

بررسی اثرات شوری و پتاسیم بر میزان رشد و تجمع پرولین در دو رقم جو

جمال‌الدین کمال‌نژاد، صادق فرهی‌آشتیانی و فائزه قناتی

به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۳/۴/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۶/۲۲

چکیده

نظر به اینکه شوری یکی از مسایل کشاورزی ایران است، اثرات شوری و پتاسیم بر میزان رشد و تجمع پرولین طی آزمایشی بر روی شن و محلول غذایی هوگلند (۱/۲) با دو رقم جو ریحان و افضل به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ضمن افزایش شوری، میزان وزن خشک بخش هوایی و ریشه، شدت فتوستتوز، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و پتاسیم محتوی بافت بخش هوایی در هر دو رقم کاهش می‌یابد. این کاهش وزن خشک در رقم ریحان شدیدتر بود. همچنین تیمار شوری تحت شرایط کشت بر روی شن، میزان پرولین محتوی بافت بخش هوایی هر دو رقم را نسبت به شاهد افزایش داد. مصرف پتاسیم توام با تیمارهای شوری باعث افزایش وزن خشک ریشه و بخش هوایی، بیوماس کل و میزان پتاسیم محتوی بافت ساقه شد. این امر شاید ناشی از افزایش جذب پتاسیم نسبت به سدیم به وسیله گیاه باشد زیرا مشخصه اغلب گیاهان عالی جذب انتخابی شدیدتر پتاسیم و انتقال آن به بخش هوایی نسبت به سدیم است. از نتایج به دست آمده چنین به نظر می‌رسد که رقم افضل در مقایسه با رقم ریحان نسبت به شوری تحمل بیشتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری، جو، پتاسیم، میزان رشد، پرولین

مقدمه

کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر، دوم کم آبی ناشی از کاهش جذب آب که با کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون و در نهایت با کاهش محصول همراه است (اسلام زاده و خلد برین، ۱۳۷۰؛ عبدال زاده و صفاری، ۱۳۸۱). در محیط‌های کشت شور، میزان اسیدهای آمینه نظیر پرولین برای تنظیم اسمزی محیط داخلی افزایش می‌یابد که مقدار این مواد در بعضی از گیاهان ۲۰-۱۰ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد (بابائیان جلودار و ضیاء تبار احمدی، ۱۳۸۱).

شوری خاک یکی از تنش‌های غیرزنده و محدودکننده رشد و تولید در گیاهان زراعی است، با افزایش جمعیت دنیا، کمبود غذا بشر را در تنگنا قرار داده است، به طوری که احتیاج به تولید غذای بیشتر، بشر را وادار می‌کند تا در آینده‌ای نه چندان دور از خاک‌ها و آبهای شور نیز برای کشاورزی و تولید غذای بیشتر استفاده کند (بابائیان جلودار و ضیاء تبار احمدی، ۱۳۸۱). مهمترین اثرات ظاهری صدمات شوری بر گیاه به دو عامل اساسی زیر مربوط می‌شود. اول بر هم خوردن توازن یونی ناشی از

کاهش جذب پتاسیم در میزان رشد و متابولیسم گیاه از جمله سنتز پروتئین اختلال ایجاد می‌کند (افشار محمدیان، ۱۳۷۴؛ زعفرانچی زاده مقدم، ۱۳۷۴).

مطالعات نشان داده است که مصرف صحیح کود پتاسیمی در اراضی شور موجب کاهش عوارض فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد می‌شود (صفاری، ۱۳۷۵). بنابراین بررسی اثرات توام شوری و پتاسیم بر میزان رشد و عملکرد غلات مورد نظر می‌باشد، بر همین اساس در تحقیق حاضر، مصرف پتاسیم در محیط‌های کشت شور و تأثیر آن بر میزان رشد و تجمع پرولین در دو رقم جو ریحان و افضل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات شوری و پتاسیم بر میزان رشد، شدت فتوستتیز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و تجمع پرولین در دو رقم جو ریحان و افضل، آزمایشی با سه تیمار شوری صفر (محلول غذایی هوگلند $\frac{1}{4}$)، ۴۰ و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم و دو تیمار پتاسیم (هوگلند $\frac{1}{4}$) و هوگلند $\frac{1}{4}$ توام با ۶ میلی مولار پتاسیم در چهار تکرار با دو رقم جو ریحان و افضل به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوکهای کاملاً تصادفی در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. گیاهان بر روی شن کشت گردیده و با محلول غذایی هوگلند $\frac{1}{4}$ در شرایط اتاقک رشد با دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب و شدت روشنایی حدود ۵۰۰۰ لوکس و فتوپریود ۱۳:۱۱ (روشنایی: تاریکی) آبیاری شدند. برای اعمال تیمار پتاسیم، ۶ میلی مولار از نمک نترات پتاسیم و برای اعمال تیماری شوری، ۴۰ و ۸۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم به صورت جداگانه به محلول غذایی هوگلند $\frac{1}{4}$ اضافه شد. پس از آن تمام گلدان‌ها همه روزه تا زمان برداشت تا حد اشباع به وسیله محلول غذایی هوگلند $\frac{1}{4}$ و تیمارهای ذکر شده آبیاری شدند. در این آزمایش

تلاش برای اصلاح ارقام مقاوم به شوری یکی از مهمترین روش‌های موثر در بهره‌برداری از خاک و آب شور به منظور افزایش عملکرد به حساب می‌آید. در همین راستا شناخت مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تحمل به شوری نیز ضروری به نظر می‌رسد (نجف و میر معصومی، ۱۳۷۶).

گیاه جو یکی از غلات مهم و اساسی در تهیه غذای انسان و دام به حساب می‌آید (بهنیا، ۱۳۷۶). سطح زیرکشت این گیاه در ایران حدود ۲/۲ میلیون هکتار با تولید سالانه حدود ۲ میلیون تن است که از نظر آماری دومین گیاه زراعی کشت شده پس از گندم می‌باشد. تحمل به شوری در گیاه جو بیشتر از گندم است، بدین جهت کشت این گیاه در زمین‌های بایر و شور مناسبتر از کشت گندم و سایر گیاهان زراعی است (احتشامی و چایی، ۱۳۷۷).

با افزایش شوری خاک، جذب آب بوسیله جو کم شده و به علت خشکی فیزیولوژیکی میزان فتوستتیز در گیاه کاهش و در نتیجه عملکرد کم می‌شود، همچنین با افزایش شوری رشد ریشه جو کاهش یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه کم می‌شود، بنابر این برای تامین مواد غذایی لازم است غلظت عناصر غذایی نسبت به شرایط غیر شور تا حدودی افزایش یابد (مهاجر میلانی و همکاران، ۱۳۷۹). طبق تحقیقات انجام شده، کشت جو در اراضی شور، موجب بروز عوارض فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود، همچنین نشان داده‌اند که در شرایط شوری، وزن خشک ریشه و بخش هوایی جو و گندم کاهش می‌یابد (جهان بین، ۱۳۸۲؛ حاجی بلند، ۱۳۷۰؛ مالمیر، ۱۳۷۳؛ دریهم و پیل بیم، ۲۰۰۲). گزارش شده است که شوری ۲۰۰ میلی مولار باعث کاهش ۴۷ درصدی وزن تر ساقه نسبت به شاهد در جو می‌شود که این کاهش وزن با کاهش یون K^+ در ساقه و افزایش یون Na^+ در برگ همراه بوده است (تریسی و همکاران، ۲۰۰۳). به علت رقابت در جذب یون، افزایش جذب یون سدیم، احتمالاً موجب کاهش جذب پتاسیم به وسیله گیاه می‌شود و این

وسیله دستگاه جذب اتمی Shimadzu مدل AA-670 اندازه‌گیری شد. کلروفیل محتوی بافت برگ به روش آرنون (فرهی آشتیانی و پرویزیان، ۱۳۷۶) و پرولین محتوی بافت بخش هوایی به روش بیتز (بیتز و همکاران، ۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. نتایج این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS و EXCEL و تست ANOVA یک طرفه و تست چند دامنه‌ای دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

با افزایش شوری در شرایط تیمار بدون مصرف پتاسیم، وزن خشک بخش هوایی، ریشه و بیوماس در هر دو رقم کاهش یافت، که این کاهش در رقم ریحان بین تیمار شاهد و تیمارهای با شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار معنادار است (جدول ۱). در رقم افضل کاهش وزن خشک بخش هوایی و بیوماس فقط در شوری ۸۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد معنادار بوده، همچنین کاهش وزن خشک در رقم ریحان بیشتر از افضل بوده است (جدول ۱). نتایج مشابهی در گیاه جو (جهان‌بین، ۱۳۸۲؛ حاجی‌بلند، ۱۳۷۰) گزارش شده است.

اندازه‌گیری شدت فتوسنتز و تعرق برگ دوم در گیاهچه‌های ۱۴ روزه به وسیله دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی HCM-1000 انجام شد. تنظیمات دستگاه قبل از اندازه‌گیری به شرح زیر بود.

میزان جریان هوا^۱ بر روی ۸۰۰ میلی‌لیتر هوا در یک دقیقه، دما بر روی ۲۰ درجه سانتی‌گراد، غلظت CO₂ بر روی ۳۶۰ پی‌پی‌ام و شدت نور بر روی ۱۸۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه تنظیم شد. برای اندازه‌گیری با دستگاه ذکر شده، برگ دوم هر گیاهچه به مساحت ۱/۶cm² در داخل کووت دستگاه قرار داده شد و پس از رسیدن به حالت تعادل بعد از یک دقیقه، سه قرائت آخری دستگاه ثبت و یادداشت گردید. گیاهان در مرحله ۴۰ روزگی، برداشت شده و از هر گلدان دو گیاهچه برای اندازه‌گیری پرولین و دو گیاهچه برای اندازه‌گیری کلروفیل محتوی بافت در ازت مایع فریز شده و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر قرار داده شدند. سرانجام پس از برداشت و جداسازی بخش هوایی و ریشه نمونه‌ها، وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه را تعیین و در نمونه‌های خشک شده بخش هوایی میزان عناصر معدنی سدیم و پتاسیم محتوی بافت به

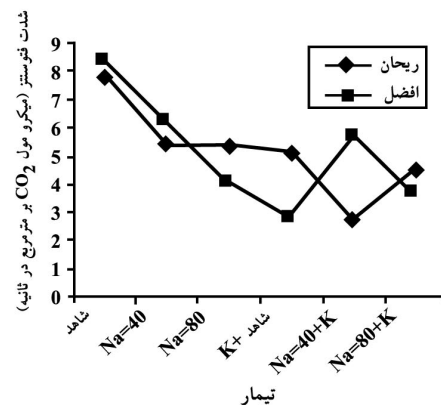
جدول ۱- اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان وزن خشک بخش هوایی، ریشه و وزن کل دو رقم جو در شرایط کشت در اتاقک رشد و بر روی شن.*

رقم	شوری (میلی مول)	وزن خشک بخش هوایی هر گیاهچه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه هر گیاهچه (میلی گرم)	وزن کل هر گیاهچه (میلی گرم)
ریحان	بدون پتاسیم	۶۰/۷ ^{de}	۷/۹ ^{bcd}	۶۸/۶ ^{de}
	با پتاسیم	۶۳/۹ ^e	۹ ^{cd}	۷۲/۹ ^e
۴۰	بدون پتاسیم	۴۷/۲ ^{abc}	۶/۵ ^{ab}	۵۳/۷ ^{abc}
	با پتاسیم	۴۹/۷ ^{abc}	۶/۵ ^{ab}	۵۶/۲ ^{abc}
۸۰	بدون پتاسیم	۴۳/۱ ^a	۵/۶ ^{ab}	۴۸/۸ ^a
	با پتاسیم	۴۸/۲ ^{abc}	۶/۳ ^{ab}	۵۴/۵ ^{abc}
افضل	بدون پتاسیم	۵۵/۲ ^{cde}	۸/۸ ^{cd}	۶۴ ^{cde}
	با پتاسیم	۶۰/۹ ^{de}	۹/۳ ^d	۷۰/۲ ^{de}
۴۰	بدون پتاسیم	۴۸/۵ ^{abc}	۷/۷ ^{bc}	۵۶/۲ ^{abc}
	با پتاسیم	۵۳ ^{bcd}	۹ ^{cd}	۶۲/۳ ^{bcd}
۸۰	بدون پتاسیم	۴۴/۳ ^{ab}	۷/۵ ^{bc}	۵۲ ^{ab}
	با پتاسیم	۴۶/۷ ^{abc}	۸/۲ ^{cd}	۵۴/۹ ^{abc}

* مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد انجام شده و میانگین تیمارها در هر ستون که دارای حروف مشترکند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

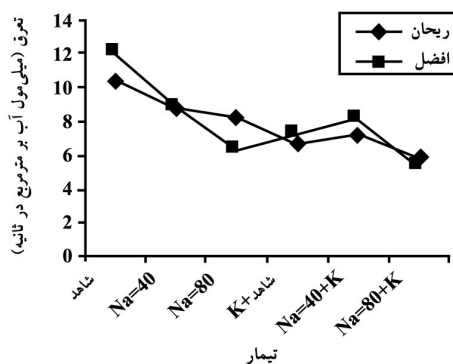
محمد و همکاران (محمد و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش کردند که بلندی گیاه، وزن خشک ریشه و ساقه جو بوسیله شوری کاهش می‌یابد. این کاهش رشد ممکن است به خاطر اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک باشد که جذب آب و عناصر غذایی را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش رشد ریشه و بخش هوایی می‌شود. کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش رشد بخش هوایی به ویژه برگ‌ها و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها یا به علت اثر مستقیم نمک بر روی سیستم فتوسنتزی و یا تأثیر بر توازن یونی باشد (حیدری شریف آباد، ۱۳۷۶). همچنین کاهش مقدار پتاسیم با افزایش تنش شوری و سمیت یونی سدیم با اختلال در نسبت Na/K محتوی بافت نیز می‌تواند یکی از دلایل کاهش رشد باشد (حاجی بلند، ۱۳۷۰). مصرف پتاسیم توأم با تیمارهای شوری نسبت به تیمارهای شوری بدون پتاسیم، باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی، ریشه و بیوماس در هر دو رقم می‌شود، گرچه این افزایش معنادار نیست. همچنین وزن خشک ریشه افضل در تیمارهای شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار توأم با پتاسیم، افزایش معناداری را نسبت به وزن خشک ریشه رقم ریحان نشان می‌دهد. افزایش رشد در شرایط مصرف پتاسیم احتمالاً می‌تواند به نقش مثبت K^+ در پایداری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و کاهش اثرات سمیت Na^+ مربوط باشد (نجف و میر معصومی، ۱۳۷۶).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شدت فتوستنز (شکل ۱)،

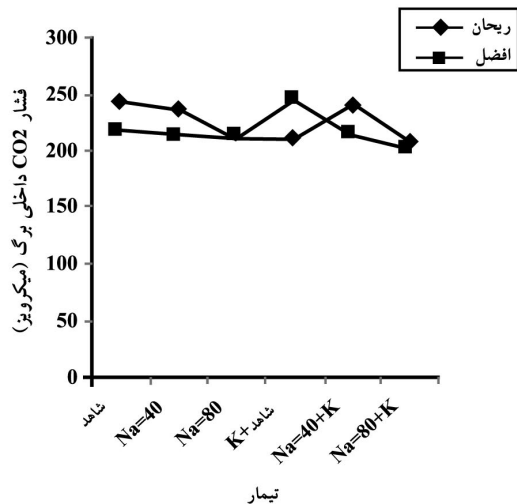


شکل ۱- اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان شدت فتوستنز در دو رقم جو.

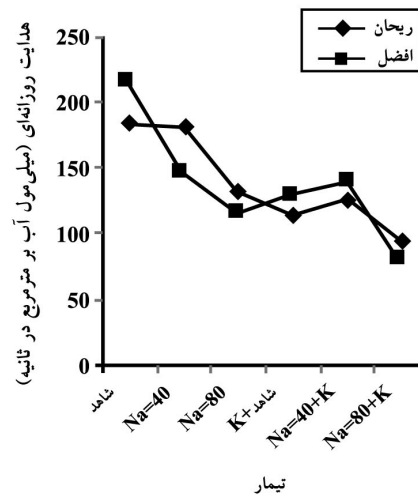
تعرق (شکل ۲)، هدایت روزنه‌ای (شکل ۳)، و فشار CO_2 داخلی برگ (شکل ۴) در هر دو رقم جو نشان می‌دهد که با افزایش شوری این فاکتورها کاهش می‌یابد. براساس مطالعات، کاهش تعرق در خاک‌های شور مربوط به بسته شدن روزنه‌ها و با کاهش آب قابل جذب و منفی‌تر شدن فشار اسمزی در بافت‌های گیاه است (کرامر، ۱۹۸۳). همچنین گزارش شده که در جو عامل کاهش میزان فتوستنز در شرایط شوری، افزایش مقاومت روزنه‌ای یا کاهش هدایت روزنه‌ای است. در ضمن گزارش شده است که در شوری‌های خفیف، کاهش فتوستنز اغلب به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و در شوری‌های زیاد به دلیل واکنش‌های تخریبی و بیوشیمیایی است (جهان‌بین، ۱۳۸۲). نتایج حاصل از آزمایش‌های ما نشان می‌دهد که احتمالاً کاهش فتوستنز و تعرق با کاهش هدایت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها در ارتباط بوده و در اثر کاهش کلروفیل نمی‌باشد (جدول ۲)، زیرا مقدار کلروفیل در رقم ریحان تحت تأثیر شوری تغییر نکرده و مقدار کلروفیل رقم افضل نیز افزایش یافته است. بنابراین، احتمال دارد کاهش رشد در دو رقم جو ضمن افزایش شوری ناشی از کاهش فتوستنز در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای باشد. مصرف پتاسیم توأم با شوری در مقایسه با تیمار بدون پتاسیم، باعث کاهش میزان شدت فتوستنز خالص، تعرق، هدایت روزنه‌ای، و فشار CO_2 داخلی برگ (به ترتیب اشکال ۱-۴) در هر دو رقم ریحان و افضل می‌شود، که این نتیجه با نتایج کایا و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت نداشته و به آزمایش‌ها و بررسی‌های بیشتری نیاز دارد.



شکل ۲- اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان تعرق در دو رقم جو.



شکل ۴ - اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان فشار داخلی CO₂ داخلی برگ در دو رقم جو.



شکل ۳ - اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان هدایت روزنه‌ای در دو رقم جو.

جدول ۲- اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان کلروفیل محتوی بافت برگ دو رقم جو در شرایط کشت در اتاقک رشد و بر روی شن. *

رقم	شوری (میلی مول)	میزان کلروفیل محتوی برگ (میلی گرم در یک گرم وزن تر)		
		کلروفیل a	کلروفیل b	مجموع کلروفیل (a+b)
ریحان	بدون پتاسیم	۱/۴۴ ^c	۰/۵۶ ^b	۲ ^b
	با پتاسیم	۱/۴۳ ^c	۰/۵۶ ^b	۱/۹۹ ^b
	بدون پتاسیم	۱/۴۴ ^c	۰/۵۶ ^b	۲ ^b
	با پتاسیم	۱/۴۲ ^c	۰/۵۵ ^b	۱/۹۷ ^b
	بدون پتاسیم	۱/۴۳ ^c	۰/۵۶ ^b	۱/۹۹ ^b
	با پتاسیم	۱/۴۳ ^c	۰/۵۵ ^b	۱/۹۸ ^b
افضل	بدون پتاسیم	۰/۸۲ ^a	۰/۳۴ ^a	۱/۱۶ ^a
	با پتاسیم	۰/۷۵ ^a	۰/۳۴ ^a	۱/۰۹ ^a
	بدون پتاسیم	۱/۰۱ ^{ab}	۰/۳۹ ^a	۱/۴ ^a
	با پتاسیم	۰/۸۸ ^{ab}	۰/۳۵ ^a	۱/۲۳ ^a
	بدون پتاسیم	۱/۱۱ ^{bc}	۰/۴۴ ^{ab}	۱/۵۶ ^{ab}
	با پتاسیم	۰/۹۳ ^{ab}	۰/۳۶ ^a	۱/۲۹ ^a

*مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد انجام شده و میانگین تیمارها در هر ستون که دارای حروف مشترکند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

اینکه مربوط به حامل‌های انتقال‌دهنده این دو یون باشد (جوانمردی وهمکاران، ۱۳۷۹). فراهم بودن غلظت کافی از یون K و نسبت متعادل از $\frac{K^+}{Na^+}$ در سلول برای عملکرد طبیعی گیاه تحت شرایط تنش ضروری است (لینچ ولوچلی، ۱۹۸۴). همچنین برخی گزارش‌ها نشان داده است که کمبود پتاسیم ناشی از ازدیاد سدیم باعث

همان‌گونه که جدول ۳ نشان می‌دهد با افزایش شوری، غلظت سدیم محتوی بافت افزایش و میزان پتاسیم محتوی بافت کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی در گیاهان گندم (دریهم و پیل بیم، ۲۰۰۲) و جو (محمد وهمکاران، ۲۰۰۳) گزارش شده است. علت این امر ممکن است مربوط به اثر رقابتی یون سدیم بر جذب یون پتاسیم یا

کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی می‌شود (کرامر، ۱۹۸۳).

مصرف پتاسیم توام با تیمارهای شوری، در هر دو رقم باعث کاهش میزان سدیم و افزایش درصد پتاسیم محتوی بافت بخش هوایی گردید (جدول ۳). احتمال دارد افزایش غلظت پتاسیم اطراف ریشه، از طریق کاهش اثر رقابتی سدیم بر جذب پتاسیم، موجب افزایش میزان جذب پتاسیم به وسیله ریشه و کاهش جذب سدیم یا خروج سدیم از ریشه شده باشد. به علاوه، کاهش میزان سدیم بافت بخش هوایی ممکن است بر اثر رقت ناشی از رشد گیاه در اثر یون پتاسیم باشد (کایا و هیگس، ۲۰۰۳). با افزایش شوری نسبت $\frac{Na^+}{K^+}$ بخش هوایی در هر دو رقم افزایش یافته در صورتی که با مصرف پتاسیم نسبت $\frac{Na^+}{K^+}$

در هر دو رقم کاهش می‌یابد. کاهش نسبت $\frac{Na^+}{K^+}$ در بافت بخش هوایی ممکن است به خاطر جذب بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم و انتقال آن از ریشه به بخش هوایی باشد. همچنین گزارش شده است که گیاهان متحمل به شوری دارای نسبت $\frac{Na^+}{K^+}$ کمتری می‌باشند (جوانمردی و همکاران، ۱۳۷۹). کاهش بیشتر $\frac{Na^+}{K^+}$ در رقم افضل تحت شرایط شوری در مقایسه با رقم ریحان می‌تواند بیانگر مقاوم بودن رقم افضل نسبت به شوری در مقایسه با رقم ریحان باشد. با افزایش شوری و بدون مصرف پتاسیم میزان پرولین بافت بخش هوایی در هر دو رقم نسبت به شاهد (تیمار بدون شوری) افزایش معناداری پیدا می‌کند (جدول ۴). نتایج مشابهی در گیاه جو گزارش شده است (رحیمیان و بنایان، ۱۳۷۵؛ جهان بین، ۱۳۸۲).

جدول ۳- اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان عناصر معدنی محتوی بافت بخش هوایی دو رقم جو در شرایط محیط کشت در اتاقک رشد و بر روی شن.

رقم	شوری (میلی مول)	عناصر معدنی محتوی بافت بخش هوایی (%)	
		سدیم	پتاسیم
ریحان	بدون پتاسیم	۲/۹ ^a	۱/۵ ^{ef}
	با پتاسیم	۲/۸ ^a	۹/۷ ^{gh}
	بدون پتاسیم	۶/۸ ^b	۴/۷ ^a
	با پتاسیم	۶/۶ ^b	۶/۴ ^c
	بدون پتاسیم	۷/۹ ^c	۴/۲ ^a
	با پتاسیم	۷/۲ ^{bc}	۵/۹ ^b
افضل	بدون پتاسیم	۳/۲ ^a	۹ ^{fg}
	با پتاسیم	۲/۹ ^a	۹/۹ ^h
	بدون پتاسیم	۷/۲ ^{bc}	۶/۲ ^c
	با پتاسیم	۶/۸ ^b	۷/۹ ^{de}
	بدون پتاسیم	۷/۴ ^{bc}	۶/۱ ^c
	با پتاسیم	۷/۳ ^{bc}	۷/۵ ^{bc}

* مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد انجام شده، میانگین تیمارها در هر ستون که دارای حروف مشترکند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

جدول ۴ - اثر متقابل پتاسیم و شوری بر میزان پرولین بافت بخش هوایی دو رقم جو در شرایط محیط کشت در اتاقک رشد و بر روی شن*.

رقم	شوری (میلی مول)	پرولین (میکرو مول در یک گرم وزن تر)
ریحان	بدون پتاسیم	۱/۸ ^a
	با پتاسیم	۲/۷ ^a
	بدون پتاسیم	۲۴/۳ ^{bc}
	با پتاسیم	۲۴/۱ ^{bc}
	بدون پتاسیم	۲۷ ^c
	با پتاسیم	۲۴/۴ ^{bc}
افضل	بدون پتاسیم	۲/۴ ^a
	با پتاسیم	۳ ^a
	بدون پتاسیم	۲۲/۷ ^{bc}
	با پتاسیم	۲۲ ^b
	بدون پتاسیم	۲۳/۵ ^{bc}
	با پتاسیم	۲۲ ^b

* مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد انجام شده است و میانگین تیمارها در هر ستون که دارای حروف مشترکند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

توأم با تیمارهای شوری، شاید به دلیل اثر کمکی پتاسیم در کاهش اثرات سوء نمک بر گیاهان باشد. در ضمن گزارش شده است که اختصاص کربن بیشتر در ساختار مواد آلی موثر در تنظیم اسمزی، از جمله پرولین نیز می‌تواند باعث کاهش رشد شود (بابائیان جلودار و ضیاء تبار احمدی، ۱۳۸۱). بنابر این سنتز بیشتر پرولین در اثر افزایش شوری نیز ممکن است یکی از عوامل کاهش رشد باشد. از نتایج به دست آمده چنین استنباط می‌شود که مصرف پتاسیم توأم با کلرید سدیم باعث افزایش عملکرد در هر دو رقم می‌شود، به نظر می‌رسد رقم افضل به علت فتوسنتز خالص، مقدار کلروفیل a و نسبت $\frac{K}{Na}$ بالا و کاهش کمتر وزن کل در شرایط شوری نسبت به شاهد، در مقایسه با رقم ریحان نسبت به شوری مقاومتر باشد.

در شرایط شوری زیاد تنظیم‌کننده‌های اسمزی باعث بالا رفتن فشار اسمزی سیتوپلاسم شده و نیز باعث پایداری پروتئین‌ها و غشاها در چنین شرایطی می‌شوند. اسید آمینه پرولین جزء ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی به شمار می‌رود و تجمع آن در بافت یکی از بیشترین تغییرات القا شده ناشی از تنش آبی یا شوری در گیاهان است (هاسگوا و همکاران، ۲۰۰۰). تجمع پرولین ممکن است به خاطر کاهش اکسیداسیون پرولین یا تحریک سنتز آن از گلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد، میزان پرولین با مصرف پتاسیم توأم با تیمارهای شوری در مقایسه با تیمار بدون پتاسیم، در هر دو رقم در تیمار بدون شوری اندکی افزایش و در تیمارهای ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار کمی کاهش می‌یابد (جدول ۴). مصرف پتاسیم تأثیر محسوسی در تجمع پرولین در هر دو رقم گیاه جو نداشته است. کاهش غیر معنادار پرولین در اثر مصرف پتاسیم

منابع

۱. احتشامی، س.م. و جائی‌چی، م.ح. ۱۳۷۷. اثر شوری بر جوانه‌زنی دو رقم جو. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳ و ۴: ۳۴-۲۴.
۲. اسلام زاده، ط. و خلد برین، ب. ۱۳۷۰. نقش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر ایجاد مقاومت به شوری در گیاه جو (*Hordeum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*). مجله زیتون، ۱۲: ۲۰-۱۰.

۳. افشارمحمدیان، م. ۱۳۷۴. تاثیر کلروسدیم بر میزان پروتئین، جذب وانتقال پتاسیم در برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس. ۷۲ صفحه.
۴. بابائیان جلودار، ن. و ضیاء تباراحمدی. م. ۱۳۸۱. رشد گیاهان در اراضی شور و بایر، (ترجمه)، انتشارات دانشگاه مازندران. ۴۰۷ صفحه.
۵. بهینا، م. ر. ۱۳۷۳. غلات سردسیری. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۱۰ صفحه.
۶. جوانمردی، ج.، لسانی، ح. و کاشی، ع. ۱۳۷۹. بررسی اثر شوری ناشی از کلروسدیم بر روی جذب وانتقال عناصر در پنج رقم خربزه بومی ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، (۱) ۳۲: ۴۰-۳۱.
۷. جهانبین، ش. ۱۳۸۲. بررسی اثر تنش های خشکی، دما و شوری بر شاخص های فیزیولوژیک و عملکرد ژنوتیپ های جو لخت. پایان نامه دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۲۱۶ صفحه.
۸. حاجی بلند، ر. ۱۳۷۰. پاسخ های گیاه جو به اثرات متقابل سدیم- کلسیم در محیط شور. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران. ۵۹ صفحه.
۹. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، تهران. ۱۹۰ صفحه.
۱۰. رحیمیان، ح. و بنایان، م. ۱۳۷۵. مبانی فیزیولوژیکی اصلاح نباتات، (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۴۴ صفحه.
۱۱. زعفرانچی زاده مقدم، م. ۱۳۷۴. تاثیر ماده تنظیم کننده CCC بر تحمل گندم نسبت به شوری و تغذیه فسفات در مراحل اولیه رشد. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۲۴ صفحه.
۱۲. صفاری، ح. ۱۳۷۵. بررسی توازن پتاسیم در تعدادی از مزارع گندم خیز استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۹۴ صفحه.
۱۳. عبدل زاده، ا. و صفاری، ن. ۱۳۸۱. بررسی اثرات شوری بر رشد رویشی در یازده رقم ولاین گندم باتکیه بر انباشتگی یون ها. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲: ۱۰۲-۹۵.
۱۴. فرهی آشتیانی، ص. و پرویزیان، ف. ۱۳۶۷. آزمایش هایی در فیزیولوژی گیاهی، (ترجمه)، مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۳۵۸ صفحه.
۱۵. مال میر، ح. ع. ۱۳۷۳. بررسی نقش فسفات در تحمل ارقام گندم نسبت به شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۵۴ صفحه.
۱۶. مهاجر میلانی، ب.، درودی، م. س. خادمی، ز. بلالی، م. مشایخی، ح. ح. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی و آلی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار (جو). موسسه تحقیقات آب و خاک، انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۵۵ صفحه.
۱۷. مهاجر میلانی، پ. ۱۳۷۵. چگونگی بهره برداری از اراضی شور (مقدمه ای بر شوری خاک). نشریه فنی شماره ۱۷، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران. ۱۱ صفحه.
۱۸. نجف، ح. و میرمعصومی، م. ۱۳۷۶. بررسی عکس العمل های فیزیولوژیکی سویا در شرایط تنش شوری. مجله علوم و صنایع کشاورزی، (۱) ۱۳: ۸۰-۷۵.

19. Bates, I.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil.*, 39: 205-207.
20. Drihem, K., and Pilbeam, D. 2002. Effects of salinity on accumulation of mineral nutrients in wheat growth with nitrate-nitrogen or mixed ammonium: nitrate-nitrogen. *J. Plant Nutr.*, 25(10): 2091-2113.
21. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular response to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiology. Plant Mol. Biol.*, 51: 463-499.
22. Kaya, C., Erol-Ak, B., and Higgs, D. 2003. Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. *J. Plant Nutr.*, 26(3): 543-560.
23. Kaya, C., and Higgs, D. 2003. Relationship between water use and urea application in salt-stressed pepper plants. *J. Plant Nutr.*, 26(1): 19-30.
24. Kramer, P.J. 1983. Water relation of plants. *J. Agron. Crop. Sci.*, 70: 630-634.
25. Lynch, J., and Lauchli, A. 1984. Potassium transport in salt-stressed root. *Planta*, 161: 295-301.
26. Mohammad, M., Malkawi, H., and Shibili, R. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. *J. Plant Nutr.*, 26(1): 125-137.
27. Tracey, A.C., Miller, A.J., Laurie, S.A., and Leigh, R.A. 2003. Potassium activities in cell compartments of salt-grown barley leaves. *J. Exp. B.* 58(383): 657-661.

The effects of salinity and potassium on growth and proline accumulation in two barley cultivars.

J. Kamalnejad, S. Farrahi-Aschtiani and F. Ghanati

Graduated M.Sc. Student, Prof., and Assist. Prof., Dept. of Plant Science, Tarbiat Modarres University, respectively

Abstract

Salinity is one of the most important problems of Iran. The effects of salinity and potassium on growth and proline accumulation of two barley cultivars (Reyhan and Afzal) were investigated in a randomized complete blocks design in sand and half-strength Hoagland solution culture. The results have shown that, photosynthesis, stomata conductance, transpiration rate, tissues potassium content and dry weight of shoots and roots decrease by increasing of salt concentration. This dry weight reduction was higher in Reyhan cultivar. Under sand culture medium, proline content of shoot of both cultivars, treated with NaCl, were higher than those of control plants. However, application of potassium accompanied by salinity resulted in more roots and shoots tissues with higher shoot tissues potassium content. This may be due to more uptake of potassium instead of sodium. Since most of the higher plants have high selectivity in the uptake of K^+ as compared to Na^+ . According to the above results, it seems that cultivar Afzal exhibits a higher salt tolerance than Reyhan cultivar.

Keywords: Salinity; Barley; Potassium; Growth rate; Proline