



تأثیر تنش شوری کوتاه و بلند مدت بر میزان فتوسنتز و کربوهیدرات برگ گیاه چغندر قند

(*Beta vulgaris*)

علیرضا دادخواه^{۱*} و سید هاشم مقتدر^۲

^۱ عضو هیات علمی گروه تولیدات گیاهی و دانشجوی مهندسی تولیدات گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

*. E-mail: dadkhah@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

این تحقیق به منظور مطالعه اثر تنش شوری کوتاه و بلند مدت بر میزان فتوسنتز و کربوهیدرات برگ گیاه چغندر قند (واریته منوژرم مادیسون) در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار انجام شد. آزمایش در اتاقک رشد در شرایط کنترل شده (دمای روزانه 26 ± 1 و شبانه 15 ± 1 درجه سانتی گراد و شدت نور 350 میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه) اجرا گردید. بذور گیاه چغندر قند در تشت های پلاستیکی پر شده از ماسه کاشته شده و گیاهچه ها پس از سبز شدن به گلدان های حاوی ماسه منتقل شدند. گیاهان پس از استقرار (در مرحله دو برگه) برای مدت یک هفته (کوتاه مدت) و 60 روز (بلند مدت) تحت چهار سطح شوری صفر (شاهد)، 100 و 200 و 300 میلی مولار مخلوط نمک های کلرور سدیم و کلروکلسیم به نسبت مولی 5 به 1 قرار گرفتند (نمک ها به محلول غذایی هوگلند اضافه شدند). افزایش شوری میزان فتوسنتز و هدایت روزنه ای برگها را به طور معنی داری کاهش داد. همچنین تنش شوری میزان دی اکسید کربن تثبیت شده و میزان کربن صادر شده از برگ را بشدت کاهش داد. در تنش شوری کوتاه مدت کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ عمدتاً بر اثر کاهش هدایت روزنه ای بود که منجر به کاهش میزان CO_2 درون برگ شد، در حالی که در تنش شوری بلند مدت عمدتاً عوامل غیر روزنه ای نظیر کاهش فعالیت آنزیم RuBP کربوکسیلاز، کاهش تولید مجدد ریبولوز بی فسفات و یا صدمه دیدن مرکز فتوسیستم 2 در کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ دخالت دارند.

واژه های کلیدی: تنش شوری، چغندر قند، فتوسنتز، هدایت روزنه ای

مقدمه

شوری خاک و آب آبیاری از مهمترین عوامل محدود کننده تولیدات گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک می باشند. آبیاری بیش از حد با آب شور و زهکشی نامناسب خاک ها سبب افزایش شوری خاک می گردد، زیرا پس از تبخیر و تعرق آب خالصی از سطح خاک و گیاه، غلظت املاح خاک افزایش یافته و این موجب کاهش پتانسیل آب می گردد. (۴). رشد گیاهان در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه و تأثیر ویژه یون ها در فرآیند های متابولیکی کاهش می یابد (۳، ۵). تنش شوری فرآیند فتوسنتز را که یکی از مهمترین فرآیند های فیزیولوژیکی گیاه محسوب می شود و بیش از 90% وزن ماده خشک گیاه را می سازد، تحت تأثیر قرار می دهد. در برخی از پژوهش ها نشان داده شده است که کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاهان تحت تنش شوری به خاطر کاهش هدایت روزنه ای می باشد، که در نتیجه آن قابلیت دسترسی به گاز کربنیک کاهش می یابد (۶). میزان کاهش فتوسنتز تحت تنش شوری به نوع شوری، مدت زمانی که گیاه در معرض شوری است، سن گیاه و نوع گیاه بستگی دارد (۴). دون تون و همکاران (۱) گزارش کردند که کاهش هدایت روزنه ای تحت تنش شوری میزان گاز کربنیک داخل سلول های برگ (C_i) گیاه اسفناج را تا 30% کاهش داد. اگر چه کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تا حدی به کاهش هدایت روزنه ای بستگی دارد ولی برخی از محققین عواملی غیر از هدایت روزنه ای نظیر کاهش فعالیت آنزیم RuBP کربوکسیلاز، حساسیت مرکز فتوسیستم 2 و کاهش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ را در کاهش میزان فتوسنتز در برخی گیاهان گزارش نموده اند (۴).

مواد و روش ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در اتاقک های رشد کنترل شده با درجه حرارت روز و شب به ترتیب 26 ± 1 و 16 ± 1 درجه سانتیگراد انجام شد. دوره روشنایی 16 ساعت و شدت نور 350 میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه بود. رطوبت نسبی در روز و شب به ترتیب $45 \pm 5\%$ و $55 \pm 5\%$ بود. در این آزمایش از یک وارته منوژرم به نام مادیسون استفاده شد. قبل از کاشت قوه نامیه بذور نیز اندازه گیری گردید و متوسط آن 95% بود. کلیه بذور در تشت های پلاستیکی کم عمق (عمق 5 سانتیمتری) پر شده از ماسه شسته شده به اندازه $1 - 0.2$ میلیمتر کاشته شدند.



پس از سبز کردن، گیاهچه ها به گلدانهای پلاستیکی با قطر دهانه ۹ سانتیمتر و عمق ۲۰ سانتیمتر پر شده از ماسه منتقل شدند (در هر گلدان یک گیاهچه کاشته شد). دو هفته بعد از انتقال گیاهچه ها، گیاهان تحت چهار تیمار آبیاری قرار گرفتند که عبارتند از: شاهد (آبیاری با محلول غذایی هوگلند) و آبیاری با آب شور با غلظت های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار (نمک به محلول غذایی هوگلند اضافه شد). شوری آب آبیاری از طریق افزایش نمکهای کلرورسدیم و کلرورکلسیم با نسبت مولی ۵ به ۱ به آب مقطر تامین گردید. در زیر هر گلدان یک بشقاب گذاشته شد تا در هنگام آبیاری از نشت آب زهکشی به بیرون و نفوذ آن به سایر گلدانها جلوگیری شود. برای یکنواختی محیط رشد ریشه، آبیاری با آب شور آنقدر ادامه می یافت تا هدایت الکتریکی آب زهکشی شده از گلدان با هدایت الکتریکی آب آبیاری مساوی شود. به منظور جلوگیری از اعمال شوک به گیاهچه ها نیز تیمارهای شوری به صورت مرحله ای با هدایت الکتریکی ۴ دسی سیمینس بر متر شروع و هر روز ۴ دسی سیمینس به مقدار شوری اضافه گردید تا در نهایت به میزان شوری مورد نظر رسید. پس از رسیدن به غلظت شوری مورد نظر در هر تیمار، در تنش کوتاه مدت گیاهان برای یک هفته و در تنش طولانی مدت گیاهان برای ۶۰ روز تحت تنش شوری قرار گرفتند و سپس میزان فتوسنتز آنها اندازه گیری شد.

میزان فتوسنتز، هدایت روزنه ای و میزان تعرق جوانترین برگ گیاه پس از ۵ ساعت از شروع روشنایی، با استفاده از دستگاه تبادلات گازی سیراس^{۱۵} (CIRAS) در شرایط محیطی اتاقک رشد (شدت نور ۳۵۰ میکرو مول فوتون بر متر مربع در ثانیه و میزان گاز کربنیک ۳۸۰ ppm) اندازه گیری شد. سپس بطور مصنوعی غلظت گاز کربنیک محیط به ۱۵۰۰ ppm افزایش یافت و مجدداً میزان فتوسنتز با دستگاه سیراس اندازه گیری شد. میزان کربوهیدرات محلول در برگ و نشاسته با استفاده از روش هضمی و منحنی استاندارد گلوکز محاسبه گردید. تجزیه واریانس داده ها با استفاده از برنامه آماری کامپیوتری SAS^{۱۶} تحت ویندوز انجام شد. میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ و هدایت روزنه ای برگ گیاه چغندرقد در تنش شوری کوتاه و بلند مدت به شدت کاهش یافت اما درصد کاهش میزان فتوسنتز متفاوت بود. در تنش شوری کوتاه مدت میزان فتوسنتز برگ در غلظت شوری ۱۰۰ حدود ۱۲ درصد کاهش داشت در حالی که در تنش شوری بلند مدت، میزان فتوسنتز ۲۵/۸ درصد کاهش یافت. همچنین در غلظت شوری ۳۰۰ میلی مول میزان فتوسنتز در تنش شوری کوتاه و بلند مدت به ترتیب ۴۲ و ۶۷/۵ درصد کاهش نشان داد (جدول شماره ۲). نتایج آزمایش همچنین نشان داد نسبت غلظت گاز کربنیک داخل برگ (Ci) به غلظت گاز کربنیک اتمسفر (Ca) در تنش شوری کوتاه مدت کاهش یافت در حالی که در تنش شوری بلند مدت این نسبت بویژه در غلظت شوری زیاد نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین زمانی که غلظت گاز کربنیک محیط بطور مصنوعی به ۱۵۰۰ ppm افزایش یافت، میزان فتوسنتز برگ گیاهان چغندر که برای مدت کوتاه تحت تنش شوری بودند تا ۷۰ درصد افزایش نشان داد در حالی که فتوسنتز گیاهانی که تحت تنش شوری بلند مدت بودند تغییری نشان نداد.

جدول ۱: تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر صفات اندازه گیری شده در برگ گیاه چغندرقد.

منابع تغییر	درجه آزادی	فتوسنتز $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	هدایت روزنه ای $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	نسبت C_i/C_a	میزان کربوهیدرات برگ mmol gul cm^{-2}
تکرار	۵	۲/۶ ^{ns}	۳۴۳۹ ^{ns}	۱۰/۱ ^{ns}	۹۹۰ ^{ns}
تیمار شوری	۳	۹/۰ ^{**}	۱۲۵۸ ^{**}	۵۱/۲ ^{**}	۳۷۶۰ ^{**}
خطا	۱۵	۰/۸۲	۱۷۵۰	۱۳۰/۷	۱۲۸۷
C.V	۹/۸		۱۵/۹	۲۱	۱۳/۲

ns, ** : به ترتیب نشان دهنده عدم معنی دار و معنی دار در سطح یک درصد است.

¹⁵ Combined Infra Red Gas Analysis System

¹⁶ Statistical Analysis System for Windows, Version 6.12

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در برگ گیاه چغندر قند تحت تیمارهای مختلف تنش شوری

تیمار شوری (کوتاه مدت)	فتوستنتز $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	هدایت روزنه ای $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	نسبت C_i/Ca	میزان کربوهیدرات برگ mmol gul cm^{-2}
شاهد	۱۶/۲ ^a	۲۰۱/۲ ^a	۰/۶۲ ^a	۱۱۰ ^d
۱۰۰	۱۴/۳ ^b	۱۷۱ ^b	۰/۴۶ ^b	۱۴۵ ^c
۲۰۰	۱۱/۵ ^c	۱۳۰ ^c	۰/۳۳ ^c	۱۸۳ ^b
۳۰۰	۹/۴۰ ^d	۸۰/۵ ^d	۰/۲۵ ^d	۲۵۳ ^a

تیمار شوری (بلند مدت)	فتوستنتز $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	هدایت روزنه ای $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	نسبت C_i/Ca	میزان کربوهیدرات برگ mmol gul cm^{-2}
شاهد	۱۶/۸ ^a	۱۹۳/۵ ^a	۰/۶۰ ^b	۹۸ ^d
۱۰۰	۱۲/۵ ^b	۱۵۵ ^b	۰/۳۵ ^c	۱۶۰ ^c
۲۰۰	۸/۱ ^c	۹۰/۳ ^c	۰/۵۵ ^b	۲۱۰ ^b
۳۰۰	۵/۵ ^d	۴۳/۵ ^d	۰/۷۲ ^a	۳۰۳ ^a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین تیمارها می باشد. ($\alpha = 0.01$)

تنش شوری همچنین میزان کربوهیدرات برگ را افزایش داد. افزایش میزان کربوهیدرات برگ بخاطر کاهش صدور کربن از برگ می باشد که احتمالاً بخاطر سازگاری با شرایط تنش و ممانعت از مرگ سلول ها می باشد زیرا در شرایط تنش، سلول های گیاهان جهت مقابله با تنش شوری مایل به تجمع مولکولهای نظیر کربوهیدرات بویژه کربوهیدرات های محلول که ضرر کمتری برای فرایندهای بیوشیمیایی سلول ها دارند، می باشند.

این نتایج موافق با نتایج اورارد و همکاران (۲) بود. از نتایج فوق می توان نتیجه گیری کرد که در تنش شوری کوتاه مدت، کاهش هدایت روزنه ای سبب کاهش فتوستنتز در واحد سطح برگ می گردد که علت آن ورود کمتر گاز کربنیک به برگ است. اما در تنش شوری بلند مدت علاوه بر تاثیر هدایت روزنه ای، عوامل غیر روزنه ای از قبیل کاهش فعالیت آنزیم RuBP کربوکسیلاز و یا کاهش تولید مجدد ریبولوز بی فسفات می توانند تاثیر منفی بر میزان فتوستنتز داشته باشند (۲، ۵).

منابع و مراجع مورد استفاده

1. Downton, W. J. S., Grant W. J. R., Robinson, S. P., 1985. Photosynthetic and stomatal. responses of spinach leaves to salt stress. *Plant Physiology*. 78: 85-88.
2. Everard, J. D., Gucci, R., Kang, S. C., Flore, J. A., Leoscher, W. H., 1994. Gas exchange and carbon partitioning in the leaves of celery (*Apium graveolens* L.) at various levels of root zone salinity. *Plant Physiology*. 106: 281-292.
3. Hester, M. W., Mendelssohn, I. A., Mckee, K. L., 2001. Species and population variation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constraints. *Environmental and Experimental Botany*. 46: 277-297.
4. Polyakoff-Mayber, A., Lerner, H. R., 1999. Plant in saline environments. In "Hand book of Plant and Crop Stress" (M. PessaraKli, ed.), pp. 125. Marcel Dekker, New York.
5. Steduto, P., Albrizio, R., Giorio, P., Sorrentino, G., 2000. Gas-exchange response and stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation of sunflower under salinity. *Environmental and Experimental Botany*. 44: 243-255.
6. Sultana, N., Ikeda, T., Kashem, M.A., 2001. Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. *Environmental and Experimental Botany*. 46: 129-140.