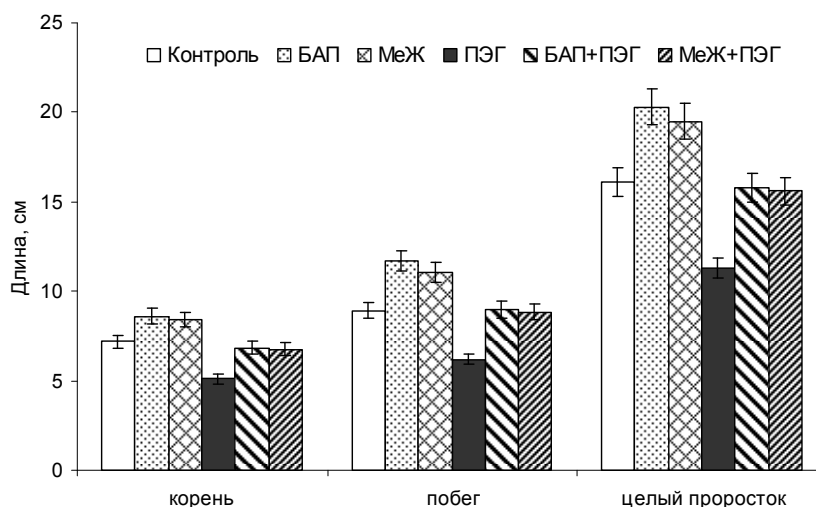


Рис. 2. Линейные размеры корней, побегов и целых 5-сут проростков пшеницы, предобработанных и необработанных 44 нМ БАП или 100 нМ МеЖ и подвергнутых действию засухи, моделируемой 12%-ным ПЭГ.

Интегральным показателем степени повреждающего действия стрессовых факторов на растения служат данные об их росте. В связи с этим далее был проведен сравнительный анализ линейных размеров необработанных и предобработанных БАП или МеЖ проростков пшеницы при воздействии моделируемой ПЭГ засухи, результаты которого приведены на рис. 2. Обработка проростков обоими гормонами в норме способствовала активации их роста, о чем судили по увеличению длины корней, побегов и целого проростка. При этом метилжасмонат оказал на проростки соизмеримый с действием цитокинина рост стимулирующий эффект, что отразилось более чем в 20%-ном возрастании линейных размеров проростков. Моделируемая ПЭГ засуха привела к существенному торможению роста проростков (рис. 2). Предобработанные БАП или МеЖ и подвергнутые стрессу растения характеризовались поддержанием интенсивности ростовых процессов на уровне близком к контролю. Важно отметить, что защитный эффект метилжасмоната сопоставим по уровню с протекторным действием цитокинина на рост проростков пшеницы в условиях засухи.

Таким образом, полученные данные о сопоставимом по уровню рост стимулирующем и защитном эффекте МеЖ и БАП на растения пшеницы при воздействии засухи свидетельствуют в пользу высказанного нами ранее предположения о выполнении эндогенными цитокинами роли гормональных интермедиатов в реализации физиологического действия метилжасмоната на растения пшеницы.

Работа выполнена в рамках госзадания (№ темы АААА-А16-116020350029-1) при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-04-01853_а) с привлечением приборного парка ЦКП «Биомика» (Отделение биохимических методов исследований и нанобиотехнологии РЦКП «Агидель») и УНУ «КОДИНК».

Литература

Шакирова Ф.М., Масленникова Д.Р., Фатхутдинова Р.А., Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Сомов К.А. Сравнительный анализ физиологического действия метилжасмоната и цитокинина на растения пшеницы // *Агрохимия*. – 2013. – № 2. – С. 49–55.

Avalbaev A., Yuldashev R., Fedorova K., Somov K., Allagulova Ch., Shakirova F., Vysotskaya L. Exogenous methyl jasmonate regulates cytokinin content by modulating cytokinin oxidase activity in wheat seedlings under salinity // *J. Plant Physiology*. – 2016. – V. 191. – P. 101–110.

Burgess P., Huang B. Mechanisms of hormone regulation for drought tolerance in plants. In: Hossain M., Wani S., Bhattacharjee S., Burritt D., Tran LS. (eds). *Drought stress tolerance in plants*. – Springer, Cham. – 2016. – P. 45–75.

Carvalho M.H.C. Drought stress and reactive oxygen species // *Plant Signaling Behaviour*. – 2008. – V.3 (3). – P. 156–165.

De Ollas C., Dodd I.C. Physiological impacts of ABA–JA interactions under water-limitation // *Plant Molecular Biology*. – 2016. – V. 91. – P. 641–650.

Osakabe Y., Osakabe K., Shinozaki K., Tran L.-S.P. Response of plants to water stress // *Front. Plant Sci*. – 2014. – V. 5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086>.

Per T.S., Khan M.I.R., Anjum N.A., Masood A., Hussain S.J., Khan N.A. Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters // *Environ. Exper. Bot*. – 2018. – V. 145. – P. 104–120.

THE PROTECTIVE EFFECT OF METHYL JASMONATE AND CYTOKININ 6-BENZYLAMINOPURINE ON WHEAT PLANTS UNDER DROUGHT CONDITIONS

Ch.R. Allagulova, R.A. Yuldashev, A.M. Avalbaev, F.M. Shakirova

Institute of Biochemistry and Genetics - Subdivision of the Ufa Federal Research
Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, molgen@anrb.ru

Abstract. The work was devoted to comparative study of the effect of 100 nM methyl jasmonate (MeJA) and 44 nM 6-benzylaminopurine (BAP) on the growth parameters and integrity of membrane structures of wheat plants subjected to polyethylene glycol (PEG)-simulated drought. Treatment of wheat plants with BAP or MeJA under normal growth conditions had a similar growth-stimulating effect. At the same time, pretreated with hormones and stressed plants were characterized by maintaining the intensity of growth processes and the integrity of membrane structures at the level close to control. The obtained results can serve as evidence in favor of our earlier assumption that endogenous cytokinins fulfill the role of hormonal intermediates in the growth-stimulating and protective effects of MeJA on wheat plants under normal and stress conditions.

Keywords: *Triticum aestivum* L., methyl jasmonate, cytokinins, drought, abiotic stress