

Бишарова И.Л.

магистрант

Лукаткин А.А., к.б.н.

*доцент кафедры цитологии, гистологии и эмбриологии с курсами
медицинской биологии и молекулярной биологии клетки*

*ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск, Россия*

Лукаткина Н.Н.

учитель биологии МОУ СОШ № 9

г. Саранск, Россия

**РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ НА ПОНИЖЕННЫЕ
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ
УСЛОВИЯХ И ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

Аннотация: В статье рассмотрена проблема негативного действия пониженных температур на растения кукурузы. Определены последствия действия стрессовых температур на состояние растений кукурузы и их урожай. Показаны изменения физиолого-биохимических параметров функционирования растений при неблагоприятных температурах. Рассмотрены ответные реакции растений кукурузы на действие пониженных температур. Исследования показали необходимость направленного повышения холодоустойчивости селекционного материала кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, пониженная температура, температурный стресс, урожай, физиологические реакции

Bisharova I.L., Lukatkin A.A., Lukatkina N.N.

*RESPONSE OF MAIZE PLANTS TO CHILLING TEMPERATURES
IN NATURAL CONDITIONS AND EXPERIMENT*

Abstract: The article deals with the problem of the negative effect of chilling on maize plants. The consequences of stress temperatures on the state of maize plants and their yield have been determined. Changes in physiological and biochemical parameters of plant functioning at unfavorable temperatures are shown. The responses of maize plants to chilling are considered. Studies have shown the need for a targeted increase in the cold resistance of maize breeding material.

Key words: maize, chilling, low temperature stress, yield, physiological reactions

На современном этапе наблюдаются глобальные изменения климата на планете, которые существенно влияют на культурные растения. Несмотря на значительные усилия ученых и практиков, урожайность основных продовольственных культур (риса, пшеницы и кукурузы) не возрастает настолько быстро, чтобы удовлетворить будущие потребности человечества. Кроме того, повышение урожайности сельскохозяйственных культур должно быть достигнуто в условиях крайне нестабильного климата. В будущем ожидаются все более интенсивные экстремальные климатические явления (засуха, аномальная жара, заморозки, ливни и т. д.). Эти беспрецедентные экстремальные климатические условия будут отрицательно влиять на рост и развитие растений, состояние экосистем и человека.

Культурные растения подвергаются различным биотическим и абиотическим стрессам, которые вызывают множество морфологических и физиологических нарушений, что приводит к задержке роста растений и снижению урожайности зерна [1]. Температуры ниже пороговых значений для различных метаболических, биохимических и физиологических процессов приводят к дисбалансу их активности [2]. Экстремально низкие температуры изменяют процесс фотосинтеза, повреждают биологические мембраны, влияют на усвоение питательных веществ и лимитируют функционирование ферментов в растениях [2]. Замедленный рост и низкая

скорость фотосинтеза вызывают ухудшение общей продуктивности культурных растений.

Кукуруза (*Zea mays* L.) обеспечивает около 20 % мирового потребления энергии человеком. Этот вид происходит из субтропиков, однако выращивается в регионах с умеренным климатом. Для оптимального роста кукурузы необходимы разные температуры днем и ночью, а также в течение всего вегетационного периода. Днем оптимальная температура колеблется от 25 до 33 °С, ночью – от 17 до 23 °С; средняя оптимальная температура для всего вегетационного периода составляет 20–22 °С. Лучше всего кукуруза прорастает при температуре 25–28 °С [3]. Минимальные пороговые температуры на разных стадиях роста и развития кукурузы составляют от 6 до 10 °С.

Поскольку кукуруза чувствительна к холоду, то урожайность часто ограничена в прохладных регионах (например, в Центральной России). В этих регионах, когда посевы кукурузы подвергаются холодовому стрессу, скорость роста снижена, а продолжительность роста увеличена. Поэтому пониженная положительная температура (ниже 10 °С) ослабляет рассаду, а также может преждевременно прекратить наполнение зерна в конце цикла роста, что приводит к снижению и нестабильному урожаю зерна. Потеря продуктивности при пониженных температурах в основном происходит из-за сильного снижения транспорта метаболитов и фотосинтетической активности [2]. В целом пониженная температура отрицательно влияет на газообмен, эффективность водопользования, морфологию и физиологию.

Низкотемпературный стресс, характеризующийся воздействием на растения температурного диапазона ниже 10 °С в течение достаточного времени, в полевых условиях может тормозить нормальный процесс роста кукурузы [2]. Пониженная температура ограничивает прорастание и рост проростков кукурузы и дестабилизирует механизмы антиоксидантной защиты. Холодовой стресс отрицательно влияет на морфологию корней, эффективность фотосистемы II, содержание хлорофилла и площадь

листьев. Кратковременный низкотемпературный стресс на стадиях роста кукурузы V6 – V9 может значительно задержать начало цветения.

Среди морфологических реакций растений кукурузы на стресс низкой температуры – аномальный рост метелки; это влияет на процессы опыления и наполнения зерна. Поэтому пониженные температуры могут вызвать серьезное снижение урожайности, если действуют на критических репродуктивных стадиях. Низкотемпературный стресс значительно снижает высоту растений и общую биомассу кукурузы. Развитие листьев замедляется у растений, испытывающих холодовой стресс, из-за удлинения клеточного цикла и снижения скорости митоза [2]. Низкотемпературное воздействие на стадии наполнения зерна может изменить состав крахмала в зернах за счет снижения амилозы, а также повышения температуры желатинизации. Температура ниже 15 °С на поздних стадиях репродукции снижает активность ферментов фотосинтетического аппарата, что может дестабилизировать процесс ассимиляции и приводит к ухудшению качества зерна из-за некачественных компонентов и плохой физической текстуры зерна. В совокупности низкотемпературный стресс снижает процент прорастания, скорость роста и скорость фотосинтеза, что приводит к плохому урожаю.

Физиолого-метаболические нарушения – задержка прорастания и снижение соотношения корней и побегов и содержания хлорофилла в начале цикла роста кукурузы, нарушение поглощения воды и минеральных веществ корнями, торможение распределения и метаболизации ионов. В наших лабораторных экспериментах с различными сортами и гибридами кукурузы выявлено значительное повышение содержания малонового диальдегида и проницаемости клеточных мембран после 24-часового охлаждения проростков при температуре 2–3 °С. При этом отмечено сниженное содержание воды и хлорофилла в листьях кукурузы. Низкотемпературный стресс вызывал повреждение клеточных структур, макромолекул и мембран из-за чрезмерного формирования активных форм

кислорода. В растениях возрастала активность защитных антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза, аскорбат-пероксидаза и каталаза. По параметрам флуоресценции хлорофилла выявлено, что охлаждение молодых растений кукурузы вызывало резкое снижение активности фотосистемы II. Очевидно, низкотемпературный стресс отрицательно влиял на структуру хлоропластов и тилакоидов, активность ферментов цикла Кальвина, снижая в итоге транспорт метаболитов [2].

Чтобы справиться с пониженными температурами при производстве кукурузы, необходим комплекс корректировок как агротехники, так и молекулярных подходов, и улучшенное понимание генетической, физиологической и молекулярной реакции на экстремальные температуры. Необходима систематическая селекция для повышения урожайности кукурузы в лимитируемых условиях выращивания. Новые методы, такие как маркер-ориентированная селекция с помощью маркеров и редактирование генома (например, системой CRISPR-Cas9), представляют большой потенциал для создания устойчивых к климату сортов в сравнительно короткие сроки. Экзогенное использование синтетических и природных регуляторов роста в низких концентрациях также может снизить потерю урожайности в таких условиях.

Использованные источники:

1. Rafique S. Differential expression of leaf proteome of tolerant and susceptible maize (*Zea mays* L.) genotypes in response to multiple abiotic stresses // *Biochem. Cell Biol.* – 2019. – V. 97. – P. 581–588.
2. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – 208 с.
3. Farooq M., Aziz T., Basra S., Cheema M., Rehman H. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid // *J. Agron. Crop Sci.* –2008.– V. 194. – P. 161–168.