

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДОВОГО ЗАКАЛИВАНИЯ НА СВЕТО-ТЕМПЕРАТУРНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ СО₂-ГАЗООБМЕНА РАСТЕНИЙ

ХОЛОПЦЕВА Е.С., ДРОЗДОВ С.Н.

Институт биологии Карельского научного центра, Петрозаводск, Россия

АННОТАЦИЯ

В регулируемых условиях среды в рамках планируемого многофакторного эксперимента изучено влияние холодого закаливания на СО₂-газообмен интактных растений двух сортов клевера красного. Показано, что закаливание снижает потенциальный максимум нетто-фотосинтеза растений, изменяя свето-температурные условия, обеспечивающие его достижение, и повышает интенсивность темного дыхания.

Судя по литературным данным, бобовые растения обладают высокой потенциальной интенсивностью фотосинтеза, что, видимо, обусловлено необходимостью обеспечивать углеводами как сами растения, так и клубеньковые бактерии, поселяющиеся на их корнях [10]. Широко распространенной кормовой культурой Нечерноземья является клевер красный. Низкие положительные температуры, характерные для северных регионов возделывания клевера, оказывают существенное влияние на его рост и развитие, которое может быть связано с их воздействием на СО₂-газообмен растений [3] и повышением холодоустойчивости растений [5]. Однако изучение его характеристик в связи с влиянием метеорологических условий в основном базировалось на измерении биометрических показателей [1]. В то же время сведения о влиянии пониженной температуры на фотосинтетические способности клевера красного крайне малочисленны [6, 7]. В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение влияния низких закаливающих температур на свето-температурную характеристику СО₂-газообмена интактных растений клевера красного (*Trifolium pratense* L.).

Исследования проводили с двумя сортами клевера красного: Среднерусский – относящийся к одноукосному и Витязь – к двухукосному типу.

Растения выращивали в песчаной культуре при поливе питательным раствором в факторостатных условиях: 14-часовом фотопериоде, освещенности около 10 клк и температуре воздуха 22–20 °С (день/ночь). Закаливание растений проводили в течение 3 суток при температуре +5 °С, а их устойчивость определяли методом промораживания высечек из листьев в полупроводниковом микрохолодильнике с последующим определением температуры гибели палисадных клеток (ЛТ₅₀) при микроскопировании [5].

Изучение влияния света и температуры на СО₂-газообмен интактных растений проводили в фазу прикорневой розетки (6–7 листьев). По достижению заданной фазы растения помещали в фитотрон с регулированием света в диапазоне 0–40 клк и температуры воздуха от +5 до +40 °С [8]. Эксперимент проводили по 21-точечному плану второго порядка [2] с экспозицией в каждой точке плана в течение 40–50 минут. Газообмен определяли по разности концентрации СО₂ на входе и выходе ассимиляционной камеры включенным по дифференциальной схеме газоанализатором «Infracal-4» с пределами измерения 0–0,001 объемных % СО₂ и рассчитывали на единицу сухого веса целых растений. Затем с помощью регрессионного анализа экспериментальных данных получали для каждого сорта уравнение, отражающее зависимость нетто-фотосинтеза от освещенности и температуры. Дыхание опреде-

ляли по поглощению в темноте CO_2 , а его составляющие (дыхание роста и дыхание поддержания) определяли по двухкомпонентной системе [3].

Исследования холодоустойчивости двух сортов клевера показали, что сорт Витязь является более стойким и выдерживает температуры промораживания на 1–1,5 °С ниже, чем сорт Среднерусский. Дальнейшие опыты показали, что исследуемые сорта клевера значительно различаются как по уровню потенциального максимума нетто-фотосинтеза, так и по свето-температурным условиям, обеспечивающим его достижение (табл. 1). Однако в естественных условиях такие сочетания факторов внешней среды бывают весьма редко, а их поддержание в защищенном грунте требует значительных средств. Поэтому наилучшими условиями произрастания сорта являются не те, которые позволяют получить потенциальный максимум видимого фотосинтеза, а те, которые обеспечивают достижение его оптимума – т.е. условия фоновой зоны, при температурах которой, судя по экспериментальным данным, возможно получение более 90 % от потенциального максимума интенсивности нетто-фотосинтеза [9]. При изменении условий среды в пределах этого диапазона терморезистентность растений не изменяется [4]. Конкретные границы фоновой зоны зависят от вида, сорта, фазы развития растений и сопутствующих условий внешней среды. За пределами фоновой зоны расположены зоны закаливания и повреждения. Как показали опыты, влияние пониженной температуры из зоны холодого закаливания привело к снижению у растений исследуемых сортов потенциального максимума нетто-фотосинтеза. При этом у более холодостойких растений сорта Витязь значительно сузился диапазон температурного оптимума, а у теплолюбивых растений сорта Среднерусский произошло его смещение в сторону более низких температур при значительном сужении оптимума светового диапазона.

Таблица 1

Влияние холодого закаливания на потенциальный максимум и оптимум нетто-фотосинтеза интактных растений двух сортов клевера красного и свето-температурные условия, обеспечивающие их достижение

Сорт	Вариант	Максимум			Оптимум		
		PN (мг/гч)	Е (клк)	Т (°С)	PN (мг/гч)	Е (клк)	Т (°С)
Витязь	Контроль	9,04	46,4	18,7	8,14	33–57	10,5–27,8
	Закалка	8,2	41,0	18,4	7,39	29–52	11,8–25,8
Среднерусский	Контроль	19,2	50,3	20,7	17,3	34,5–60	12,8–30,5
	Закалка	9,3	41,0	16,7	8,3	30–49	9–26,4

Изучение влияния холодого закаливания на интенсивность нетто-фотосинтеза растений при различных температурных условиях среды показало общую тенденцию ее снижения с повышением холодоустойчивости растений при высоком уровне освещенности (40 клк) у обоих исследуемых сортов и определенные различия при низкой освещенности. У более холодоустойчивого сорта Витязь при низком уровне освещенности (20 клк) холодое закаливание практически не сказалось на интенсивности нетто-фотосинтеза, при некотором усилении (судя по наклону кривых) силы влияния температурного фактора. У более теплолюбивых растений сорта Среднерусский холодое закаливание вызывало сильное снижение интенсивности нетто-фотосинтеза, особенно при более высокой освещенности, и в то же время, судя по углу наклона кривых, приводило к уменьшению силы влияния температурного фактора.

Изучение влияния холодого закаливания на положение световых кривых интенсивности нетто-фотосинтеза при температурах трех зон – фоновой, холодо-

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

вого и теплового закаливания – показало значительное ее снижение независимо от сорта в пределах всего диапазона, включающего в себя фоновые и закаливающие к холоду и теплу температуры при высокой интенсивности освещенности. Максимум интенсивности нетто-фотосинтеза достигался при температуре фоновой зоны. При низкой освещенности холодное закаливание растений сорта Витязь приводило к значительному снижению интенсивности видимого фотосинтеза в диапазоне действия температур фоновой зоны и теплового закаливания. У растений сорта Среднерусский – только при температуре теплового закаливания.

Интенсивность темнового дыхания у растений более холодоустойчивого сорта Витязь оказалась несколько выше, чем у более теплолюбивых растений сорта Среднерусский, и возрастала в последствии закаливания, особенно в диапазоне повышенных температур, за счет усиления дыхания поддержания. Максимум составляющей дыхания роста располагался в фоновой зоне, вблизи температур зоны теплового закаливания.

Таким образом, проведенные исследования показали, что холодное закаливание двух контрастных по требованиям к температурным условиям внешней среды и скороспелости сортов клевера красного, повышая их холодоустойчивость, оказывает значительное влияние на CO_2 -газообмен, снижая интенсивность нетто-фотосинтеза, особенно при высоком уровне освещенности, и увеличивая интенсивность дыхания за счет возрастания дыхания поддержания. Одновременно с этим у растений происходит и изменение требований к параметрам свето-температурных условий внешней среды, обеспечивающих потенциальный максимум и оптимум видимого фотосинтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадина Г.В. Возделывание бобовых культур и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 242 с.
2. Голикова Т.И., Панченко Л.А., Фридман А.Ф. Каталог планов второго порядка. – М.: МГУ, 1974. – Ч. 1, вып. 47. – 383 с.
3. Головкин Т.К. Дыхание растений: физиологические аспекты. – СПб.: Наука, 1999. – 204 с.
4. Дроздов С.Н., Курец В.К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. – Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 2003. – 166 с.
5. Дроздов С.Н., Курец В.К., Титов А.Ф. Некоторые закономерности и механизмы влияния температуры на терморезистентность активно вегетирующих растений // Матер. международной конференции «Северная Европа в 21 веке: природа, культура, экономика». – Петрозаводск: Изд. Кар. НЦ РАН, 2006. – С. 93–96.
6. Корякина В.Ф., Сметанникова А.И. Физиология клевера и люцерны // Физиология сельскохозяйственных растений. Под редакцией Н.С. Туркова. – 1970. – Т. 6. – С. 256–384.
7. Курец В.К., Дроздов С.Н., Попов Э.Г., Холопцева Е.С. Свето-температурная характеристика CO_2 -газообмена сортов клевера красного // Докл. РАСХН. – 2001. – № 3. – С. 14–16.
8. Курец В.К., Попов Э.Г. Статистическое моделирование системы связей «растение – среда». – Л.: Наука, 1991. – 152 с.
9. Лархер В. Экология растений. – М.: Изд. «Мир», 1978. – 384 с.
10. Ржанова Е.И., Ахундова В.А., Шалыганова О.Н. Особенности физиологических процессов зернобобовых растений // Физиология сельскохозяйственных растений. Под редакцией Н.С. Туркова. – М.: Изд. МГУ, 1970. – Т. 6. – С. 98–215.
11. Романенко Г.А. Сельскохозяйственная наука России в 21 веке // Вестник РАСХН. – 1999. – № 2. – С. 3–7.