

ЭНДОГЕННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФОТОСИНТЕЗА ЛИСТЬЕВ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ КОРНЕВОЙ ГИПОКСИИ

И.С. Каспарова¹, З.Б. Давлятназарова¹, К. Алиев¹, Б.Х. Расулов²

¹Институт ботаники, физиологии и генетики растений Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, *lab.gen@mail.ru*

²Институт молекулярной биологии Тартуского университета, Тарту, Эстония

Аннотация. Показано, что регуляция скорости углекислотного газообмена листьев хлопчатника при затоплении корневой зоны происходило за счет изменения акцептирующей способности куста. При этом иницирующая роль в цепи событий при затоплении корневой системы, несомненно, принадлежит ростовым процессам. Наблюдаемые изменения скорости видимого фотосинтеза сопровождались изменением проводимости устьиц CO_2 -потoku. Основной причиной уменьшения скорости фотосинтеза является снижение эффективности реакции карбоксилирования в условиях корневого анаэробноза, вследствие изменения концентрации активных центров карбоксилазы, связанных с РБФ.

Ключевые слова: хлопчатник, гипоксия, фотосинтез, карбоксилирование

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-402-405

При воздействии неблагоприятных факторов среды, в том числе нарушениях газового режима в зоне корневой системы изменяется обеспеченность корней ассимилятами и снижается интенсивность фотосинтеза, что в конечном итоге ведет к снижению продуктивности сельскохозяйственных растений. Хлопчатник относится к орошаемым культурам, и нарушение режимов полива может привести к переувлажнению почвы в зоне корней.

Было изучено влияние гипоксии, как следствия затопления корневой зоны растений. Объектом исследования служили растения хлопчатника *Gossypium hirsutum* L. (сорт 108-Ф), выращенные в вегетационных сосудах при естественном освещении с использованием метода песчаной гидропоники.

Как видно из приведенных на рис. 1 данных, затопление корневой зоны уже в первый день приводило к снижению на 22% величины видимого фотосинтеза.

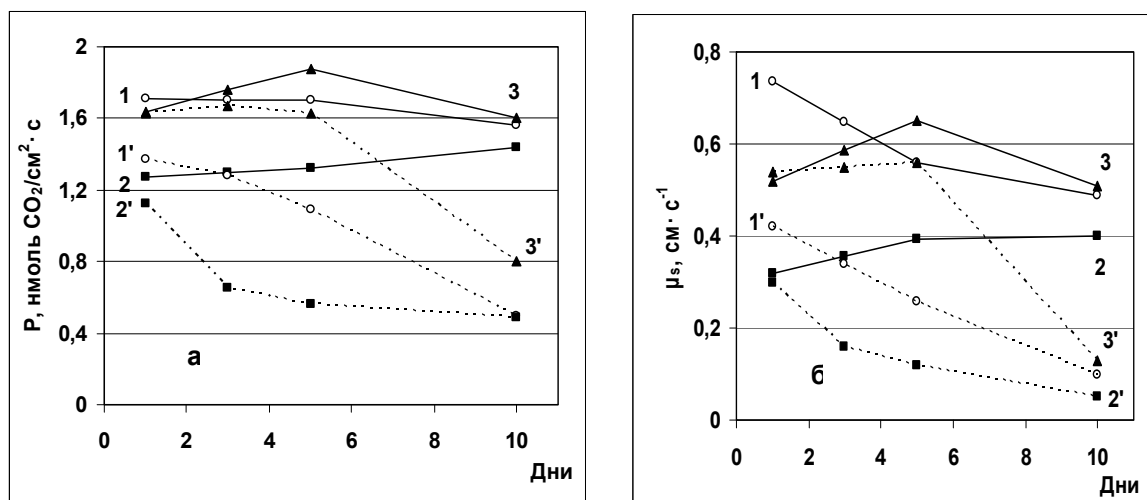


Рис. 1. Влияние затопления корневой системы на углекислотный газообмен (а) и проводимость устьиц CO_2 -потoku (б) листьев хлопчатника сорта 108-Ф. Фаза начало плодоношения. 1 – контроль, 2 – удаление точек роста и плодозлементов, 3 – частичная дефолиация, 1' – контроль+затопление, 2' - удаление точек роста и плодозлементов+затопление, 3' - частичная дефолиация+затопление.

Увеличение продолжительности затопления корневой зоны до 5-ти дней приводит к снижению скорости видимого фотосинтеза у контрольных растений на 40% по отношению к листьям растений с нормальной аэрацией.

Уменьшение скорости CO_2 -газообмена в условиях корневого анаэробноза могло происходить как за счет снижения устьичной проводимости, так и в результате падения фотосинтетической способности клеток мезофилла, а также за счет усиления процессов декарбоксилирования. Реализация этих механизмов могла осуществляться путём непосредственного влияния некоторых факторов, поступающих из затопленной корневой системы, так и опосредованного – через изменение целостной системы растения.

По полученным нами данным (рис. 1 б), наблюдаемые изменения скорости видимого фотосинтеза сопровождались изменением проводимости устьиц CO_2 -поток. Закрывание устьиц могло быть вызвано рядом факторов: повышением содержания АБК и крахмала в листьях в ответ на корневой анаэробноз, развитием водного дефицита в листе в ответ на затопление корневой системы. Однако, по имеющимся в литературе данным, обработка листьев экзогенным АБК вызывала закрывание устьиц и снижение углекислотного газообмена, но при этом не вызывала снижения функциональной активности клеток мезофилла.

На снижение функциональной способности фотосинтезирующих клеток мезофилла указывают полученные нами данные (рис. 2 а) о влиянии корневого анаэробноза на скорость реакции карбоксилирования ($F_{\text{ист.}}$). Уменьшение скорости реакции карбоксилирования в наших экспериментах не являлось следствием увеличения относительной доли фотодыхания в фотосинтетическом газообмене листа.

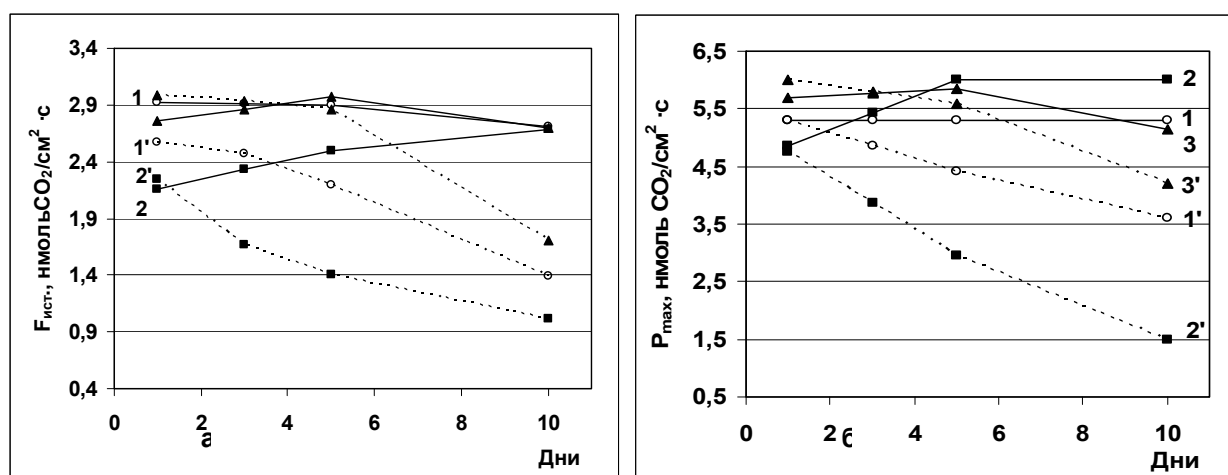


Рис. 2. Влияние затопления корневой системы на истинный фотосинтез (а) и CO_2 -насыщенный фотосинтез (б) листьев хлопчатника сорта 108-Ф. Фаза начало плодоношения. Обозначения те же, что на рис. 1.

Выявленное отсутствие существенных изменений внутриклеточной концентрации CO_2 и приведенные на рис. 3 данные о зависимости проводимости мезофилла от фонда «ассимиляционного заряда» дает основание предположить, что наиболее вероятной причиной изменения эффективности реакции карбоксилирования в условиях корневого анаэробноза явилось изменение концентрации активных центров карбоксилазы, связанных с РБФ. Это могло быть обусловлено уменьшением количества РБФКО в хлоропластах, либо наличием ингибитора, оказывающего влияние на количество активных центров фермента.

Другой причиной наблюдаемого изменения (μ_{ml}) могло быть изменение фонда РБФ, ресинтез которого в условиях корневого затопления мог быть обусловлен изменением синтеза АТФ.

Результаты измерения CO_2 -насыщенного фотосинтеза приведены на рис. 2 б. Учитывая, что изменения P_{\max} определяются процессами ресинтеза РБФ, в которых ключевую роль занимает концентрация энергетического метаболита – АТФ, можно предположить, что регуляция CO_2 -насыщенного фотосинтеза в условиях затопления осуществляется посредством изменения синтеза АТФ.

Для выяснения роли донорно-акцепторных отношений в регуляции CO_2 -газообмена листьев при затоплении корневой системы нами были проведены опыты по искусственному разбалансу донорно-акцепторных отношений в системе целого растения путем удаления части листьев (дефолиация) или потребляющих ассимиляты органов (точки роста, бутоны, цветки, плодоземеленты).

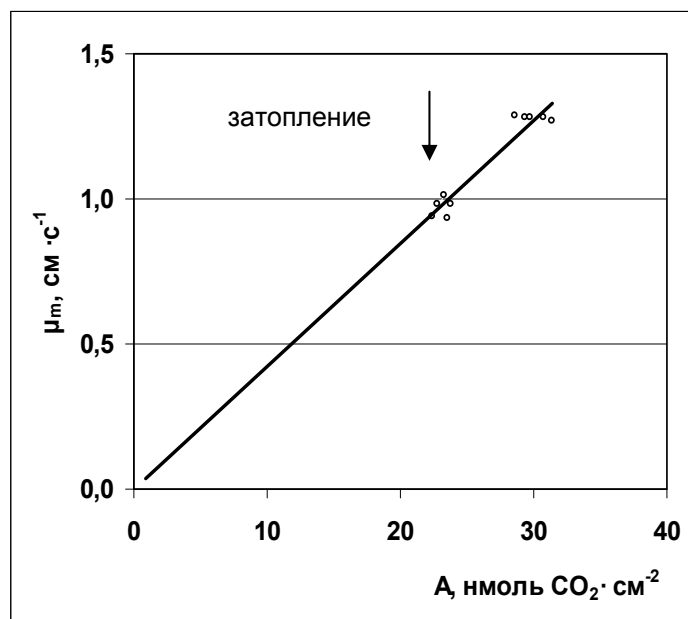


Рис. 3. Зависимость проводимости мезофилла (μ_m) от ассимиляционного заряда (А) при адаптации растений хлопчатника к затоплению корневой системы.

Анализ данных (рис. 1, 2) показал, что характер изменения результирующего газообмена и определяющих его параметров существенно зависел от нагрузки на фотосинтетический аппарат. CO_2 -газообмен листьев контрольных растений, подвергнутых затоплению, был близок к значениям, наблюдаемым у листьев незатопленных растений, но с искусственно уменьшенной нагрузкой на фотосинтетический аппарат (рис. 1, кривые 1', 2). В то же время корневой анаэробизм не вызвал существенных изменений скорости видимого фотосинтеза у растений с усиленной нагрузкой на фотосинтетический аппарат (частичная дефолиация). При этом CO_2 -газообмен листьев контрольных растений совпадал со значениями, наблюдаемыми у листьев дефолированных растений, но подвергнутых затоплению (рис. 1, кривые 1, 3').

То есть, усиление ростовой функции растений (частичная дефолиация) по крайней мере, в течение 5-ти дней воздействия нивелировало действие корневого анаэробизма.

Увеличение продолжительности эксперимента до 10-ти дней привело к снижению интенсивности видимого фотосинтеза в варианте с затоплением корневой зоны и сглаживанию различий между растениями, отличающимися по нагрузке на фотосинтетический аппарат, как в варианте нормальной аэрации, так и в варианте с затопленной корневой системой.

На основании полученных данных можно предположить, что регуляция скорости углекислотного газообмена листьев хлопчатника при затоплении корневой зоны

происходила за счет изменения акцептирующей способности куста. При этом иницирующая роль в цепи событий при затоплении корневой системы, несомненно, принадлежит ростовым процессам.

Одной из причин угнетения ростовой функции при затоплении корневой системы может служить снижение экспорта цитокининов из корневой системы, что является следствием нарушения метаболических процессов в корневой зоне при затоплении, связанного не только с дефицитом молекулярного кислорода, в результате чего ассимиляты не могут быть вовлечены в нормальный аэробный метаболизм, но и нарушением транспорта ассимилятов к корням быстрым истощением запасов органических веществ в клетках корня, некомпенсируемым притоком ассимилятов из надземной части. Таким образом, снижение ростовой функции и уменьшение аттрагирующей способности целого растения хлопчатника в условиях затопления корневой системы привело к накоплению избыточного фонда ассимилятов в листьях, уменьшению скорости регенерации РБФ, снижению количества активных центров фермента и снижению скорости углекислотного газообмена листа.

ENDOGENOUS REGULATION OF PHOTOSYNTHESIS OF COTTON LEAVES IN ROOT HYPOXIA

I.S. Kasparova¹, Z.B. Davlyatnazarova¹, K. Aliev¹, B.Kh. Rasulov²

¹Institute of botany, plant physiology and genetics of Academy Science of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, *lab.gen.@mail.ru*

²Institute of Molecular Biology, University of Tartu, Tartu, Estonia

Abstract. It is shown that the regulation of the rate of carbon dioxide gas exchange of cotton leaves during flooding of the root zone was due to a change in the accepting capacity of the bush. In this case, the initiating role in the flooding of the root system belongs to the growth processes. The observed changes in the rate of visible photosynthesis were accompanied by a change in the conductance of the stomata by the CO₂ flux. The main reason for the decrease in the rate of photosynthesis is a decrease in the efficiency of carboxylation under the conditions of root anaerobiosis due to a change in the concentration of active carboxylase centers associated with RBP.

Keywords: *cotton, hypoxia, photosynthesis, carboxylation*