

УДК 556;574

ТРАНСПИРАЦИЯ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ АБИОТИЧЕСКОГО СТРЕССА

А.Р. Сукиасян¹, А.В. Тадевосян¹, А.Г. Нагдалян², Т.С. Багдасарян¹

¹Национальный политехнический университет Армении

²Институт водных проблем и гидротехники им. акад. И.В. Егиазарова

Засуха вызывает определенные физиологические изменения в растениях, замедляя их рост и продуктивность. При этом адаптационные механизмы растений регулируют вызванные изменения путем ограничения потери воды с поверхности листьев (транспирация). Изучены кинетические параметры роста растений в условиях моделируемой засухи. Обнаружена корреляционная связь между скоростью роста образцов и засухой. Показано, что величина транспирации может быть использована в качестве критерия при оценке влияния абиотического стресса на ряд физиологических показателей роста растения. Полученные результаты способствуют глубокому пониманию молекулярных механизмов, участвующих в росте растения в ответ на различные условия засухи.

Ключевые слова: растение, засуха, кинетика роста, транспирация.

Введение. Одним из современных направлений охраны окружающей среды является изучение способности адаптации растений к различным абиотическим стрессам, в число которых входит засуха. Засуха является одной из причин изменения среднего уровня продуктивности сельскохозяйственных культур в странах с сухим континентальным климатом [1]. В последнее десятилетие ученые интенсивно изучают генетические и молекулярные механизмы устойчивости растений к засухе с целью разработки механизмов их экологической адаптации [2]. Данные исследования, направленные на изучение устойчивости растений к засухе, приобретают большое практическое значение и являются приоритетным направлением для обеспечения национальной безопасности.

Неблагоприятные условия окружающей среды накладывают серьезные ограничения на урожайность сельскохозяйственных культур. В настоящее время не менее 70% мировых запасов пресной воды используется в сельском хозяйстве, а увеличение мирового населения и неблагоприятные климатические условия способствуют уменьшению ее доступности в ближайшем будущем. Возникает необходимость увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и совмещения с эффективностью использования воды [3]. Из-за

гидродинамического давления артезианских и субартезианских водоносных уровней имеет место пополнение естественным путем грунтовых вод. Это сопровождается как интенсивным испарением на поверхности, так и изменением разницы между рельефными отметками в окружающей среде. Важной предпосылкой повышения урожайности сельскохозяйственных культур является режимное управление водой, которое обусловлено работой дренажных систем и зависит от точного определения глубины уровня грунтовых вод в оптимальных дозах [4]. В связи с этим при формировании влагозапаса переувлажненных почвогрунтов зоны аэрации и его объемы определяются в основном глубиной залегания грунтовых вод, механическим составом почвы и типом растительного покрова [5].

Очевидно, что знание механизмов роста и адаптации растений к засухе имеет не только основное научное, но и социально-экономическое значение. Это важная предпосылка для более эффективного разведения толерантных сортов растений, среди которых выделяется кукуруза, занимающая третье место (после пшеницы и риса) в ряду наиболее важных хлебных злаков во всем мире [6].

Исследование кинетических изменений в процессах роста кукурузы при засухе является приоритетным направлением [7]: с одной стороны, небольшие листья теряют меньше воды из-за уменьшенной площади транспирации, с другой - на переувлажненных почвах кукуруза растет и развивается плохо. Очевидно, что изменение количества воды на любой стадии развития растения кукурузы может отразиться на ее урожайности.

Целью данной работы является исследование листа кукурузы в качестве модельной системы, что позволяет статистически достоверно изучить процессы адаптации растения при различных организационных уровнях засухи.

Методы исследования. В качестве объекта исследования были выбраны линии кукурузы В73 (Iowa Stiff Stalk Synthetic) и две линии армянской популяции ползубовидной кукурузы, распространенных в Лорийском марзе Армении вблизи реки Дебед. При этом первый образец растения находился на расстоянии около 3 км от реки Дебед (г. Шнох), а второй – на расстоянии около 30 км от реки Дебед (г. Техут). Для воспроизведения моделируемой засухи растения кукурузы были выращены в камере с контролируруемыми климатическими условиями (16 час-день / 8 час-ночь, соответственно 25°C/18°C, влажность 20%, ФАР (фотосинтетически активная радиация) 300 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\text{c}^{-1}$). Были поставлены три серии экспериментов с различной степенью моделируемой засухи. Для контрольных образцов горшки с семенами поливали ежедневно, поддерживая влагу в почве с относительным содержанием воды (ОСВ) в почве 54%. С целью моделирования умеренного водного стресса ОСВ составляло 43% (не наблюдалось увядания листьев), а для жесткого стресса ОСВ в почве было 34% (листья увядали в течение дня) соответственно. Для кинематического анализа каждый день измеряли длину 5-го листа. При этом наблюдалась значительная разница в значениях скорости удлинения и в конечной длине листьев контрольных образцов и подвергнутых стрессу засухи.

После заметного снижения скорости роста 5-го листа во всех образцах определяли общее содержание влаги. С этой целью при заметном снижении роста 5-го листа срезывали всю наземную часть растения, затем образцы взвешивали и помещали в термостат до полного испарения влаги. По истечении определенного времени образцы вынимали из термостата и снова взвешивали. Транспирационный коэффициент определяли как (влажный вес – сухой вес) / сухой вес.

Результаты опыта были обработаны с помощью программы MatLab с учетом критерия Стьюдента [8].

Результаты эксперимента и их обсуждение. В начальной стадии экспериментов измеряли длину 5-го листа кукурузы, так как изменение значения степени удлинения листа (СУЛ) является первым показателем роста растения. Данная величина измерялась ежедневно и рассчитывалась как СУЛ во время стационарного роста растения в течение трех дней после появления. Полученные измерения показали, что параметр СУЛ изменялся для образцов кукурузы по мере удаления места их основного произрастания - от реки Дебед (рис.1). Во всех случаях (контроль и моделируемая засуха) наблюдается повышение СУЛ в среднем в полтора раза. При этом моделируемый умеренный стресс вызвал снижение СУЛ у образцов из Шноха на 27%, у образцов из Техута - на 18%, в случае В73 - на 22%. В случае изменения условий засухи с умеренного стресса на жесткий наблюдается снижение величины СУЛ соответственно на 68, 70 и 73%. Полученные результаты являются вполне ожидаемыми, так как при их сопоставлении было учтено как расстояние удаленности от реки и изменение уровня грунтовых вод, так и длина корневой системы кукурузы [4,5].

Для кинематического анализа были продолжены измерения длины 5-го листа кукурузы до заметного снижения скорости его роста. При этом наблюдалось значительное изменение в скорости удлинения листьев, подвергшихся различным условиям засухи. Согласно полученным результатам, представленным на рис. 2, для всех образцов умеренный стресс задерживал рост 5-го листа в среднем на 14%, а в случае жесткого стресса - на 42%.

Аппроксимация кинетических кривых роста исследуемых образцов кукурузы при моделируемой засухе приведена в табл. 1.

Обнаружена корреляционная связь между скоростью роста образцов и условиями засухи. Значение нулевого полиномиального коэффициента, определяющего начальную скорость роста 5-го листа растения, отличается от контрольного значения при умеренной и жесткой засухе в среднем в два и три раза соответственно.

Далее, по мере произрастания растения, влияние стресса заметно отражается на скорости роста образцов: изменение первого полиномиального коэффициента, по сравнению с контролем, составляет 79% - в случае умеренного стресса и 23% - в случае жесткого стресса.

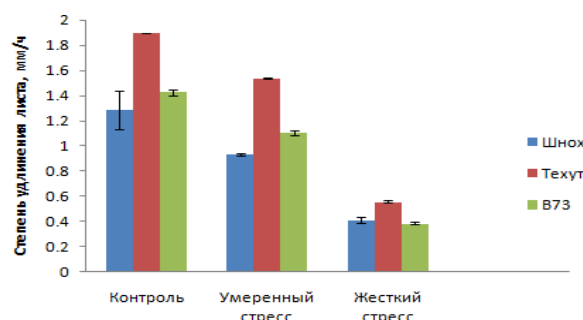


Рис.1. Влияние умеренной (43% ОСВ, без видимых признаков увядания) и жесткой засухи (34% ОСВ, слабое видимое увядание) на рост 5-го листа кукурузы

Таблица 1
Статистические коэффициенты (нулевой и первый полиномиальные и корреляционный коэффициенты) полиномиальной связи $y=a_0 + a_1x + a_2x^2$ при описании кинетики роста исследуемых образцов кукурузы при моделируемой засухе

Образец	a ₀			a ₁			R ²		
	Контроль	Умеренный стресс	Жесткий стресс	Контроль	Умеренный стресс	Жесткий стресс	Контроль	Умеренный стресс	Жесткий стресс
Шнох	39,77	82,19	126,0	72,15	51,32	9,53	0,997	0,999	0,991
Техут	31,45	55,77	116,6	112,1	92,04	28,47	0,996	0,998	0,995
В 73	20,04	44,62	116,6	108,4	87,00	28,47	0,993	0,991	0,995

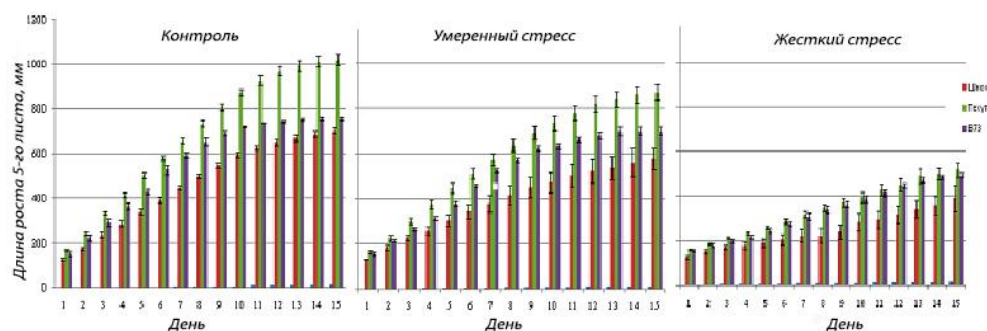


Рис. 2. Кинетика роста 5-го листа кукурузы при моделируемой засухе

В последующих экспериментах было определено общее содержание влаги в наземных частях образцах в зависимости от условий засухи (табл. 2). Анализ полученных результатов показывает определенную взаимосвязь между способностью растений поглощать влагу и их адаптацией к засухе.

Таблица 2

Значения транспирационного коэффициента исследуемых образцов кукурузы при моделируемой засухе

Образец	Контроль	Умеренный стресс	Жесткий стресс
Шнох	7,03±0,42	6,28±0,59	6,91±0,65
Техут	8,85±0,59	6,57±0,45	5,76±0,50
В 73	5,70±0,59	6,02±1,49	5,80±0,45

Заклучение. Моделируемая засуха изменяет значение степени удлинения листа, при этом общая кинетическая картина роста кукурузы сохраняется. Очевидно, что, подвергая растение кукурузы различным условиям засухи, можно получить коммерческие линии растений, толерантных к абиотическому стрессу, с ожидаемой устойчивостью к засухе. Использование экспериментальных условий засухи может способствовать глубокому пониманию молекулярных механизмов, участвующих в росте растения при засухе.

Литература

1. **Ingram J., Bartels D.** The molecular basis of dehydration tolerance in plants // Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.- 1996.- V.47.- P. 377-403.
2. **Bray E.A., Bailey-Serres J., Weretilnyk E.** Responses to abiotic stresses. In: Biochemistry and Molecular Biology of Plants / B.B. Buchanan, W. Gruissem, and R.L. Jones, eds) // American Society of Plant Physiologists, Rockville, Md.- 2000.- P.1158-1203.
3. **FAOSTAT** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. Date accessed: April, 2010.
4. **Мкртчян С.М., Авакян А.П.** Закономерности влияния глубины залегания грунтовых вод на урожайность сельскохозяйственных культур переувлажненных земель Гегаркуникского марза // Известия ГАУА.- 2009.- N 2.- С. 86-90.
5. **Маргарян Л.А., Токмаджян Л.В., Мкртчян С.М.** Пространственно-временная динамика изменения минерализации речных вод РА // Вестник ГИУА. Серия "Гидрология и гидротехника".- 2014.- N 2.- С. 41-45.
6. **Beemster G.T.S., Fiorani F., Inzé D.** Cell cycle: The key to plant growth control Trends in Plant Science.- 2003.- 8.- P.154-158.
7. **Сукиасян А.Р., Симонян А.Г.** Биомониторинг загрязнения окружающей среды по некоторым параметрам кинетических процессов // Вестник ГИУА. Серия "Химические и природоохранные технологии". - 2014. - Вып. 17, N 1.- С. 80-86.
8. **Сукиасян А.Р., Киракосян А.А.** Использование языка MatLab в качестве экспресс - метода оценки экспериментальных результатов // Информационные технологии: Сборник материалов Международной молодежной конференции. – Ереван, 2005. – С. 34 - 37.

Поступила в редакцию 12.10.2015.
Принята к опубликованию 22.02.2016.

ՏՐԱՆՍՊԻՐԱՑԻԱՆ ՈՐՊԵՍ ԱՔԻՈՏԻԿ ՍԹՐԵՍԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇ

Ա.Ռ. Սուքիասյան, Ա.Վ. Թադևոսյան, Ա.Գ. Նաղդալյան, Տ.Ս. Բագդասարյան

Բարձրագույն բույսերում երաշտը առաջացնում է որոշակի ֆիզիոլոգիական փոփոխություններ, դանդաղեցնելով նրանց աճը և արտադրողականությունը: Այս դեպքում բույսերը կարգավորում են հարմարվողականության մեխանիզմներով՝ սահմանափակելով տերևների մակերեսից ջրի կորուստը (տրանսպիրացիա): Ուսումնասիրվել են բույսի աճի կինետիկ պարամետրերը երաշտի պայմաններում: Հայտնաբերվել է հարաբերակցություն բույսի աճի արագության և երաշտի միջև: Այն ցույց է տալիս, որ տրանսպիրացիան կարող է օգտագործվել որպես արժանահավասար սթրեսի դեպքում բույսերի աճի մի շարք ֆիզիոլոգիական պարամետրերի հետևանքների գնահատման չափանիշ: Ստացված արդյունքները կնպաստեն բույսերի աճի մոլեկուլային մեխանիզմների խոր ըմբռնանքը երաշտի պայմաններում:

Unanugrajhn pountp. բույս, երաշտ, աճման կինետիկա, տրանսպիրացիա:

TRANSPIRATION AS A CRITERION FOR EVALUATING THE ABIOTIC STRESS

A.R. Sukiasyan, A.V. Tadevosyan, A.G. Naghdalyan, T.S. Bagdasaryan

Drought causes certain physiological changes in plants, slowing down their growth and productivity. The plant adaptation mechanisms regulate the changes caused by limiting the water loss from the surface of the leaves (transpiration). The kinetic parameters of the plant growth under the conditions of simulated drought are studied. A correlation between the growth rate of the patterns and the drought is revealed. It is shown that the transpiration magnitude can be used as a criterion in the assessment of the effects of abiotic stress on a number of physiological parameters of the plant growth. The results will contribute to the understanding of the molecular mechanisms involved in the growth of plants in response to various conditions of drought.

Keywords: plant, drought, growth kinetics, transpiration.