

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-315-325

УДК 574.24+544.431.7

Влияние засухи на антиоксидантную активность кукурузы из различных почвенно-климатических регионов

А.Р. Сукиасян

Национальный политехнический университет Армении
Армения, 0009, Ереван, ул. Терьяна, 105

Изучена антиоксидантная активность однолетнего растения — сахарной кукурузы армянской популяции, которая произрастала в различных почвенно-климатических регионах Армении. Антиоксидантную активность определяли по четырем биохимическим показателям, количественные изменения которых оценивались в условиях моделируемой засухи (умеренной и сильной). В качестве биологического контроля в экспериментах использовали кукурузу инбредной линии В73. В ходе экспериментов было установлено, что ушакертские образцы растений обладают повышенным значением концентрации малонового диальдегида и флавоноидов. В биологическом материале кукурузы из Техута обнаружены высокие концентрационные значения по восстановлению антиоксидантами железа и полифенолов. Определено, что повышение засухи от умеренной до сильной как у образца кукурузы биологического контроля В73, так и у армянских образцов кукурузы вызвало активацию антиоксидантной системы защиты по всем четырем показателям. Благодаря этому возможно расширение в использовании кукурузы в качестве растения-индикатора, а также ее можно считать функциональным продуктом питания, так как она является хорошим источником естественных антиоксидантов.

Ключевые слова: кукуруза, засуха, антиоксидант, малоновый диальдегид, восстановленное железо, полифенолы, флавоноиды

Введение

Окружающая среда постоянно подвергается воздействию абиотического стресса, что негативно сказывается в целом на экономической ситуации и в частности на сельском хозяйстве. Эволюционное развитие растений в сухих условиях сопровождалось экстремальными температурными диапазонами [1]. Впоследствии процесс окультуривания сельскохозяйственных растений происходил в благоприятных условиях [2]. Фактически возникала потребность в создании таких сортов растений, у которых стрессовые факторы не влияли бы на продуктивность [3].

На сегодняшний день человечество сталкивается в основном с двумя истощающимися во времени ресурсами — почвой и водой. В этом контексте прогнозируется ситуация с дальнейшим драматическим развитием, поскольку глобальное

© Сукиасян А.Р., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

повышение температуры и увеличение углекислого газа влекут за собой изменение локального микроклимата, что приводит непосредственно к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [4].

Исходя из вышесказанного возникает необходимость проведения стратегически необходимых исследований, направленных на разработку и изучение генетически модифицированных растений, полученных на основе анализа гиперэкспрессии генотипов с целью повышения их толерантности к абиотическим стрессам [5; 6]. Анализ экспрессии генов растений в ответ на абиотические стрессы показывает, что наибольшая часть генома может быть разрушена за счет непосредственного отклика (отражаясь) на защитные реакции [7]. Сложность ответных реакций самого растительного организма на разрушающие факторы абиотического стресса в тандеме с его генетической конституцией выражается в слаженной работе морфофизиологических и биохимических механизмов [8].

Именно при исследовании последних можно определить основные принципы работы адаптационных механизмов, которые и приводят к экспрессии толерантности и адаптации в окружающей среде. В представленной работе изучена ответная реакция на засуху антиоксидантной системы защиты однолетнего растения — сахарной кукурузы и проведено его сравнение с контрольным генно-модифицированным образцом кукурузы инбредной линии В73.

Материалы и методы

В качестве объекта исследований были выбраны сорта армянской популяции ползубовидной кукурузы, распространенной в Лорийском районе Армении близ реки Дебет (Шнох — 41°08'52" с.ш., 44°50'16" в. д., Техут — 41°07'05" с.ш., 44°50'45" в. д.) и кукурузы В73 (Iowa Stiff Stalk Synthetic) в качестве биологического контроля [9].

Моделирование засухи. Моделирование абиотической засухи осуществлялось согласно методике, описанной в работе [24]. С целью определения основных показателей антиоксидантной системы срезывался пятый лист кукурузы на третий день его роста. Затем зона роста листа (10 см от основания листа) разделялась по 1 см, полученные образцы помещались в специальную кювету в условиях -80°C (жидкий азот) для использования во всех экспериментах.

Определение концентрации 2-тиобарбирутовой кислоты (ТБК) — активных продуктов. Образцы растений экстрагировались в 2 мл 80%-го этанола. Затем измерялась интенсивность образования интенсивной розовой окраски проб в присутствии ТБК по методике [11]. Количество малонового диальдегида (МДА) рассчитывали по формуле

$$[6,45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0,56 \cdot A_{440}] / 0,478.$$

Определение железовосстановительной активности плазмы (FRAP). Железавосстановительная активность плазмы позволяет устанавливать антиоксидантную активность растительного экстракта [12]. Экстракты растения готовились на основе 80%-го этанола, затем смешивались в 0,3 М ацетатном буфере (рН = 3,6), содержащем 10 мМ 2,4,6 трис (2 пиридил) s-триазин (ТПТЗ) и 200 мМ FeCl₃.

Оптическая плотность измерялась при 600 нм на планшетном спектрофотометре. В качестве стандарта (контроля) использовалась 6-гидро-2,5,7,8-тетра метилхром-2-карбоксильная кислота (троксол).

Определение полифенолов. Растительный материал экстрагировался в водном растворе 80%-го этанола с помощью реактива Фолина — Чаколтеу, и определялась концентрация полифенолов [13]. Оптическая плотность измерялась при 765 нм, а галловая кислота (ГК) использовалась в качестве стандарта (контроля).

Определение флавоноидов. Для определения концентрации общих флавоноидов были приготовлены экстракты растительной ткани на основе 10%-го хлорида алюминия и 1 М ацетата калия [14]. После 30-минутной инкубации при комнатной температуре в темноте измерялась оптическая плотность при 415 нм, в качестве стандарта (контроля) использовался кверцетин.

Статистическая обработка. Все проведенные эксперименты имели 10 биологических и до 5 технических повторностей. Концентрации всех биохимических показателей представлены в соответствующий единицах, приведенных к грамму свежего веса биологического материала (г СВ). Результаты были обработаны с помощью программы MatLab с учетом t-критерия Стьюдента. Наблюдаемые различия статистически значимы, так как при уровне значимости $p < 0,05$ рассчитанные значения критерия были больше критического [15; 16].

Результаты и их обсуждение

Растения часто сталкиваются с широким спектром абиотических стрессов, включая высокую температуру, засоление, засуху, озон и т.п. Среди перечисленных стресс-факторов засуха является серьезной угрозой для поддержания продовольственной безопасности с учетом прогнозов глобальных климатических изменений в ближайшем будущем. Растительный организм в определенной степени способен выдерживать ограниченность в доступности воды. Но в ответ на засуху для большинства культивируемых растений в качестве ответной реакции зафиксирована широкая генотипическая изменчивость [17]. Ограничение поступающей в растение воды приводит к необратимым изменениям в физиологических процессах, включая и антиоксидантный аппарат защиты растения [18].

В наших предыдущих работах были исследованы изменения некоторых физиологических параметров роста кукурузы при модулируемой засухе [24]. В частности, было установлено, что ограниченное поступление воды включает адаптационные механизмы, вызывает определенные физиологические изменения в высших растениях, замедляя их рост и продуктивность. При этом адаптационные механизмы растений регулируют вызванные изменением степени засухи с поверхности листьев (транспирация). Изучение кинетических параметров роста растения в условиях моделируемой засухи показало, что величина транспирации может быть использована в качестве критерия при оценке последствий абиотического стресса на ряд физиологических показателей роста растения [25].

В данном контексте возникла необходимость исследований по выявлению механизмов регулирования действия засухи на антиоксидантную систему кукурузы по количественным изменениям некоторых ее показателей. На начальной

стадии экспериментов были выявлены концентрационные изменения ТБК-активных продуктов окисления. Согласно полученным результатам (см. таблицу), у образцов из населенного пункта Ушакерт концентрация МДА была в два раза больше по сравнению с контрольным образцом В73. Концентрация вторичного продукта окисления липидсодержащих структур биологического образца из Техута превышала значения того же параметра у контрольного образца на 50 %. При исследовании образцов из населенных пунктов Шнох и Одзун изменения значения МДА были в пределах среднеквадратического. Умеренная засуха вызвала активацию в защитных механизмах, что выразилось в повышении концентрации МДА у биологического контроля более чем в три раза. Аналогичное повышение численного значения МДА наблюдается соответственно у образцов из Одзуна и Техута на 19 %, у биологического материала из Ушакерта — на 47 %, а в случае образцов из населенного пункта Шнох концентрационные изменения МДА были выше более чем в два раза.

Снижение относительной влажности почвы до 34 % позволило смоделировать сильную засуху. Дефицит поливочной воды вызвал резкое повышение концентрации МДА у биологического контроля В73 (почти в пять раз). Соответствующие изменения в липидсодержащих структурах исследуемого биологического материала кукурузы наблюдались и у остальных образцов. Так, при сильной засухе концентрация МДА, по сравнению с контрольным значением, увеличилась у всех образцов кукурузы армянской популяции в среднем в 2,5 раза.

Таблица

Концентрация биохимических показателей антиоксидантной активности кукурузы при моделируемой засухе

Вариант засухи	Техут	Шнох	Одзун	Ушакерт	В73
МДА (мкМоль/г СВ)					
Контроль	3,733 ± 0,203	2,366 ± 0,047	2,382 ± 0,059	4,662 ± 0,818	2,372 ± 0,079
Умеренная засуха	4,476 ± 0,561	5,455 ± 0,046	2,853 ± 0,141	6,888 ± 1,465	7,707 ± 0,225
Сильная засуха	8,416 ± 2,118	6,435 ± 0,035	6,543 ± 0,296	10,486 ± 1,721	11,669 ± 0,125
FRAP (мкл Троксол/г СВ)					
Контроль	3005,186 ± 38,238	1930,249 ± 48,0194	1042,218 ± 12,763	1532,627 ± 12,527	1250,237 ± 12,228
Умеренная засуха	4645,731 ± 10,724	3402,707 ± 10,535	1123,674 ± 17,786	2082,828 ± 14,873	2636,328 ± 16,308
Сильная засуха	8371,859 ± 24,963	4363,721 ± 11,160	3023,069 ± 20,017	1811,548 ± 15,814	2945,556 ± 15,737
Полифеннолы (мг ГК/г СВ)					
Контроль	148,25 ± 5,444	122,452 ± 4,237	116,347 ± 2,686	126,928 ± 1,983	90,554 ± 3,836
Умеренная засуха	181,454 ± 4,289	177,759 ± 1,666	108,881 ± 7,134	122,62 ± 1,488	210,120 ± 2,262
Сильная засуха	391,261 ± 3,533	316,945 ± 4,736	324,154 ± 3,380	147,885 ± 2,271	281,302 ± 2,227
Флавоноиды (мг Кверцетина/г СВ)					
Контроль	208,72 ± 2,037	240,281 ± 1,997	218,255 ± 2,819	318,703 ± 2,254	233,946 ± 1,508
Умеренная засуха	263,8 ± 3,868	422,828 ± 2,347	216,798 ± 1,246	441,055 ± 3,810	520,036 ± 1,483
Сильная засуха	605,996 ± 56,560	630,219 ± 13,408	538,201 ± 3,061	435,211 ± 3,403	606,820 ± 25,518

The concentration of biochemical parameters of the antioxidant activity of maize under drought stress

Drought type	Tekhut	Shnogh	Odzun	Hushakert	B73
MDA ($\mu\text{mol/g FW}$)					
Control	3.733 \pm 0.203	2.366 \pm 0.047	2.382 \pm 0.059	4.662 \pm 0.818	2.372 \pm 0.079
Mild stress	4.476 \pm 0.561	5.455 \pm 0.046	2.853 \pm 0.141	6.888 \pm 1.465	7.707 \pm 0.225
Severe stress	8.416 \pm 2.118	6.435 \pm 0.035	6.543 \pm 0.296	10.486 \pm 1.721	11.669 \pm 0.125
FRAP ($\mu\text{Trolox/g FW}$)					
Control	3005.186 \pm 38.238	1930.249 \pm 48.0194	1042.218 \pm 12.763	1532.627 \pm 12.527	1250.237 \pm 12.228
Mild stress	4645.731 \pm 10.724	3402.707 \pm 10.535	1123.674 \pm 17.786	2082.828 \pm 14.873	2636.328 \pm 16.308
Severe stress	8371.859 \pm 24.963	4363.721 \pm 11.160	3023.069 \pm 20.017	1811.548 \pm 15.814	2945.556 \pm 15.737
Polyphenols (mg GA/g FW)					
Control	148.25 \pm 5.444	122.452 \pm 4.237	116.347 \pm 2.686	126.928 \pm 1.983	90.554 \pm 3.836
Mild stress	181.454 \pm 4.289	177.759 \pm 1.666	108.881 \pm 7.134	122.62 \pm 1.488	210.120 \pm 2.262
Severe stress	391.261 \pm 3.533	316.945 \pm 4.736	324.154 \pm 3.380	147.885 \pm 2.271	281.302 \pm 2.227
Flavonoids (mg QA/g FW)					
Control	208.72 \pm 2.037	240.281 \pm 1.997	218.255 \pm 2.819	318.703 \pm 2.254	233.946 \pm 1.508
Mild stress	263.8 \pm 3.868	422.828 \pm 2.347	216.798 \pm 1.246	441.055 \pm 3.810	520.036 \pm 1.483
Severe stress	605.996 \pm 56.560	630.219 \pm 13.408	538.201 \pm 3.061	435.211 \pm 3.403	606.820 \pm 25.518

Исследуемые образцы армянской популяции сахарной кукурузы отличались по ареалу произрастания, в том числе по концентрации железа в почвенном покрове [26]. Исходя из вышесказанного целью работы было выявление концентрационных изменений по восстановлению низкомолекулярного антиоксидантами железа (ferric reducing/antioxidant power — FRAP) [27] (см. таблицу).

Так, значение FRAP у образца кукурузы из Техута было в 2,4 раза выше, а у биологического материала кукурузы из Одзуна — на 17 % ниже. Умеренная засуха вызвала повышение концентрации FRAP у биологического контроля в 2,1 раза, а у всех образцов армянской популяции кукурузы — почти в 1,5 раза. При усилении режима водного дефицита почти вдвое сильная засуха привела к незначительным концентрационным изменениям восстановленного железа. У контрольного биологического образца сильная засуха увеличила значение концентрации FRAP в 2,4 раза, а в случае с образцами из населенных пунктов Одзун, Шнох и Техут — в среднем в 2,7 раза. Лишь образцы из Ушакерта имели сравнительно незначительные концентрационные изменения (увеличение в 1,8 раза).

Полифенолы по своей природе являются сильными поглотителями свободных радикалов. Исходя из этого, в последующих экспериментах исследовалась динамика концентрационных изменений полифенолов в биологическом материале кукурузы (см. таблицу). Все образцы растений армянской популяции имели большее содержание общих полифенолов по сравнению с контрольным образцом В73. Но умеренная засуха вызвала ответную реакцию у биологического контроля повышением концентрации полифенолов в 2,3 раза. В случае же с армянскими образцами с учетом дефицита поливочной воды ожидаемое концентрационное повышение антиоксиданта оказалось незначительным и составило для всех образцов в среднем 15 %. При снижении относительной влажности почвы произрастания кукурузы до 34 % у биологического контрольного образца концентрация полифенолов увеличилась в 3,1 раза. Но концентрационные изменения полифе-

нолов у образцов армянской популяции оказались неоднозначными. Так, в биологическом материале из населенных пунктов Техут, Шнох и Одзун отмечено повышение общих полифенолов в 2,7 раза, а в случае с Ушакертом — лишь на 15 %.

Флавоноиды, особенно производные кверцетина, в значительной степени влияют на движение ауксина на внутриутробном и межклеточном уровнях и, следовательно, жестко регулируют развитие отдельных органов и всего растения [30]. С этой точки зрения практический интерес представляет исследование влияния абиотического стресса, вызванного дефицитом воды на антиоксидантную систему растительного образца по концентрациям флавоноидов. Проведенные эксперименты показали, что во всех биологических материалах численное значение флавоноидов было почти одинаковым, что составляло в среднем около 225 мг Кверцетина/г СВ, за исключением одного из них (см. таблицу). В этом случае ушакертский биологический материал кукурузы содержал на 15 % больше флавоноидов. Вследствие умеренной засухи дефицит воды приводит к повышению содержания флавоноидов у биологического образца В73 в 2,2 раза, а у образцов армянской популяции из населенных пунктов Ушакерт, Шнох, Техут — в полтора раза.

Для исследуемого образца из Одзуна установлено, что концентрационные изменения флавоноидов находились в пределах допустимого отклонения от показателя среднего. Как и в предыдущих случаях, здесь также проведено исследование влияния сильной засухи на концентрационные изменения флавоноидов в биологическом материале. Согласно полученным результатам, ответная реакция образцов выражалась в повышении концентрации флавоноидов в них. У биологического контроля В73 сильная засуха приводит к повышению концентрации флавоноидов в 2,6 раза. У исследуемых образцов армянской популяции из населенных пунктов Одзун, Шнох и Техут отмечено увеличение концентрации флавоноидов в среднем в 2,7 раза, а для образцов из Ушакерта — в 1,4 раза.

Фактически низкомолекулярные антиоксиданты приводят к повреждению структуры и функции клеток за счет наличия неспаренных электронов в валентной оболочке кислорода. Растительные клетки непрерывно продуцируют АФК даже в нормальных условиях, поддерживая стабильный баланс между производством АФК и защитными механизмами от окислительных повреждений. Абиотический стресс, в первую очередь, нарушает этот баланс, способствуя неконтролируемому всплеску внутриклеточной АФК [31; 32]. Но растительный организм с целью контролирования скорости производства последних «разработал» эффективные ответные механизмы дезактивации АФК, регулирующие такие процессы, как рост растения.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что антиоксидантная активность в целом у армянских образцов выше, чем у контрольного образца В73. При моделируемой засухе у всех образцов антиоксидантная активность повышается по схожему сценарию: чем сильнее засуха, тем больше кон-

центрационные значения всех биохимических показателей. Наблюдаемое отличие в ряду сравнения может быть обусловлено отличием почвенно-климатических регионов произрастания растения.

Список литературы

- [1] *Wheeler T., Von Braun J.* Climate change impacts on global food security // *Science*. 2013. Vol. 341. Pp. 508–513. doi: 10.1126/science.1239402
- [2] *Yoshida T., Mogami J., Yamaguchi-Shinozaki K.* ABA-dependent and ABA-independent signaling in response to osmotic stress in plants // *Current opinion in plant biology*. 2014. Vol. 21. Pp. 133–139. doi: 10.1016/j.pbi.2014.07.009
- [3] *Pereira A.* Plant Abiotic Stress Challenges from the Changing Environment // *Frontiers in plant science*. 2016. Vol. 7. P. 1123. doi: 10.3389/fpls.2016.01123
- [4] *Rosenzweig C., Elliott J., Deryng D., Ruane A.C., Müller C., Arneth A. et al.* Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111. Pp. 3268–3273. doi: 10.1073/pnas.1222463110
- [5] *Des Marais D.L., Hernandez K.M., Juenger T.E.* Genotype by environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment // *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2013. Vol. 44. Pp. 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806
- [6] *Todaka D., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K.* Recent advances in the dissection of drought-stress regulatory networks and strategies for development of drought-tolerant transgenic rice plants // *Frontiers in plant science*. 2015. Vol. 6. Pp. 84. doi: 10.3389/fpls.2015.00084
- [7] *Kumar V., Singh A., Mithra S.A., Krishnamurthy S.L., Parida S.K., Jain S. et al.* Genome-wide association mapping of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa*) // *DNARes*. 2015. Vol. 22. Pp. 133–145. doi: 10.1093/dnares/dsu046
- [8] *Atteya A.M.* Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress // *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 2003. No. 29. Pp. 63–76.
- [9] *Schnable P.S., Ware D., Fulton R.S., Stein J.C., Wei F., Pasternak S., Liang C.* The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics // *Science*. 2009. Vol. 326. Pp. 1112–1115.
- [10] *Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Симонян Г.С., Пирумян Г.П.* Влияние абиотического стресса на рост растений // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 7. С. 168–172.
- [11] *Hodges D., De Long J., Forney C. et al.* Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds // *Planta*. 1999. Vol. 207. No. 4. Pp. 604–611. <https://doi.org/10.1007/s004250050524>
- [12] *Benzie I.F., Strain J.J.* The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay // *Anal Biochemistry*. 1996. Vol. 239. No. 1. Pp. 70–76.
- [13] *Gálvez M., Martín-Cordero C., Houghton P.J., Ayuso M.J.* Antioxidant activity of methanol extracts obtained from *Plantago* species // *Journal agriculture food chemistry*. 2005. Vol. 53. No. 6. Pp. 1927–1933.
- [14] *Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chern J.C.* Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods // *Journal of food and drug analysis*. 2002. No. 10. Pp. 178–182.
- [15] *Киракосян А.А., Сукиасян А.Р.* Использование языка MATLAB в качестве экспресс-метода оценки экспериментальных результатов // *Информационные технологии: Материалы международной молодежной конференции*. Ереван, 23–25 июня, 2005. Ереван, 2005. С. 34–37.
- [16] *Коросов А.В., Горбач В.В.* Компьютерная обработка биологических данных. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2017. 97 с.
- [17] *Lobell D.B., Banziger M., Magorokosho C., Vivek B.* Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials // *Nature Climate Change*. 2011. No. 1. Pp. 42–45. doi: 10.1038/nclimate1043

- [18] *Cruzde Carvalho M.H.* Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling // *Plant Signaling & Behavior*. 2008. No. 3. Pp. 156—165. doi:10.4161/psb.3.3.5536
- [19] *Cornic G.* Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture — not by affecting ATP synthesis // *Trends plant science*. 2000. No. 5. Pp. 187—188.
- [20] *Hoekstra F.A., Golovina E.A., Buitink J.* Mechanisms of plant desiccation tolerance // *Trends plant science*. 2001. No. 6. Pp. 431—438.
- [21] *Noctor G., Veljovic-Jovanovic S., Driscoll S., Novitskaya L., Foyer C.H.* Drought and oxidative load in the leaves of C3 plants: a predominant role for photorespiration? // *Annals of Botany*. 2002. No. 89. Pp. 841—850.
- [22] *Smirnov N.* The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation // *New Phytologist*. 1993. No. 125. Pp. 27—58.
- [23] *Biehler K., Fock H.* Evidence for the contribution of the Mehler peroxidase reaction in dissipating excess electrons in drought stressed wheat // *Plant physiology*. 1996. No. 112. Pp. 265—272.
- [24] Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Нагдалян А.Г., Багдасарян Т.С. Транспирация как критерий оценки абиотического стресса // Вестник национального политехнического университета Армении: гидрология и гидротехника. 2015. № 2. С. 9—14.
- [25] Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Влияние абиотического стресса на рост растений // Успехи современного естествознания. 2016. № 7. С. 168—172.
- [26] *Sukiasyan A.R.* Antioxidant capacity of maize corn under drought stress from the different zones of growing // *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 2016. Vol. 10. No. 8. Pp. 413—416. doi: 10.1999/1307-6892/10005083
- [27] *Benzie I.F., Strain J.J.* The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay // *Analytical Biochemistry*. 1996. Vol. 239. Pp. 70—76.
- [28] *Szydłowska-Czerniak A., Dianoczki C., Recseg K. et al.* Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods // *Talanta*. 2008. Vol. 76. No. 4. Pp. 899—905.
- [29] *Loo A.Y., Jain K., Darah I.* Antioxidant and radical scavenging activities of the pyroligneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora apiculata* // *Food Chemistry*. 2007. Vol. 104. No. 1. Pp. 300—307.
- [30] *Brunetti C., Di Ferdinando M., Fini A., Pollastri S., Tattini M.* Flavonoids as antioxidants in plants under abiotic stresses // *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14. No. 2. Pp. 3540—3555.
- [31] *Schopfer P.* Hydrogen peroxide-mediated cell-wall stiffening in vitro in maize coleoptiles // *Planta*. 1996. No. 199. Pp. 43—49. doi: 10.1007/BF00196879
- [32] *Tsukagoshi H., Busch W., Benfey P.N.* Transcriptional regulation of ROS control transition from proliferation to differentiation in the root // *Cell*. 2010. No. 143. Pp. 606—616. doi: 10.1016/j.cell.2010.10.020

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.11.2018

Дата принятия к печати: 30.11.2018

Для цитирования:

Сукиасян А.Р. Влияние засухи на антиоксидантную активность кукурузы из различных почвенно-климатических регионов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 315—325. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-315-325

Сведения об авторе:

Сукиасян Астгик Рафиковна — кандидат биологических наук, доцент факультета химических технологий и природоохранной инженерии Национального политехнического университета Армении. Контактная информация: e-mail: sukiasyan.astghik@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-5549-3146

Effect of drought on the antioxidant activity of corn from various soil and climatic regions

A.R. Sukiasyan

National Polytechnic University of Armenia
105 Teryan St., 0009, Yerevan, Armenia

The antioxidant activity of an annual plant Maize *Zea* of the Armenian population, which grew in various soil-climatic regions of Armenia, was studied. Antioxidant activity by four biochemical parameters was evaluated, the quantitative changes of which under conditions of simulated drought (mild and severe) were determined. Maize *Zea* of the inbred line B73 was used as the biological control in the experiments. During the experiments, it was found that the Hushakert plant samples have an increased concentration of malonic dialdehyde and flavonoids. In the biological material of corn from Teghut, high concentration values for the restoration of iron and polyphenols by antioxidants are established. The increase in drought from a moderate to the severe biological control of B73 as well as from Armenian maize samples caused the activation of an antioxidant protection system in all four indices was established. This makes it possible to expand the use of maize as a plant indicator, and can be considered as functional foods, as they are a good source of natural antioxidants.

Keywords: maize, drought, antioxidant, malonic dialdehyde, ferric reducing/antioxidant power – FRAP, polyphenols, flavonoids

References

- [1] Wheeler T, Von Braun J. Climate change impacts on global food security. *Science*. 2013;341: 508–513. doi: 10.1126/science.1239402
- [2] Yoshida T, Mogami J, Yamaguchi-Shinozaki K. ABA-dependent and ABA-independent signaling in response to osmotic stress in plants. *Current opinion in plant biology*. 2014;21: 133–139. doi: 10.1016/j.pbi.2014.07.009
- [3] Pereira A. Plant Abiotic Stress Challenges from the Changing Environment. *Frontiers in plant science*. 2016;7: 1123. doi: 10.3389/fpls.2016.01123
- [4] Rosenzweig C, Elliott J, Deryng D, Ruane AC, Müller C, Arneth A et al. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014;111: 3268–3273. doi: 10.1073/pnas.1222463110
- [5] Des Marais DL, Hernandez KM, Juenger TE. Genotype by environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2013;44: 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806
- [6] Todaka D, Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K. Recent advances in the dissection of drought-stress regulatory networks and strategies for development of drought-tolerant transgenic rice plants. *Frontiers in plant science*. 2015;6: 84. doi: 10.3389/fpls.2015.00084
- [7] Kumar V, Singh A, Mithra SA, Krishnamurthy SL, Parida SK, Jain S et al. Genome-wide association mapping of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa*). *DNARes*. 2015;22: 133–145. doi: 10.1093/dnares/dsu046
- [8] Atteya AM. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 2003;29: 63–76.
- [9] Schnable PS, Ware D, Fulton RS, Stein JC, Wei F, Pasternak S, Liang C. The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science*. 2009;326: 1112–1115.
- [10] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Simonyan GS, Pirumyan GP. The influence of abiotic stress on the growth of plants. *Advances in modern natural science*. 2016;7: 168–172. (In Russ.)

- [11] Hodges D, De Long J, Forney C et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*. 1999;207(4): 604—611. <https://doi.org/10.1007/s004250050524>
- [12] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochemistry*. 1996;239(1): 70—76.
- [13] Gálvez M, Martín-Cordero C, Houghton PJ, Ayuso MJ. Antioxidant activity of methanol extracts obtained from *Plantago* species. *Journal agriculture food chemistry*. 2005;53(6): 1927—1933.
- [14] Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*. 2002;10: 178—182.
- [15] Kirakosyan AA, Sukiasyan AR. Ispol’zovaniye yazyka MATLAB v kachestve ekspress-metoda otsenki eksperimental’nykh rezul’tatov [Using MATLAB as an express method for evaluating experimental results]. *Informatsionnyye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy konferentsii, Yerevan, 23—25 iyunya, 2005* [Information technology: Proceeding of International Conference, Yerevan, 23—25 June 2005]. Yerevan, 2005; pp. 34—37. (In Russ.)
- [16] Korosov AV, Gorbach VV. *Komp’yuternaya obrabotka biologicheskikh dannykh* [Computer processing of biological data]. Petrozavodsk: PetrGU Publ.; 2017. 97 s.
- [17] Lobell DB, Banziger M, Magorokosho C, Vivek B. Nonlinear heat effects on African maize a sevidenced by historical yield trials. *Nature Climate Change*. 2011;1: 42—45. doi: 10.1038/nclimate1043
- [18] Cruzde Carvalho MH. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. *Plant Signaling & Behavior*. 2008;3: 156—165. doi: 10.4161/psb.3.3.5536
- [19] Cornic G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture — not by affecting ATP synthesis. *Trends plant science*. 2000;5: 187—188.
- [20] Hoekstra FA, Golovina EA, Buitink J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends plant science*. 2001;6: 431—438.
- [21] Noctor G, Veljovic-Jovanovic S, Driscoll S, Novitskaya L, Foyer CH. Drought and oxidative load in the leaves of C3 plants: a predominant role for photorespiration? *Annals of Botany*. 2002;89: 841—850.
- [22] Smirnoff N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*. 1993;125: 27—58.
- [23] Biehler K, Fock H. Evidence for the contribution of the Mehler peroxidase reaction in dissipating excess electrons in drought stressed wheat. *Plant physiology*. 1996;112: 265—272.
- [24] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Nagdalyan AG, Baghdasaryan SS. Transpiration as a criterion for assessing abiotic stress. *Vestnik natsionalnogo politekhnicheskogo universiteta Armenii: gidrologiya i gidrotekhnika*. 2015;2: 9—14. (In Russ.)
- [25] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Simonyan GS, Pirumyan GP. The influence of abiotic stress on the growth of plants. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya*. 2016;7: 168—172. (In Russ.)
- [26] Sukiasyan AR. Antioxidant capacity of maize corn under drought stress from the different zones of growing. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 2016;10(8): 413—416. doi: 10.1999/1307-6892/10005083
- [27] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 1996;239: 70—76.
- [28] Szydłowska-Czerniak A, Dianoczki C, Recseg K et al. Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*. 2008;76(4): 899—905.
- [29] Loo AY, Jain K, Darah I. Antioxidant and radical scavenging activities of the pyroligneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora apiculata*. *Food Chemistry*. 2007;104(1): 300—307.
- [30] Brunetti C, Di Ferdinando M, Fini A, Pollastri S, Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants under abiotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14(2): 3540—3555.
- [31] Schopfer P. Hydrogen peroxide-mediated cell-wall stiffening in vitro in maize coleoptiles. *Planta*. 1996;199: 43—49. doi: 10.1007/BF00196879
- [32] Tsukagoshi H, Busch W, Benfey PN. Transcriptional regulation of ROS control transition from proliferation to differentiation in the root. *Cell*. 2010;143: 606—616. doi: 10.1016/j.cell.2010.10.020

Article history:

Received: 14.11.2018

Revised: 30.11.2018

For citation:

Sukiasyan AR. Effect of drought on the antioxidant activity of corn from various soil and climatic regions. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 315–325. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-315-325

Bio Note:

Astghik Rafikovna Sukiasyan — Candidate of Biological Science, Assistant Professor of Faculty of Chemical Technology and Environmental Engineering National Polytechnic University of Armenia. *Contact information:* e-mail: sukiasyan.astghik@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-5549-3146