

УДК 631.52:633.15

МЕХАНИЗМЫ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ КУКУРУЗЫ

А. М. Кагермазов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
А. В. Хачидогов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН
E-mail: kbniish2007@yandex.ru.

Ключевые слова: кукуруза, засуха, засухоустойчивость, гибрид.

Реферат. Кукуруза является третьим по экономическому значению хлебным злаком в мировом производстве зерна, в чем немаловажную роль сыграло ее постоянное селекционно-генетическое улучшение. Основным селекционным методом улучшения кукурузы за последние несколько десятилетий стало использование гетерозиса. Глобальное потепление климата сопровождается рядом негативных факторов, влияющих на сельскохозяйственные культуры, и в том числе на кукурузу. Одним из них являются периодически повторяющиеся воздушные и почвенные засухи. Внедрение в производство засухоустойчивых сортов или гибридов позволяет снизить потери зерна от воздействия засухи. Но количество генетических источников засухоустойчивости кукурузы незначительно и недостаточно разнообразно по происхождению. Поэтому поиск новых источников засухоустойчивости кукурузы с расширенным генетическим разнообразием является актуальным.

MECHANISMS OF DROUGHT RESISTANCE OF MAIZE

A. M. Kagermazov, candidate of agricultural sciences, senior research associate
A. V. Khachidogov, candidate of agricultural sciences, research associate

Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Key words: corn, drought, drought tolerance, hybrid.

Abstract: Maize is the third most economically important cereal in world production of grain, what is not unimportant role played by its permanent breeding and genetic improvement. The main breeding method for the improvement of maize, over the past few decades is the use of heterosis. Global warming is accompanied by a number adversely affecting crops events and, including the corn. One of them is recurrent air and soil drought. The introduction of drought-resistant varieties or hybrids can reduce the loss of grain from the effects of drought. But the number of genetic sources of drought resistance maize is nominal and is quite diverse in origin. Therefore, the search for new sources of drought resistance, maize with enhanced genetic diversity is important.

Кукуруза является высокопродуктивной культурой. Она обладает биологической особенностью образовывать за вегетационный период наибольшее количество органического вещества (зерновой, листостебельной и корневой массы) по сравнению с другими зерновыми культурами. Благодаря высокой продуктивности и универсальности использования кукуруза стала важнейшей зерновой и кормовой культурой мирового земледелия. Расширение посевов кукурузы и повышение ее урожайности является результатом селекционного прогресса, благодаря которому возросла продуктивность гибридов и существенным образом повысилась их приспособленность к недостатку тепла в северных регионах кукурузосеяния.

В Российской Федерации основные кукурузосеющие регионы подвержены в той или иной степени действию засухи. Засуха является значительным стрессом, который ограничивает и уничтожает посевы кукурузы. Неоднородность структуры и изменчивость глубины плодородной почвы в пределах одного поля также указывают на разное содержание почвенной влаги, доступной растениям. Это приводит к высокой изменчивости урожайности в относительно засушливый год.

Климат Кабардино-Балкарии за последние 30 лет стал более жарким и сухим. Это подтверждается результатами анализа среднемесячной температуры воздуха и суммы активных температур за вегетационный период (табл. 1). Так, отклонение средних значений среднемесячных температур воздуха

за последнее десятилетие составило в сравнении с нормой +1,33 °С, а сумма активных температур за вегетационный период возросла за тот же период до 1990°С при норме 1758 °С. Третьим критерием, подтверждающим наступление засушливого климата, является относительная влажность воздуха. Дефицит относительной влажности воздуха составил –12,32 %, снизившись с 72,42 % в 1977–1987 гг. до 60,1 за период 2002–2016 гг.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) является расчетной величиной, для которой нет нормы. Изучение значений этого показателя по годам исследования показало, что с 1977 по 2009 г. значение ФАР возросло с 1912,00 до 1979,53 соответственно.

Наиболее интересные результаты получены при анализе среднемесячных сумм осадков и их распределения по месяцам. Так, по результатам расчетов, количество выпавших осадков за период вегетации не только не снизилось, но и возросло на 4,97 мм. Но при этом резко изменилось их распределение по месяцам. Если в 1977–1987 гг. осадки распределялись более равномерно за все месяцы вегетации, то в последнее десятилетие эта тенденция сместилась к выраженному дефициту влаги в июле и августе. Так, в 2002–2016 гг. за июль сумма выпавших осадков была на 2,19 мм меньше, чем в 1977–1987 гг., а в августе – на 10,82 мм. Исследования показали, что основной избыток осадков выпадает в июне (+9,63мм) и сентябре – октябре (+12,36 и +8,2 мм соответственно), т.е. кроме осадков, выпадающих в июне, осадки сентября и октября остаются практически недоступными для роста и развития пропашных культур. Аналогичные результаты получены по другим климатическим параметрам.

Таблица 1

Динамика климата в Кабардино-Балкарии за 1977–2016 гг. (450 м над уровнем моря; метеорологическая информация по МС г. Нальчик)

Параметр	Годы	Месяц							За период вегетации
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Среднемесячная температура воздуха, °С	Норма	9,7	15,4	19,0	21,5	21,3	16,2	9,6	16,10
	1977–1986	10,12	15,02	18,71	21,48	20,68	16,54	9,3	15,97
	1987–1996	9,77	13,57	19,34	22,01	20,84	16,58	10,02	16,02
	1997–2007	10,37	15,81	20,11	23,9	23,1	17,3	11,46	17,43
Среднемесячная сумма осад- ков, мм	Норма	62	100	94	73	61	55	41	69,42
	1977–1986	66,9	103,6	98,1	71,4	62,3	48,5	43,3	64,40
	1987–1996	58,1	73,2	118,6	71,5	59,7	60,9	48,2	70,02
	1997–2007	66,27	78,18	103,63	70,81	50,18	67,36	49,2	69,37
Среднемесячная сумма актив- ных температур, °С	Норма	121	590	1163	1839	2495	2970	3128	1758
	1977–1986	175,8	641,3	1202,6	1868,4	2509,5	3005,7	1279,3	1526,08
	1987–1996	202,9	625,6	1205,8	1888,1	2537,2	2990,0	2934,8	1769,20
	1997–2007	233,6	723,8	1327,1	2030,7	2746,4	3265,4	3604,4	1990,20
Среднемесячная относительная влажность воздуха, %	Норма	72	72	70	69	69	75	80	72,42
	1977–1986	74,1	74,1	71,7	70,7	71,7	75,8	80,5	74,08
	1987–1996	75,2	72,7	71,8	68,8	71,1	74,4	80,9	73,55
	1997–2007	71,9	71,7	69,7	66,54	66,9	74,0	86,5	60,1
ФАР	1977–1986	1575,4	1997,9	2213,9	2230,0	2032,3	1422,5	-	1912,00
	1987–1995	1556,0	2060,9	2197,6	2278,6	1980,8	1482,2	-	1926,02
	2002–2016	1560,2	2177,1	2182,1	2447,1	2044,8	1465,9	-	1979,53

Исходя из результатов динамики климата за последние 30 лет в селекционные программы КБНИИСХ внесены существенные корректировки. Селекционерами проводятся исследования по выявлению засухоустойчивых форм с преимущественно латентным типом устойчивости к засухе. Одним из главных факторов повышения урожайности кукурузы на фоне высокой агротехники и механизации возделывания этой культуры является создание экологически пластичных гибридов и их популяций, максимально приспособленных к различным факторам среды. Особенно важно внедрение засухоустойчивых гибридов для районов недостаточного увлажнения [1].

Признак устойчивости растений к засухе показывает их способность наиболее продуктивно использовать воду при высокой температуре, низкой относительной влажности воздуха и почвы и при этом давать высокий урожай [2]. Однако признак засухоустойчивости представляет собой сложное явление и зависит от различных причин. Основные из них:

– анатомо-морфологические особенности растений, обуславливающие уменьшение испарения;

– физиологическая стойкость цитоплазмы к обезвоживанию и высоким температурам.

В своих исследованиях П. А. Генкель пришел к выводу, что на любое абиотическое воздействие среды растение отвечает рядом защитных приспособительных реакций, состоящих как из неспецифических, так и специфических процессов. При этом подключаются механизмы высокой пластичности и адаптационной способности мезофитов, направляющих их к засухоустойчивости [2]. Исследователи считают, что характерным признаком в устойчивости растений к перегреву является интенсивность биохимического синтеза, способствующего энергии роста. В этой реакции важную роль играет обратимость процесса распада и изменения выхода растворимых в воде веществ, т.е. проницаемость цитоплазмы [3]. Известно, что раннеспелые генотипы уходят от поздней засухи за счет потребления запасов влаги в почве в первой половине вегетации, с благоприятными условиями увлажнения. В свою очередь, позднеспелые генотипы используют дополнительно благоприятные условия выпадения осадков во второй половине вегетационного периода. Поэтому отождествлять признак засухоустойчивости со скороспелостью селекционного материала ошибочно [4].

Известны следующие механизмы засухоустойчивости применительно к растениям вообще:

1. Избегание засухи за счет:

- а) быстрого фенологического развития;
- б) экологической пластичности развития.

2. Засухоустойчивость с высоким потенциалом воды в тканях за счет:

а) сохранения поглощенной воды, быстрого корневого роста, возрастания гидравлической проводимости;

б) уменьшения содержания свободной воды, уменьшения в тканях эпидермальной проводимости, снижения поглощения солнечной радиации, уменьшения площади листовой поверхности для испарения.

3. Засухоустойчивость с низким потенциалом воды в ткани, характеризующейся:

а) сохранением внутриклеточного тургора, накоплением солевого раствора, возрастанием эластичности клеточной стенки и тканей;

б) устойчивостью к высушиванию, сопротивляемостью протоплазмы.

Засуха оказывает различное влияние на органы растений в онтогенезе, поэтому для достижения высокой продуктивности растений, подверженных водному дефициту, необходимо обеспечить оптимальную влажность в течение всего вегетационного периода.

Воздействие водного стресса в вегетативной стадии развития сопровождается рядом негативных процессов: увядание листьев, снижение их фотосинтетической активности, усыхание листьев в зависимости от их ярусности, уменьшение ассимиляционной поверхности, снижение накопления сухого вещества, что в конечном итоге приводит к уменьшению урожая.

Проведенные нами исследования по определению признака жаростойкости кукурузы как одного из вариантов засухоустойчивости показали следующую закономерность: у всех генотипов наибольшая чувствительность листьев отмечена в период цветения. Меньшая реакция отмечена в фазу выметывания, и относительная устойчивость – в фазу налива и созревания зерна. Наиболее опасные последствия для растений вызываются дефицитом влаги в трех периодах: фазу 10–12 листьев (дифференциация метелки), фазы цветения початков и молочно-восковой спелости зерна. Установлено, что от начала фазы 10–12 листьев до цветения кукуруза потребляет 40–45 % всей необходимой для полного развития влаги, поэтому в данный период наблюдаются основные повреждения вследствие водного дефицита. Как отмечают исследователи, самым уязвимым для засухи периодом развития кукурузы является время за 2 недели до цветения и 3 недели после него [5]. Более точно определить критические периоды для формирования урожая зерна можно для основных этапов органогенеза кукурузы.

Для удобства описания и систематизации основных параметров растений по устойчивости к водному дефициту исследователи различают почвенную, атмосферную и комбинированную засуху. Почвенная засуха характеризуется снижением количества воды в корнеобитаемом слое почвы до величины мертвого запаса. Основная ее особенность – это более или менее постепенное проявление, когда растения успевают в той или иной мере приспособиться к ней. Для атмосферной засухи характерна, как правило, внезапность. Здесь относительная влажность воздуха резко понижается до 18–20 % и ниже, а температура воздуха быстро повышается до 38–40 °С. К особо вредоносным видам засухи относят

комбинированную. В этом случае недостаток воды в почве (корнеобитаемом слое) сочетается с действием сухого жаркого воздуха.

Засуха представляет собой метеорологическое явление, поскольку она характеризуется длительным, а иногда кратковременным бездождевым периодом, повышенной температурой воздуха, увеличением дефицита насыщения влагой воздуха, что вызывает усиление испарения и транспирации. В результате этих абиотических процессов происходит обезвоживание и перегрев растений, вызывающие их повреждение, снижение продуктивности, а иногда и гибель растения. Т. А. Чекина [6] сделала интересное предложение оценивать засухоустойчивость по остаточному водному дефициту применительно к кукурузе:

Благоприятные условия	0–2
Удовлетворительные условия	2–4
Слабая засуха	4–5
Средняя засуха	5–6
Сильная засуха	6–7
Чрезвычайная засуха	7 и более

Эта закономерность положена в основу для определения степени стрессового воздействия засухи на растения кукурузы.

Таким образом, наряду с внедрением высокоурожайных гибридов кукурузы для получения высоких урожаев зерна и зеленой массы большое значение имеет знание её биологических особенностей – потребностей в тепле, свете, воде и элементах минерального питания, что может стать основой для получения планируемых урожаев этой культуры в конкретных почвенно-климатических условиях её возделывания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генкель П. А. Диагностика засухоустойчивости культурных растений и способы ее повышения: метод. указания. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 28 с.
2. Tatum L. A., Brooks F. N. Torfing in corn associated with resistied water movement in plant tissues// Amer. Pac. agroabs. – 1954. – Vol. 82. – P. 116.
3. Генкель П. А., Байданова К. А., Левина В. В. О новом лабораторном способе диагностики жаро- и засухоустойчивости для селекции // Физиология растений. – 1970. – Т. 17, вып. 2. – С. 77–89.
4. Спрэг Дж. Гетерозис кукурузы: теория и практика // Гетерозис. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 71–98.
5. Генкель П. А. Пути и перспективы развития физиологии жаро-, засухоустойчивости культурных растений. – М.: Наука, 1982. – С. 33–37.
6. Чекина Т. А. Оценка засухоустойчивости на территории Украины по водному дефициту листьев растений применительно к кукурузе // Засуха и урожай. – М., 1958. – С. 77–82.

REFERENCES

1. Genkel P. A. Diagnostika zasuhoustoychivosti kulturnyih rasteniy i sposobyi ee povyisheniya: (metod. ukazaniya) – M.: Izd-vo. AN SSSR, 1956. – 28s.
2. Tatum L. A., Brooks F. N. Torfing in corn associated with resistied water movement in plant tissues// Amer. Pac. agroabs. – 1954. – Vol. 82. – R. 116.
3. Genkel P. A., Baydanova K. A., Levina V. V. O novom laboratornom sposobe diagnostiki zharo- i zasuhoustoychivosti dlya seleksii // Fiziologiya rasteniy- 1970. – T. 17, vyip. 2 – S. 77–89.
4. Spreng Dzh. Geterozis kukuruzyi: teoriya i praktika // Geterozis. – M.: Agropromizdat, 1987. – S. 71–98.
5. Genkel P. A. Puti i perspektivy razvitiya fiziologii zharo-, zasuhoustoychivosti kulturnyih rasteniy – M.: Nauka, 1982. – S. 33–37.
6. Chekina T. A. Otsenka zasuhoustoychivosti v territorii Ukrainy po vodnomu defitsitu listev rasteniy primenitelno k kukuruze // Zasuka i urozhay, 1958. – S. 77–82.