УДК: 57.04; 57.017.3

<https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.04>

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ *Linaria genistifolia* НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН КУКУРУЗЫ И СОДЕРЖАНИЕ В НИХ КРАХМАЛА

Боровская А.Д., Иванова Р.А., Мащенко Н.Е.

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Кишинэу, Республика Молдова

e-mail: alla.borovskaia@igfpp.md

Abstract

The use of reserve substances by maize during germination may depend on various factors, including genotypic and abiotic ones. The aim of the study was to establish the changes in the germination characteristics, starch content and reserve substances mobilization of various maize hybrids under the influence of supraoptimal temperature and genistifoliosides. The heat stress promoted an increase in the metabolic efficiency of maize germination and led to a decrease in the starch content in the seeds. These changes were mostly dependent on the maize hybrid. The seeds pretreatment with genistifoliosides allowed removing the growth inhibition caused by increased temperature.

Key words: maize, reserve substances, starch, mobilization, heat stress, genistifoliosides

Введение

Изучение стрессовых реакций растений с целью развития представлений об адаптивности онтогенеза растительных организмов к воздействию неблагоприятных условий среды позволяет лучше понять закономерности их функционирования. Эта область физиологии растений имеет прикладное значение, поскольку выявление механизмов устойчивости и адаптации растений к неблагоприятным факторам окружающей среды открывает широкие перспективы для развития селекции и биотехнологий [1]. Растительные организмы в природных условиях постоянно подвергаются воздействию абиотических и биотических факторов, причем тепловой шок является одним из наиболее распространенных абиотических стресс-факторов. В связи с этим значительный интерес представляют исследования, направленные на повышение теплоустойчивости растений, поскольку глобальное потепление может отрицательно сказаться на жизнедеятельности и продуктивности последних.

Ранее было установлено [2], что для прорастания семян необходимым является синтез специфических белков, участвующих на начальных этапах прорастания в период набухания, проклевывания, мобилизации запасных веществ и, в частности, запасных белков и крахмала. Известно, что наиболее важными показателями, характеризующими действие высоких температур, являются ростовые процессы. Сверхоптимальная температура задерживает прорастание семян и снижает скорость роста зародышевых корешков и проростков. Максимальная реализация ростового потенциала культурных растений при попадании в условия абиотического стресса может быть осуществлена посредством использования биологически активных веществ, в частности регуляторов роста [3]. Особенностью действия регуляторов роста является то, что они, интенсифицируя физиолого-биохимические процессы в растениях, одновременно повышают устойчивость последних к стрессам и болезням [4].

В связи с вышесказанным, целью настоящего исследования было изучение процессов прорастания и мобилизации резервных веществ семян различных гибридов кукурузы, подвергнутых воздействию сверхоптимальной температуры и биологически активных веществ из *Linaria genistifolia* (генистифолиозидов).

Материалы и методы

Семена кукурузы гибридов 180MRf (P180) и 374MRf (P374), различающихся сроками созревания, размером семян и устойчивостью к различным абиотическим стрессам, были получены в Институте растениеводства «Порумбень» (Республика Молдова).

Предварительно замоченные в воде на 24 часа семена подвергали тепловому стрессу при температуре 50°C в течение 30 минут. Проращивание семян проводили в соответствии с положениями международных правил. Количество резервных веществ, потраченных на дыхание (SMR, г/ед) рассчитывали следующим образом:

$$SMR = SMU - (RMU + EMU + SMG),$$

где: SMU - сухая масса семян до прорастания, г/ед; RMU - сухая масса корней, г/ед; EMU - сухая масса проростков, г/ед; SMG - сухая масса семян после прорастания, г/ед.

Эффективность использования резервных веществ для прорастания семян или метаболическую эффективность (SME) определяли согласно формуле [5]:

$$SME = (RMU + EMU) / SMR$$

Кроме того, исследовали влияние теплового стресса с одновременным применением генистифолиозидов (суммы иридоидных гликозидов из надземной части растения *Linaria genistifolia* (L.) Mill) в концентрации 0,001% на метаболическую эффективность и изменение содержания крахмала в семенах кукурузы. Содержание крахмала определяли по методу Эверса [6].

Результаты и обсуждение

Начальная лабораторная всхожесть семян указанных гибридов была различной и составляла у P180 - 76,1%, у P374 - 94,67%. После термостресса всхожесть семян снизилась на 28,16% у P180, а у P374 – на 33,8% по отношению к контролю.

При воздействии экстремальных температур наблюдаются изменения в поврежденных клетках, затрагивающие энергетический обмен растений, что неминуемо приводит к ослаблению синтетических процессов. В ходе исследований выявлено, что высокая температура не только задерживает прорастание семян, но и подавляет ростовые процессы. При этом нами установлено, что тепловой шок более отрицательно сказывается на корневой системе, чем на проростке. Средняя длина корешков после термостресса у обоих гибридов уменьшилась на 3-5 см по отношению к контролю. Достоверных же изменений по длине проростков не было отмечено. При этом у гибрида P180 во всех опытах до и после термической обработки значительных различий сухой массы корешков, полученных из 100 семян кукурузы, не было определено. У гибрида P374 масса корешков после термостресса в водном опыте оказалась ниже в 1,25 раз, а применение генистифолиозидов в сочетании с тепловым стрессом привело к снижению данного параметра почти 2 раза (рис. 1).

Рис. 1. Влияние теплового стресса и генистифолиозидов на сухой вес корешков, г

При действии экстремальной температуры растение находится на пределе своих функциональных, структурных и энергетических возможностей. Для выживания в этих условиях необходимы максимально быстрая мобилизация и формирование защитных систем, что невозможно без соответствующего энергообеспечения. Крахмал является основным органическим соединением, которое производится растениями для накопления энергии. При этом вызываемые экстремальными воздействиями нарушения физиолого-биохимических параметров тем слабее, чем выше устойчивость растений; у которых изменение уровня обмена веществ при длительном воздействии неблагоприятного фактора, как правило, происходит быстрее, но меньше отклоняется от уровня метаболизма при оптимальных условиях.

В нашем случае в процессе прорастания семян кукурузы во всех вариантах отмечается убыль крахмала, что свидетельствует о его распаде и интенсивном использовании (рис.2). Однако у гибрида P374, отличающегося жаростойкостью, количество крахмала в зерне, после термической обработки, не отличалось от контрольного варианта. При этом применение генистифолиозидов способствовало сохранению в зерне данного гибрида на 8% больше крахмала по сравнению с водным контролем, то есть использование запасных веществ для энергообеспечения у P374 идет медленнее. Гибриду P180 на прорастание и восстановление после термообработки требовалось больше энергии, поэтому содержание крахмала как в водном варианте, так и с применением генистифолиозидов было ниже на 20% и 24,5% (рис.2).

Рис. 2. Влияние генистифолиозидов в сочетании с повышенной температурой на содержание крахмала в зерне кукурузы.

Исследования показали, что для роста зародышевых корешков расходуется значительно больше резервных веществ (26,46-33,22%), чем на развитие проростков (17,01-20,49%). Суммарная доля резервных веществ эндосперма, которую используют гибриды для роста корней и проростков в контроле, варьировала в пределах 47-52%, остальные вещества (48-63%) были израсходованы на дыхание в процессе прорастания (рис. 3). После теплового стресса у изучаемых гибридов суммарная доля резервных веществ, использованная для роста корней и проростков, увеличилась на 2-11%. При этом у гибрида P180 данный параметр увеличился в 2,2 раза, что свидетельствует о более интенсивных процессах роста.

Рис. 3. Использование резервных веществ для прорастания семян:

I - контроль; II – контроль+термостресс; III – опыт - генистифолиозиды; IV – опыт - генистифолиозиды+термостресс

У гибрида P374, обладающего устойчивостью к повышенной температуре, тепловой шок не вызвал значительного повышения метаболической активности. Предварительная обработка семян кукурузы генистифолиозидами также способствовала более эффективному расходованию резервных веществ проросшими семенами тестируемых гибридов, подвергшихся воздействию сверхоптимальной температуры (рис. 3).

Следует отметить, что применение генистифолиозидов способствовало увеличению метаболической эффективности у гибрида P180 после теплового стресса почти в 2 раза, а у P374 – лишь

на 18-22% (рис. 4). Таким образом, влияние генистифолиозидов существеннее при обработке менее устойчивых к тепловому стрессу гибридов.

Рис. 4. Эффективность использования резервных веществ для прорастания семян.

Выводы

Изучено воздействие повышенной температуры (50⁰C) на лабораторную всхожесть семян кукурузы гибридов, в результате чего установлено снижение данного показателя для изучаемых гибридов до 34%. Выявлено значительное влияние теплового стресса на рост зародышевых корней. Определена степень использования резервного крахмала при тепловом стрессе и обработке семян раствором суммы генистифолиозидов. Показано, что с помощью предварительной обработки семян биологически активными веществами из *L.genistijolia* появляется возможность снять угнетение роста, вызванное повышенной температурой.

Авторы выражают признательность коллективу Института Растениеводства «Порумбень» (Республика Молдова) за предоставленные для исследований семена кукурузы. Работа выполнена в рамках Государственной Программы № 20.80009.7007.07 при финансовой поддержке Национального Агентства по Исследованиям и Развитию Республики Молдова.

Литература

1. КОШКИН, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.: Дрофа, 2010. 640 с. ISBN 978-5-358-07798-0.
2. ГУМИЛЕВСКАЯ, Н.А., ЧУМИКИНА, Л.В., ШАТИЛОВА, В.Р. Синтез белка и РНК в прорастающих семенах. Биохимия. 1995, 60 (1): 35-45.
3. KUMAR, S. Comparative response of maize and rice genotypes to heat stress: status of oxidative stress and antioxidants. Acta Physiol. Plant. 2012, 34 (1): 75-86.
4. IVANOVA, R. A., BOROVSKAIA, A. D. Study of influence of bioregulator Moldstim on intrinsic resistance of maize to supraoptimal temperatures. The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series Biology. Special Issue "Plant Stress and Adaptation", 2021, Kharkiv, p. 193-194. ISSN 1992-4917.
5. DASCALIUC, A., JELEV, N., RALEA, T. Mobilization of reserve substances of seeds for germination and growth of seedlings in wheat varieties with different frost resistance. Buletinul AȘM. Științele vieții. 2020, 2(341): 54-66. ISSN 1857-064X
6. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. М.: Изд. стандартов, 2009. 6 с