نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۳۶-۱۲۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 1, Spring 2018, P. 123-136
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر تعدیل کنندگی کلریدپتاسیم بر شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی دو رقم گیاه دارویی خردل (Parkland و Goldrush) در شرایط تنش شوری حاصل از کلریدسدیم

مرتضی گلدانی[1*]- مریم کمالی[2]- محمد غیاث آبادی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹

چکیده:

کلرید پتاسیم به عنوان یک عنصر غذایی مهم برای محصولات زراعی و همچنین کاهنده شوری در زمین‌های تحت تنش شوری محسوب می‌شود. به منظور مطالعه اثر تعدیل‌کنندگی شوری ناشی ازکلریدسدیم توسط کلریدپتاسیم در گیاه خردل آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب دو سطح KCl (شاهد و ۲۰ میلی مولار) در چهار سطح NaCl (شاهد،۳۰، ۶۰ و۹۰ میلی‌مولار) به عنوان عامل اول و دو رقم خردل (Parkland و Goldrush) به عنوان عامل دوم بود. برهمکنش تیمار سدیم و پتاسیم با عامل رقم در صفات وزن خشک ریشه و اندام هوایی، سطح برگ، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، محتوای رطوبت نسبی، پایداری غشا و مقدار کلروفیل معنی‌دار شد. حداکثر مقدار فتوسنتز (۱۴ میکرومول در مترمربع در ثانیه) در رقم Goldrush و تیمار ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم بدون کلریدسدیم، بیشترین هدایت روزنه‌ای (۱۱۴ میکرومول در مترمربع در ثانیه) در گیاهان شاهد رقم Goldrush، بیشترین محتوای آب نسبی در گیاهان شاهد و در ارقام Goldrush و Parkland (به ترتیب ۷۹/۶۷ و ۸۹/۴۷ درصد) و همین صفت در تیمار ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم بدون کلریدسدیم رقم Goldrush به مقدار ۷۱/۲۷ درصد بود. ضمن اینکه بیشترین پایداری غشا نیز در رقم Goldrush و تیمار ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم بدون کلریدسدیم مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سدیم و پتاسیم حجم ریشه کاهش می‌یابد که در تیمارهای ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد کلرید پتاسیم و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با ۲۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم به کمترین میزان رسید. به طور کلی با افزایش شوری حاصل از کلریدسدیم صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده خردل کاهش یافت، و در تیمار استفاده از کلریدپتاسیم در غلظت ۲۰ میلی‌مولار بدون کلریدسدیم کمترین مقدار تعرق و بیشترین شاخص پایداری غشا (۱۰۰درصد)، عدد کلروفیل متر (۳۰/۳)، فتوسنتز (۱۱/۲ میلی مول بر متر مربع در ثانیه) در همین تیمار مشاهده شد. ضمن اینکه رقم Goldrush در تحمل شوری نسبت به Parkland نتایج بهتری از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، فتوسنتز، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، وزن خشک

مقدمه

خردل با نام علمی *Brassica compestris* به طور وسیعی در نواحی خشک و نیمه خشک رشد می‌کند. سلول‌های اپیدرمی دانه آن دارای موسیلاژ است. این گیاه دارای گونه‌هایی با فرم و خصوصیات رشدی متفاوتی می‌باشد. به دلیل داشتن موسیلاژ خاصیت آرام بخش داشته و منبع غنی از پروتئین، کلسیم، منیزیوم، سلینیوم و پتاسیم است، که به آن خاصیت ضدالتهابی، آنتی‌باکتریال و کمک در تسریع جریان خون داده است. اراضی شور در اثر فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی پیوسته در حال گسترش هستند (۲۱). بنابراین تولید محصولات کشاورزی در این شرایط امکان‌پذیر نمی‌شود. برای مقابله با این مشکل شناسایی و انتخاب ارقام متحمل بسیار ضروری به نظر می‌رسد (۲۲). کلریدسدیم مهمترین ترکیب غالب در مناطق شور است و کلراید، کربنات و بیکربنات‌های سدیم، منیزیوم، کلسیم و پتاسیم نیز از دیگر ترکیبات ایجادکننده شوری هستند، در این مناطق به دلیل فراوانی یون‌های Na^+ و Cl^- که سبب کاهش جذب عناصر مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیوم می‌شود، تعادل تغذیه‌ای گیاه را برهم می‌خورد (۳۲). در این شرایط یون Na^+ جایگزین یون K^+ در جایگاه یونی مربوطه شده و سبب آسیب‌رساندن به ساختار بیوشیمیایی سلول

۱ و ۳- دانشیار و کارشناس ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Goldani@um.ac. ir)
۲- دانشجوی دکترای گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.61472

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود به طوری که فشار آماس در تونوپلاست که بوسیله K^+ ایجاد می‌شود توسط Na^+ جایگزین شده و اثر بازدارندگی این یون روی مکانیسم جذب K^+ سبب کمبود تغذیه‌ای K^+ می‌شود (۳۱). کاهش پایداری غشای سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، کاهش فتوسنتز، کاهش آماس سلول‌ها و در نتیجه کاهش توسعه برگ‌ها، اختلال در جذب یون‌ها و به ویژه تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ و در نهایت کاهش رشد رویشی و عملکرد اقتصادی از اثرات تنش شوری بر گیاهان زراعی می‌باشد (۳۲). جاکاب و همکاران (۲۳) تمایز در جذب یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر و کلسیم را یکی از راهکارهای تحمل شوری در گیاهان بیان نمودند زیرا در شرایط تنش شوری افزایش نسبت پتاسیم و کلسیم نسبت به کلر و سدیم از راهکارهای اصلی تحمل تنش شوری در گیاهان است. در یک آزمایش گلخانه‌ای، اثر تنش شوری روی رشد و میزان انباشت یون‌ها در گیاه دارویی زنیان مطالعه شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی داری در وزن تر و خشک ریشه و ساقه، میز ان کلسیم و پتاسیم و افزایش میزان سدیم در اندام هوایی و ریشه گردید (۴). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مرزه انجام گرفت، نجفی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش شوری، پارامترهای رشد و سرعت فتوسنتز کاهش پیدا کرد (۳۵). شوری در ریحان موجب کاهش وزن خشک بوته، طول ساقه و ریشه، ارتفاع بوته و سطح برگ شد (۴۸). در تحقیقی بیان شد که مؤلفه‌های رشد از قبیل طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه و بیوماس کل گیاه سیاهدانه با افزایش شوری به طور معنی داری کاهش یافت (۴۰). همچنین، خراسانی نژاد و همکاران (۲۸) با بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی خصوصیات رشدی نعنا نشان دادند که با افزایش شوری طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، طول میانگره و بیوماس کل کاهش می‌یابد. صراحی نوبر و همکاران (۴۲) نیز در آزمایشی با بررسی تأثیر تنش شوری بر وزن تر و خشک و میزان پرولین چهار توده بومی شنبلیله در شرایط کشت بافت گزارش کردند که با افزایش غلظت نمک وزن تر و خشک هر چهار توده کاهش یافت در حالیکه محتوای پرولین با افزایش شوری در تمامی توده‌ها افزایش یافت.

عبید و همکاران (۱) در زمینه تاثیر تنش شوری بر رشد گیاه، بیان کردند که شوری ناشی از کلرور سدیم در گیاه ذرت (*Zea mays*) باعث کاهش میزان رشد نسبی و به تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه می‌گردد. اسکچمن و مانز (۴۴) اعلام کردند که در شرایط تنش شوری، غلظت یون سدیم گیاهی افزایش می یابد ولی سرعت تجمع آن در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد. سرینی‌واسولو و همکاران (۴۶) بین حساسیت به تنش شوری و میزان نشت الکترولیت در غشاء سلولی برگ ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) همبستگی مثبتی گزارش نمودند. تحقیقات ایشان نشان داد که در ارزن دم‌روباهی افزایش یون سدیم و کلر در بافت برگ سبب تخریب غشاء سلولی و کاهش تورژسانس سلول‌های برگ شد. فرهودی (۱۴) بررسی تعادل یون‌ها، میزان تخریب غشاء سلولی و بررسی وزن خشک گیاهچه را از عوامل مهم انتخاب ارقام متحمل به شوری کلزا (*Brassica napus*) بیان نمود. از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نشان دهنده وضعیت آبی گیاهان تحت تأثیر شرایط تنش‌های محیطی هستند می‌توان به درصد رطوبت نسبی بافت گیاه اشاره کرد. کیازم و همکاران (۳۷) بررسی پتانسیل آب برگ و محتوی نسبی آب برگ ارقام کلزا را یک صفت مناسب جهت معرفی ارقام متحمل به شوری این گیاه معرفی نمودند. بررسی ها نشان داد که افزایش پتاسیم در محیط ریشه، سبب افزایش تحمل به شوری و عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus*) شده است (۱۲). نگهداری مقدار مناسب پتاسیم برای بقاء گیاهان در زیستگاه‌های شور ضروری است، به طوری که پتاسیم به عنوان یک عنصر معدنی ضروری در کاهش پتانسیل اسمزی استوانه مرکزی به منظور جذب آب به داخل آوند چوبی نقش دارد (۳۱). با توجه به اطلاعات موجود که در شرایط فراوانی یون های Na^+ میزان جذب و انتقال پتاسیم در گیاه کاهش می یابد، اما اطلاعات کمی وجود دارد که نشان می دهد اضافه کردن پتاسیم به خاک های شور سبب بهبود رشد و عملکرد در گیاه می‌شود (۱۰). استفاده از کودهای پتاسیمی سبب افزایش نسبت K^+/Na^+ در گیاه می‌شود (۲۰). در این شرایط پتاسیم تکمیلی غلظت سدیم را در برگ کاهش و پتاسیم برگ را افزایش داد (۳۰). یافته‌های کایا و همکاران (۲۷) نشان داد که تنش شوری ۳۵ میلی مولار NaCl سبب کاهش ماده خشک عملکرد میوه و غلظت کلروفیل در مقایسه با شاهد در توت فرنگی شد و زمانی که پتاسیم به صورت سولفات پتاسیم به مقدار سه میلی‌مولار به محلول غذایی در شرایط شور اضافه شد سبب بهبود ماده خشک، عملکرد و غلظت کلروفیل شد. در مطالعه دیگر در لوبیا (*Phasaeolous vulgaris*) نشان داده شد که اثر NaCl بستگی به غلظت یون پتاسیم محلول غذایی دارد. افزایش KCl در این شرایط سبب کاهش اثرات سمیت NaCl در گیاه می شود (۷). در مطالعه دیگر اعمال ترکیب حاوی یون K^+ در محلول غذایی در ریشه گندم (*Triticum aestivum*) سبب کاهش معنی‌داری در غلظت یون Na^+ در ریشه گیاه شد (۲۴).

نظر به روابط سینرژیستی و آنتاگونیستی زیاد عنصر پتاسیم با دیگر عناصر در شرایط متفاوت و همچنین تأثیر پتاسیم در جبران کاهش عملکرد ناشی از اثرات سوء تنش شوری، این پژوهش با هدف بررسی اثر تعدیل کنندگی کلریدپتاسیم بر صفات رشدی و فتوسنتزی دو رقم خردل (Parkland و Goldrush) تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم اجرا گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. به این منظور از گلدان‌هایی محتوی شن و خاک به نسبت ۱:۱ به وزن ۱۲ کیلوگرم استفاده شد. نتایج آزمون خاک گلدان در جدول یک آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- The physicochemical characteristics of the soil used in this experiment

نمونه Sample	بافت Textuer	Ca	Mg	Na	SAR	OC	N	K	P	EC	pH
				($meq.l^{-1}$)		(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(dS/m)	
Soil	Clay loumy	10.0	12.2	15.3	5.8	0.71	0.142	209	12.5	2.3	7.3

کود مورد استفاده بصورت NPK به نسبت ۲۰:۲۰:۲۰ اعمال شد. تیمارها شامل عامل اول ترکیب دو سطح کلرید پتاسیم (صفر و ۲۰ میلی مولار) در چهار سطح کلرید سدیم (صفر،۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار) در مجموع هشت تیمار (شاهد (T1)، ۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T2)، ۳۰ mM کلرید سدیم و ۰ mM کلرید پتاسیم (T3)، ۳۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T4)، ۶۰ mM کلرید سدیم و ۰ mM کلرید پتاسیم (T5)، ۶۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T6)، ۹۰ mM کلرید سدیم و ۰ mM کلرید پتاسیم (T7)، ۹۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T8)) و عامل دوم دو رقم خردل (Parkland و Goldrush) بود به طوری که Goldrash بهاره و با شرایط خشک و شوری سازگاری دارد و نسبتا زودرس می‌باشد ولی Parkland بهاره و با شرایط خشک و شوری سازگاری کمتری دارد و زودرس‌تر می‌باشد.

پس از ضد عفونی بذور با قارچ کش کاربندازیم با نام تجاری لیگناسان به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان کشت شد و پس از سبز شدن طی دو مرحله تنک به تعداد چهار بوته در داخل هر گلدان کاهش یافت. گلدان‌های مورد استفاده به قطر سانتیمتر ۲۵ و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر بودند. جهت اعمال تیمار، آبیاری با آب حاوی تیمارهای کلرید سدیم و کلرید پتاسیم در غلظت‌های ذکر شده هر دو روز یکبار به میزان نیم‌لیتر انجام شد. به طوری که هدایت الکتریکی آب خروجی از گلدان‌ها با آب آبیاری شده یکسان بود و در صورت افزایش هدایت الکتریکی آبشویی انجام می‌شد. در شروع مرحله گلدهی اندازه گیری فتوسنتز توسط دستگاه فتوسنتز مدل LCA_4 روی جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته از بوته‌های متفاوت در هر گلدان انجام شد و زمان اندازه‌گیری فاصله بین ساعات ۱۲-۱۰ قبل از ظهر بود. هدایت روزنه‌ای با دستگاه پرومتر (Leaf Prometer, Model SC-1, Decagon Devices) و شاخص سبزینگی با دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta, Japan) اندازه گیری شد. به منظور تعیین میزان پایداری غشاء (از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت برگ) روش سایرام و همکاران (۴۱) استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری مقدار محتوای آب نسبی برگ[1]، دو روز بعد از آبیاری در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح، از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته نمونه‌گیری انجام و به روش اسمارت (۴۵) اندازه گیری شد. مقدار کلروفیل a و b بر مبنای طیف سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر محاسبه شد (۱۳).

جهت بررسی اثر تیمارهای آزمایش از شاخص تولید ماده خشک استفاده شد. به این منظور در انتهای فصل ابتدا بوته‌ها از محل طوقه برداشت شد، سطح برگ در هر تیمار با دستگاه (Li-Cor, Model Li-1300, USA) اندازه‌گیری و سپس برای اندازه گیری وزن خشک بخش هوایی و ریشه، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و با ترازوی ۰/۰۰۱ توزین شد. پس از شستشوی ریشه‌ها، حجم ریشه توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه بر حسب سانتی‌مترمکعب (قانون ارشمیدوس) اندازه‌گیری گردید.

جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم افزار Mstat-C و ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثرات ساده تیمار کلرید سدیم مخلوط با کلرید پتاسیم در صفات مورفولوژیک مورد بررسی یعنی وزن خشک بخش هوایی و ریشه، سطح برگ و حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر رقم نیز بر صفات ذکر شده به جز وزن خشک ریشه معنی‌دار شد. همچنین بررسی اثرات متقابل تیمارهای استفاده شده و رقم اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد در صفات وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه و سطح برگ نشان داد. به این ترتیب

1-Relative Water Content (RWC)

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج جدول ۳ بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار بدون کلرید سدیم و حاوی ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم مشاهده شد. بر اساس نتایج همین جدول رقم Goldrush با اختلاف معنی‌دار وزن خشک بخش هوایی بیشتری نسبت به رقم Parkland داشت. همچنین نتایج نشان داد بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار T2 (اعمال ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم بدون کلرید سدیم) و T4 (تنش ۳۰ میلی مولار کلرید سدیم+۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم) و در رقم Goldrush به ترتیب با ۳/۴۴ و ۲/۹۰ گرم در هر بوته بود که به ترتیب ۴۳ و ۲۱ درصد نسبت به تیمار T1 و در رقم Goldrush افزایش داشت (جدول ۴). در رقم Goldrush و سطح ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم، با افزایش کلرید پتاسیم از صفر به ۲۰ میلی مولار وزن خشک بخش هوایی از ۲/۱۹ به ۱/۲۵ گرم کاهش یافت. این در حالی است که در همین رقم (V1)، در شرایط عدم اعمال کلرید سدیم، با افزایش کلرید پتاسیم از صفر به ۲۰ میلی مولار، وزن خشک بخش هوایی از ۲/۳۹ به ۳/۴۴ گرم افزایش یافت. با افزایش غلظت کلریدسدیم تا سطح ۹۰ میلی مولار وزن خشک ریشه کم شد. به طوری‌که در تیمار T7 (۹۰ میلی مولار کلرید سدیم و بدون کلرید پتاسیم) نسبت به تیمار شاهد (بدون کلرید سدیم و بدون کلرید پتاسیم) ۴۳ درصد کاهش یافت. همان طور که در نتایج نیز مشخص است افزایش غلظت کلرید سدیم از ۰ به ۹۰ میلی مولار منجر به کاهش تدریجی وزن خشک گیاه (بخش هوایی و ریشه) در هر دو رقم خردل مورد آزمایش شد. در تنش ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم وزن خشک ریشه ۴۳ درصد نسبت به شاهد (عدم اعمال تنش کلرید سدیم) کمتر بود. به نظر می‌رسد که کاهش وزن ریشه به علت ایجاد اسمز و اثر سمیت باشد. در واقع ریشه اندامی است که وظیفه جذب آب و املاح معدنی را به عهده دارد و تنش شوری بیشتر از ناحیه ریشه به گیاه وارد می شود، بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می‌شود. یکی از شاخص‌های موثر در تحمل به شوری حفظ آماس سلولی است و تنظیم اسمزی در اثر جذب نمک (یون های نمکی) و ساختن مواد آلی انجام می‌شود. گیاهان برای ساختن مواد آلی مانند پرولین انرژی زیادی صرف می‌کنند که با صرف انرژی زیاد جهت تنظیم اسمزی برای مقابله با شوری باعث کاهش کارائی ریشه در تامین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام ها می‌شود و رشد اندام‌های هوایی کاهش یافته و در نتیجه تنش شوری باعث کاهش اندام زائی و تولید ماده خشک شده و در نهایت کاهش انتقال مواد غذایی را به دنبال داشته و در نتیجه به کاهش وزن ریشه و وزن ساقه منجر می‌شود (۲۶). نتایج مطالعه رازیودین و همکاران (۳۸) نیز در بررسی شوری بر دو رقم کلزا (*B. Juncea*, *B.napus*) در سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار) نشان دادند که با افزایش شوری کاهش وزن تازه ریشه نسبت به شاهد به طور میانگین در ارقام مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۳۱ و ۶۲ درصد بود.

جدول ۲- جدول میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تنش شوری در دو رقم خردل

Table2- Analysis of variance (mean square) of the traits measured in two varieties of mustard under salt stress

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک بخش هوایی Shoot Dry Weight	وزن خشک ریشه Root Dry Weight	سطح برگ Leaf Area	حجم ریشه Root Volum	فتوسنتز Photosynthesis	تعرق Transpiration	هدایت روزنه‌ای Ttomatal Conductance	محتوای آب نسبی برگ Relative Water Content	شاخص پایداری غشاء Membrane Stability index	کلروفیل‌متر Spad	کلروفیل b Chlorophylle b	کلروفیل a Chlorophylle a
تیمار Treatment	7	0.428**	22.12**	4030.82**	29.19**	41.55**	7.29**	2264.49**	2346.58**	3078**	180.66**	5.59**	28.26**
رقم Variety	1	0.406**	0.542ns	14286.45**	5.33*	28.83**	0.42ns	3.68ns	3661.01**	125.74**	2627**	12.1**	43.32**
تیمار×رقم Treatment×varity	7	0.042**	1.459**	549.32**	1.00ns	6.53**	1.07**	1372.35**	439.96**	418.17**	144.59**	5.02**	0.33**
خطا Error	32	0.003	0.420	52.18	0.812	0.288	0.306	42.80	134.54	10.09	5.59	0.11	0.05

ns غیر معنی‌دار، *و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns are no significant, *and ** significant at the 5 and 1% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای سدیم – پتاسیم و رقم بر برخی صفات اندازه گیری شده در گیاه خردل

Table 3- Compare of the average effects of sodium - potassium treatments and variety on some measured traits of mustard

تیمار Treatment		وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry weight (g)	وزن خشک Root ریشه Dry Weight (g)	سطح برگ Leaf Area (cm^2.plant-1)	حجم ریشه Root Volume (cm3/plant)	فتوسنتز Photosynthesis (mol $m^{-2}s^{-1}$)	تعرق Transpiration (mol $m^{-2}s^{-1}$)	هدایت روزنه ای Stomatal Conductance (mol m^2s^1)
NaCL (mM)	KCL (mM)							
0	0	4.28^{bc}	8.26^{b}	90.91^{b}	8.33^{b}	9.81^{b}	4.35^{d}	86.95^{a}
0	20	5.74^{a}	9.61^{a}	103.66^{a}	9.83^{a}	11.27^{a}	3.63^{e}	59.95^{b}
30	0	4.33^{b}	6.15^{c}	94.91^{b}	7.50^{b}	8.93^{c}	4.71^{cd}	59.82^{b}
30	20	4.37^{b}	7.65^{b}	78.66^{c}	5.66^{c}	8.08^{c}	5.25^{c}	43.22^{c}
60	0	3.92^{c}	6.21^{c}	76.41^{c}	5.66^{c}	6.95^{d}	6.00^{b}	55.62^{b}
60	20	2.74^{d}	5.28^{d}	57.66^{d}	4.66^{cd}	5.95^{e}	6.36^{ab}	37.80^{c}
90	0	1.53^{e}	4.68^{d}	46.40^{e}	4.33^{de}	4.61^{g}	6.90^{a}	30.08^{d}
90	20	1.00^{f}	3.91^{e}	28.50^{f}	3.33^{e}	3.55^{h}	5.90^{b}	28.58^{d}
رقم Variety								
Goldrush (V1)		16.18^{a}	6.36^{ns}	89.39^{a}	6.50^{a}	8.17^{a}	5.48^{ns}	50.52^{ns}
Parkland (V2)		11.77^{b}	6.57^{ns}	54.89^{b}	5.83^{b}	6.62^{b}	5.29^{ns}	49.97^{ns}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد ،آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

جدول ٤- مقایسه میانگین های حاصل از بر همکنش تیمارهای سدیم- پتاسیم × رقم بر برخی صفات اندازه گیری شده در گیاه خردل

Table 4- Compare the average interaction effects of sodium- potassium treatments ×variety on some measured traits of mustard

تیمار treatment	وزن خشک بخش هوایی Shoot Dry Weight (g)	وزن خشک ریشه Root Dry Weight (g)	سطح برگ Leaf Area (cm^2 $plant^{-1}$)	هدایت روزنه ای Stomatal Conductance (mol $m^{-2}s^{-1}$)	تعرق Transpiration (mol $m^{-2}s^{-1}$)
T1V1	2.39^{c}	8.86^{ab}	113.33^{bc}	114.4^{a}	3.93^{gh}
T1V2	1.89^{d}	7.66^{c}	68.50^{e}	59.50^{cd}	$4.76f^{g}$
T2V1	3.44^{a}	9.73^{a}	133.16^{a}	53.77^{de}	3.20^{h}
T2V2	2.30^{c}	9.50^{a}	74.16^{e}	66.13^{bc}	4.06^{gh}
T3V1	2.42^{c}	8.16^{bc}	115.50^{b}	41.77^{fg}	4.76^{fg}
T3V2	1.90^{d}	7.13^{cd}	74.33^{e}	44.67^{efg}	4.66^{fg}
T4V1	2.90^{b}	5.80^{ef}	102.16^{cd}	48.53^{ef}	5.13^{ef}
T4V2	1.46^{ef}	$6.50d^{e}$	55.16^{f}	71.10^{b}	5.36^{e-f}
T5V1	2.19^{c}	5.33^{fg}	96.66^{d}	70.57^{b}	6.13^{bcd}
T5V2	1.73^{de}	7.10^{cd}	56.16^{gf}	40.67^{fg}	5.86^{b-e}
T6V1	1.49^{ef}	4.93^{fgh}	72.33^{e}	41.80^{fg}	6.56^{b}
T6V2	1.25^{f}	5.63^{ef}	43.00^{gh}	33.80^{g}	6.16^{bc}
T7V1	0.81^{g}	$4.40g^{hi}$	53.33^{fg}	15.23^{h}	7.56^{a}
T7V2	0.718^{gh}	4.96^{fgh}	39.46^{hi}	44.93^{ef}	6.23^{bc}
T8V1	0.50^{h}	3.70^{i}	28.66^{i}	13.73^{h}	6.56^{b}
T8V2	0.50^{h}	4.13^{hi}	28.33^{i}	43.43^{efg}	5.23^{def}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد ،آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

T1، T2، T3، T4، T5، T6، T7 و T8 به ترتیب NaCl و KCl با نسبت های ۰-۰، ۰-۲۰، ۳۰-۰، ۳۰-۲۰، ۶۰-۰، ۶۰-۲۰، ۹۰-۰ و ۹۰-۲۰ می‌باشد.

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 and T8 were NaCl and KCl, respectively, with a ratio of 0-0, 0-20, 30-0, 30-20, 60-0, 60-20, 90-0 and 90 -20

سطح برگ در بیشترین غلظت‌های کلرید سدیم و پتاسیم یعنی تیمار T8 کمترین مقدار را داشت. ضمن اینکه سطح برگ رقم Parkland نیز کمتر از Goldrush بود. با اعمال ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم سطح برگ در رقم Goldrush ۱۷ درصد و در رقم

www.SID.ir

Archive of SID

Parkland ۹ درصد افزایش یافت. علی‌رغم افزایش سطح برگ در غلظت ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم و در شرایط عدم اعمال کلریدسدیم (T2)، نتایج نشان داد در غلظت‌های بالاتر کلریدسدیم استفاده همزمان از کلریدپتاسیم نه تنها منجر به افزایش سطح برگ نشد بلکه اثر منفی نیز داشت. به عنوان مثال سطح برگ در رقم Goldrush از ۱۳۳ سانتی‌متر مربع در تیمار T2 به ۱۰۲ سانتی متر مربع در تیمار T4 و به ۷۲ سانتی متر مربع در تیمار T6 رسید. اثرات ساده تیمارهای مورد بررسی نشان داد با افزایش غلظت سدیم و پتاسیم حجم ریشه کم شد و در تیمارهای T7 و T8 به کمترین میزان رسید. ضمن اینکه رقم Goldrush حجم ریشه بیشتری نسبت به Parkland داشت. از آنجاییکه صفات اندازه گیری شده نشاندهنده افزایش تحمل به شوری رقم Goldrush نسبت به رقم Parkland است، بنظر می‌رسد رقم Goldrush در تنظیم اسمزی و تامین عناصر غذایی و آب موفقتر بوده است.

مقدار عناصر سدیم و کلر برای تنظیم اسمزی و بسیاری از فعالیت‌های حیاتی سلول در مقدار زیر آستانه سمیت ضروری بوده و سبب افزایش زیست توده و عملکرد می‌شود با افزایش غلظت آنها سبب بروز سمیت و اختلال در اعمال حیاتی سلول و در نهایت کاهش رشد می‌گردد (۳۳). به نظر می‌رسد در اثر تنش اسمزی ناشی از شوری، میزان فتوسنتز و زیست توده گیاه کاهش یافته است. زیرا بخشی از کربن ترسیب شده در فرآیند فتوسنتز به سمت ایجاد تحمل به شوری در گیاه تغییر جهت داده است. بنابراین سبب کاهش مقدار زیست توده می‌گردد (۳۶). به نظر می‌رسد کاهش رشد برگ‌ها در شرایط شوری علاوه بر اثر اسمزی شوری مربوط به تجمع بیش از حد نمک در سیتوپلاسم است که انتقال آن به واکوئل به کندی صورت گرفته و رشد برگ‌ها در اثر کاهش مقدار کربوهیدرات برای سلول‌های در حال رشد کاهش می‌یابد (۲۵). ارقام مقاوم به شوری نسبت به ارقام حساس، از ریشه‌های حجیم‌تر، طویل‌تر و نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی (R/S) برخوردار می‌باشند (۴۱). به طور کلی کاهش تولید ماده خشک در شرایط شور را می توان به دلیل هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن و صدمه به بافت ها مربوط دانست (۳). فلاورز و یو (۱۵) بیان کردند که خسارت نمک به برگ های گونه های حساس گیاهان ممکن است به واسطه غلظت های بیش از حد یون‌ها در آپوپلاست یا اثرهای سمی یونی بر فرایندهای متابولیک در سیمپلاست باشد.

اثرات ساده تیمارهای سدیم و پتاسیم استفاده شده و همچنین بر همکنش عامل رقم با عناصر سدیم و پتاسیم در صفات مقدار فتوسنتز، مقدار تعرق برگ، هدایت روزنه ای، محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به جز دو صفت تعرق و هدایت روزنه‌ای اختلاف مقادیر سایر صفات ذکر شده بر عامل رقم نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش غلظت کلریدسدیم از ۰ به ۹۰ میلی مولار مقدار فتوسنتز از سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، درصد محتوای آب نسبی برگ و همچنین مقدار پایداری غشا برگی به تدریج کم شد (جدول ۳ و ۶). در شرایط عدم اعمال تنش کلریدسدیم، با کاربرد ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم میزان فتوسنتز از ۹/۸۱ به ۱۱/۲۷ میلی‌مولار بر مترمربع در ثانیه رسید. این در حالی است که در همین سطح از کلرید پتاسیم (۲۰ میلی مولار)، با افزایش شوری از ۰ به ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مقدار فتوسنتز ۸/۰۸ شد (شکل ۱). تعرق برگی در تیمار T1 ۴/۳۵ میلی‌مولار بر مترمربع در ثانیه بود و در گیاهان تیمار شده با شوری ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (T7) به ۶/۹۰ افزایش یافت. در شوری ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم با افزایش کلریدپتاسیم از ۰ به ۲۰ میلی‌مولار, هدایت روزنه‌ای ۲۷ درصد کاهش یافت. مقدار محتوای نسبی آب برگ در گیاهان شاهد ۸۴ درصد بود که پس از اعمال تنش شدید ۹۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به۲۳/۸ درصد رسید (جدول۷). با این وجود در گیاهانی که در همین سطح تنش (۹۰ میلی مولار)، تیمار کلریدپتاسیم نیز اعمال شده بود (T8) افزایش جزیی محتوای رطوبت نسبی مشاهده شد. در سطح ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و در رقم V1 با افزایش کلریدپتاسیم از ۰ به ۲۰ میلی مولار محتوای رطوبت نسبی از ۴۸ درصد به ۵۸ درصد رسید. شاخص پایداری غشا در گیاهانی که فقط با کلرید پتاسیم تیمار شده بودند (T2)، ۳/۵ درصد نسبت به شاهد (T1) افزایش داشت. میزان فتوسنتز، محتوای نسبی آب و پایداری غشای برگی در رقم Goldrush نسبت به Parkland بیشتر بود. به این ترتیب بیشترین مقدار فتوسنتز (۱۳/۹۳) در رقم Goldrush و تیمار T2 (۲۰ می‌مولار کلرید پتاسیم)، بیشترین هدایت روزنه‌ای (۱۱۴/۴) در گیاهان شاهد رقم Goldrush، بیشترین محتوای آب نسبی در گیاهان شاهد تنش و در ارقام Goldrush و Parkland (به ترتیب ۷۹/۶۷، ۸۹/۴۷ درصد) و همچنین تیمار T2 رقم Goldrush به مقدار ۷۱/۲۷ درصد بود. ضمن اینکه بیشترین پایداری غشا نیز در در رقم Goldrush و تیمار T2 مشاهده شد.

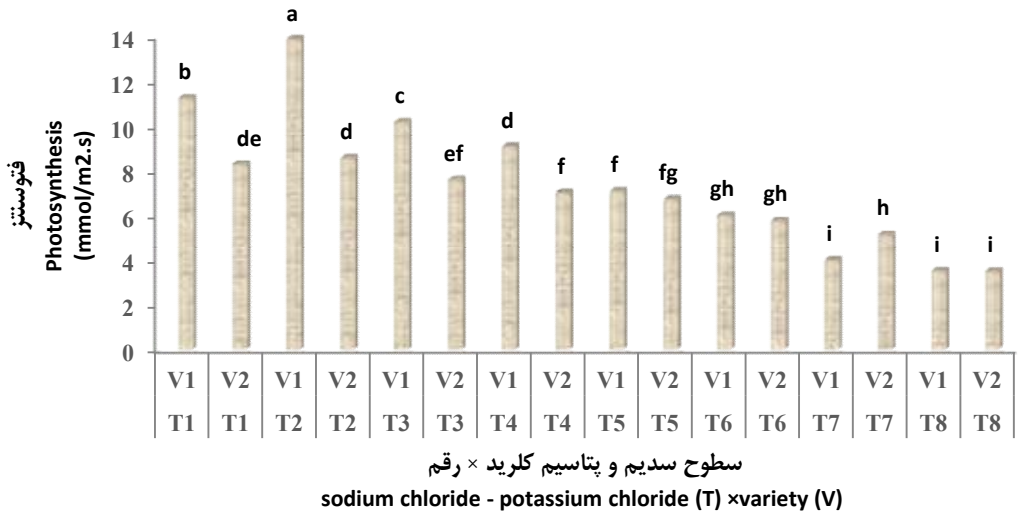
تنش شوری علاوه بر تأثیر بر فتوسنتز گیاه سبب کاهش آب قابل دسترس، سمیت یون‌ها و کمبود پتاسیم می‌گردد (۹). بنابراین بهبود تغذیه گیاهانی که در معرض تنش شوری قرار دارند، با کودهای پتاسیم‌دار می‌تواند با کاهش اثرات تخریبی اکسیداسیون سلولی و یا به حداقل رساندن، کاهش واکنش ترکیبات اکسیژن که در خلال فرایند فتوسنتز ایجاد می‌گردند (شبیه رادیکال‌های اکسیژن) از اثرات مخرب تنش شوری بکاهد (۴۴). گیاهان زمانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند ابتدا تنش آب را تجربه می‌کنند، در این شرایط شوری از طریق بستن روزنه‌ها و کاهش فشار جزئی CO_2 بین سلولی و یا از طریق عوامل غیر روزنه‌ای به کاهش فتوسنتز منجر می‌شود که در نهایت به کاهش توسعه برگ‌ها می‌انجامد. در صورتی که گیاه مدت

www.SID.ir

Archive of SID

طولانی در معرض شوری قرار گیرد تنش یونی را نیز تجربه می‌کند که باعث پیری زودرس برگ‌های بالغ می‌شود، بنابراین کاهش در سطح فتوسنتزی که حمایت کننده رشد است ایجاد می‌شود (۳۱). از طرفی تنش اسمزی ناشی از شوری سبب کاهش میزان آب سلول و کوچک شدن آن می‌شود و ادامه شرایط تنش سبب کاهش تقسیم و طویل شدن سلول و در نهایت اندازه نهایی برگ کاهش می‌یابد و در نتیجه میزان تولید مواد فتوسنتزی در واحد سطح کاهش می‌یابد (۳۴). به نظر می‌رسد شوری سبب کاهش قابلیت نفوذپذیری غشاء سلول های ریشه شده و از طرفی به واسطه برهم زدن تعادل یونی در محیط کشت در اثر شوری شرایط تخریب غشاء سلول‌ها را فراهم آورده که در نهایت باعث کاهش رشد و حجم ریشه گشته است (۸). اگر چه مقدار پتاسیم گیاه در غلظت‌های بالای نمک یک مزیت است و می تواند به عنوان معیاری برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به شوری به کار رود (۱۶). ولی پاسخ گیاه به شوری به غلظت نمک و نسبت یون‌ها هم بستگی دارد (۳). یون ها به طرق مختلف بر یکدیگر اثر می‌گذارند. در حالت هم افزایی، یک یون در حضور یون دیگر سریعتر جذب گیاه می شود. برای مثال یون کلسیم، جذب یون پتاسیم را سرعت می بخشد. در حالت ناهمسازی، حضور یک یون بر جذب یون دیگر اثر منفی دارد. چنین ارتباطی بین سدیم و پتاسیم وجود دارد (۴۹). در این آزمایش کلرید پتاسیم در شرایط شوری تاثیر چندانی در بهبود اثرات ناشی از تنش نداشت. در واقع در شرایط شور و یا سدیمی، غلظت بالای سدیم نه تنها باعث اختلال در عملکرد پتاسیم در ریشه‌ها می شود، بلکه ممکن است غشای سلول‌های ریشه را تخریب کرده و توان آن‌ها را در ورود انتخابی یون ها تغییر دهد (۲۹). یکی از راهکارهای افزایش تحمل به شوری پایین نگه داشتن غلظت یون سدیم و افزایش غلظت یون پتاسیم در گیاه است (۵۰).

جدول میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مربوط به رنگدانه‌های برگی شامل شاخص کلروفیل‌متر، کلروفیل a و کلروفیل b بین نتایج حاصل از اثرات ساده و برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نشان داد. بررسی اثرات ساده موجود در جدول ۵ نشان داد مقدار عددی کلروفیل‌متر از نظر کاهش یا افزایش در تیمارهای سدیم و پتاسیم روند مشابهی داشتند. شاخص کلروفیل‌متر در تیمار T2 ۳۵/۳۵ بود و بعد از اعمال تنش ۳۰ میلی مولار کلریدسدیم (T3) به ۲۸ کاهش یافت. در تیمار T4 با اعمال غلظت‌های ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم شاخص کلروفیل‌متر مجدد افزایش یافت و در سایر تیمارها روند رو به کاهش نشان داد. در رقم Goldrush و در سطح ۳۰ میلی مولار کلریدسدیم با افزایش کلریدپتاسیم از ۰ به ۲۰ میلی‌مولار مقدار کلروفیل a ۱۵ درصد و مقدار کلروفیل b ۸۰ درصد افزایش یافت (جدول ۶). مقدار شاخص کلروفیل‌متر در رقم Goldrush ۴۰ درصد کمتر از رقم Parkland بود (شکل ۲).



شکل ۱- اثر متقابل سطوح کلرید سدیم - کلرید پتاسیم × رقم بر میزان فتوسنتز در گیاه خردل
ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد ندارند

Figure 1- Interaction effect of sodium chloride - potassium chloride ×variety on Photosynthesis of two mustart variety. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on LSD at 1% probability level

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای کلرید سدیم – کلرید پتاسیم و رقم بر برخی صفات گیاه خردل

Table 5. Comparison of the average effects of sodium chloride-potassium chloride and two varieties on some traits of mustard plant

تیمار Treatment		محتوای آب نسبی برگ Relative Water Content (%)	شاخص پایداری غشاء Membrane Stability index (%)	کلروفیل‌متر Spad	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	کلروفیلb Chlorophyll b (mg/g fresh weight)
NaCL (mM)	KCL (mM)					
0	0	84.57[a]	96.50[b]	32.32[b]	9.80[a]	4.61[c]
0	20	62.92[b]	100.00[a]	35.35[a]	10.02[a]	5.11[b]
30	0	52.82[bc]	91.68[cd]	28.05[c]	9.28[b]	4.98b[c]
30	20	48.77[cd]	90.55[cd]	37.52[a]	8.33[c]	6.53[a]
60	0	44.35[cd]	96.58[b]	29.40[bc]	7.83[d]	6.25[a]
60	20	35.47[de]	93.30[bc]	26.63[cd]	6.76[e]	6.16[a]
90	0	23.80[e]	95.93[b]	24.73[d]	5.28[f]	5.133[b]
90	20	27.48[e]	88.43[d]	20.75[e]	4.01[g]	3.65[d]
رقم Variety						
Goldrush (V1)		56.25[a]	87.84[a]	36.61[a]	8.61[a]	4.80[b]
Parkland (V2)		38.78[b]	84.50[b]	21.82[b]	6.71[b]	5.80[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد ،آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های حاصل از بر همکنش تیمارهای کلرید سدیم کلرید- پتاسیم × رقم بر برخی صفات گیاه خردل

Table 6- Comparison of the averages interaction of sodium, -potassium treatments × varieties on some traits of mustard

تیمار Treatment	محتوای آب نسبی برگ Relative Water Content (%)	شاخص پایداری غشاء Membrane Stability index	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh weight)
T1V1	79.67[a]	19.50[i]	10.83[a]	2.96[h]
T1V2	89.47[a]	42.45[h]	8.76[d]	6.26[bc]
T2V1	71.27[ab]	119.3[a]	11.00[a]	3.30[gh]
T2V2	54.57[bc]	83.77[g]	9.03[cd]	6.33bc
T3V1	48.27[cd]	93.17[cde]	8.93[cd]	3.83[g]
T3V2	49.27[cd]	90.20[ef]	8.30[e]	6.13[cde]
T4V1	58.87[bc]	93.27[cde]	10.27[b]	6.93[a]
T4V2	46.77[cde]	87.83[fg]	7.73[f]	6.73[ab]
T5V1	60.03[bc]	100.9[b]	9.20[c]	6.23[bcd]
T5V2	28.67[ef]	92.23[c-f]	6.46[g]	6.26[bc]
T6V1	51.70[cd]	95.50[cd]	7.80[f]	6.63[abc]
T6V2	19.24f[g]	91.10[def]	5.73[h]	5.70de
T7V1	32.60[def]	97.03[bc]	6.20[g]	5.63e
T7V2	14.99[fg]	94.83[cde]	4.36[i]	4.63f
T8V1	47.63[cde]	83.23[g]	4.70[i]	3.50gh
T8V2	7.33[g]	93.62[cde]	3.33[j]	3.80g

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد ،آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

T1، T2، T3، T4، T5، T6، T7 و T8 به ترتیب NaCl و KCl با نسبت های ۰-۰، ۰-۲۰، ۳۰-۰، ۳۰-۲۰، ۶۰-۰، ۶۰-۲۰، ۹۰-۰ و ۹۰-۲۰ می‌باشد.

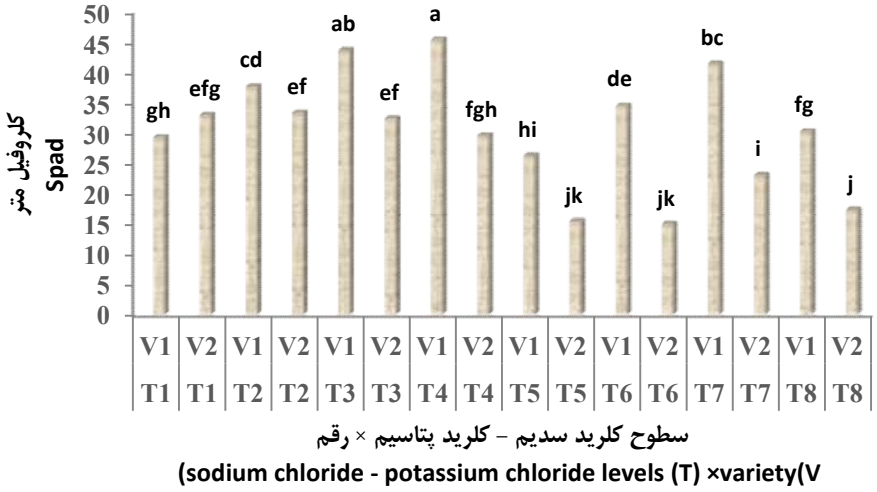
T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 and T8 were NaCl and KCl, respectively, with a ratio of 0-0, 0-20, 30-0, 30-20, 60-0, 60-20, 90-0 and 90 -20

شاخص کلروفیل‌متر و کلروفیلb در رقم Goldrush و تیمار T4 (۳۰ میلی مولار کلریدسدیم +۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم) بیشتر و به عبارتی رنگ برگ در این تیمار سبزتر بود. در گیاهان بدون تنش و در رقم Goldrush، کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب ۱۰/۳۸ و ۲/۹۶ بود و در گیاهانی که فقط با آب حاوی ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم آبیاری شده بودند این میزان به ترتیب به ۱۱ و ۳/۳۰ رسید. در رقم

www.SID.ir

Archive of SID

Parkland نیز مشاهده شده در شرایط آبیاری با آب حاوی ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم (T2) نسبت به آب معمولی (بدون عناصر سدیم و پتاسیم)، کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب از ۸/۷۶ و ۶/۲۶ به ۹/۰۳ و ۶/۳۳ میکروگرم در هر گرم وزن تر رسید و افزایش داشت. شاخص کلروفیل‌متر در بیشترین سطح تنش کلریدسدیم استفاده شده (۹۰ میلی مولار) در دو رقم Goldrush و Parkland به ترتیب ۴۱/۵۳ و ۲۳ بود. این میزان در تیمار T8 یعنی در گیاهان آبیاری شده با غلظت ۹۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به همراه ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم به ترتیب ۲۷ و ۲۴ درصد کمتر بود. نتایج مطالعه نظربیگی و همکاران (۲۴) در کلزا نشان داد که با افزایش شوری از صفر به ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار مقدار کلروفیل a و b در هر دو رقم کلزای مورد مطالعه (Hayola and RGS) کاهش یافت مقدار کاهش کلروفیل a و b رقم RGS در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۷۰ و ۶۶ درصد بود و کاهش مقدار کلروفیل a و b در رقم Hayola در شوری ۱۵۰ میلی مولار NaCl نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ۲۰ و ۵۰ درصد بود. با افزایش شوری در بسیاری از گیاهان رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد که این واکنش می‌تواند ناشی از تشکیل آنزیم‌های پروتولیتیک مانند کلروفیلاز باشد که سبب تجزیه مولکول‌های کلروفیل شده و سبب خسارت به فرایند فتوسنتز گیاه می‌شود (۳۹).



شکل ۲- اثر متقابل سطوح کلرید سدیم - کلرید پتاسیم × رقم بر مقدار کلروفیل

Figure 2- Interaction effects of sodium chloride - potassium chloride levels ×variety on Spad of mustard cultivars

علاوه بر اثر تخریبی شوری بر ساختار پروتئینی پیگمان‌های فتوسنتزی و تجزیه آن‌ها، کاهش آن‌ها می‌تواند منجر به عدم توانایی گیاه در تولید سیستم‌های پاک کننده گونه‌های فعال اکسیژن[1] شود که عامل دیگری در کاهش پیگمان‌های فتوسنتزی می‌باشد (۵). از آنجا که میزان فلورسانس کلروفیل سلامت غشای تیلاکوئید و کارایی انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I را مشخص می‌کند، تنش شوری باعث افزایش تجمع NaCl در کلروپلاست‌های گیاهان عالی می‌شود که سبب ممانعت از فعالیت فتوسیستم II و در نهایت با کاهش فعالیت انتقال الکترون فتوسنتزی در فتوسنتز همراه می‌شود (۴۷).

تأثیر مثبت افزایش غلظت پتاسیم در محیط شور بر کاهش اثرهای زیان بار شوری بر گیاه در برخی از آزمایشات گزارش شده است (۲، ۶ و ۲۰). اما منطبق با نتایج این آزمایش افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذائی تأثیر مثبتی بر تحمل به شوری گلرنگ نداشت (۱۹). در مطالعه ساتی و لوپز (۴۳) وزن خشک گوجه فرنگی با اعمال غلظت‌های کم پتاسیم (۴ میلی مولار) به محیط کشت شور افزایش یافت ولی با به کار بردن غلظت بالای پتاسیم (۱۶ میلیمولار) وزن خشک گیاه در مقایسه با شاهد کاهش یافت. زیادی پتاسیم می تواند باعث کاهش جذب کلسیم و منیزیم شده و در این شرایط عناصری مثل کلسیم نمی‌تواند نقش مؤثر خود را ایفا کند (۱۷). هرچند شوری باعث اختلال در جذب پتاسیم شده و افزایش سطح پتاسیم در گیاه در چنین شرایطی ضروری به نظر می‌رسد اما ورود انتخابی پتاسیم به ریشه در مقایسه با سدیم باید به اندازه‌ای باشد که بتواند نیاز پتاسیم گیاه را برای انجام فعالیت‌های متابولیکی فراهم کند و در نتیجه فرایند انتقال یون ها و تنظیم پتانسیل اسمزی انجام شود

1 -Reactive Oxygen Species

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۱). کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور احتمالا به دلیل رابطه ناهمسازی بین یون پتاسیم و سدیم است (۱۸).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی استفاده از تیمار کلریدپتاسیم در تیمار T2 بهترین نتیجه را داشت. به عبارتی در شرایط عدم تنش کلریدسدیم و در شرایطی که گیاهان فقط با آب حاوی ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم آبیاری می‌شدند هم صفات رشدی و هم صفات فیزیولوژیک نظیر مقدار کلروفیل نتایج بهتری داشتند. ضمن اینکه رقم Goldrush در تحمل شوری نسبت به Parkland نتایج بهتری از خود نشان داد. اگرچه با آغاز تنش خفیف ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم صفات رشدی و فتوسنتزی کاهش یافت، تیمار ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم توانست کاهش صفاتی نظیر وزن خشک، سطح برگ و مقدار فتوسنتز را در گیاهان تحت تنش ۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بهبود بخشد. با افزایش سطوح شوری تا ۹۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، کلریدپتاسیم در غلظت استفاده شده اثر تعدیل‌کننده نداشت و منجر به تشدید اثرات تنش شد.

منابع

1. Abid M., Qayyum A., Dasti A. A., and Abdilwajid R. 2001. Effect of salinity and SAR ofirrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize & properties of the soil. Journal of Research, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan. 12(1):26-33
2. Achilea O. 2002. Alleviation of salinity-induced stress in cash crops by multi-K (potassium nitrate), five cases typifying the underlying pattern. Acta Horticulture, 573: 43-48
3. Amir Mohammadi Meibodi S.A.M., and Ghare yazi B. 2003. Physiological Aspects and Breeding For Salinity Stress in Plants. Isfahan University of Technology Press.
4. Ashraf M., Mukhtar N., Rehman S., and Rha E. S. 2004. Salt induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop`s weed (*Ammi majus* L.). Photosynthetica, 42(4): 543-550.
5. Atlassi Pak V., Nabipour M., and Meskarbashee M. 2009. Effect of salt stress on Chlorophyll content, Fluorescence, Na^+ and K^+ ions content in rape plants (*Brassica, napus* L.). Asian Journal of Agriculture Research, 3(2): 28-37.
6. Bardan N. M. 2006. Effect of potassium rate on barley growth and its mineral content under different salt affected soil conditions. Research journal of agriculture and biological sciences, 2(6): 512-519.
7. Benlloch M., Ojeda M. A., Romos J., and Prodriguez-Navarro, A. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. Plant Soil, 166: 117-123.
8. Bybordi A. 2011. Zinc, nitrogen and salinity interaction on agronomic traits and some qualitative characteristic of canola. African Journal of Biotechnology, 10(74), pp. 16813-16825.
9. Cakmak I .2005 .The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Plant Nutrition and Soil Science. 168: 521-530.
10. Cerda A., Pardines J., Botella M. A., and Martinez, V. 1995. Effect of potassium on growth, water relations and inorganic and organic solute contents for two maize cultivars grown under saline conditions. Journal Plant Nutrition, 18: 839–851.
11. Cheeseman J. M., and Wickens L. K. 1986. Control of Na+ and K+ transport in Speragularia morina. III. Relationship between ion uptake and growth at moderate Salinity. Journal of Plant Physiology, 67: 15-22.
12. Delgado I. C., and Sanchez-Raya A. J. 1999. Physiological response of seedling sunflower to salinity and K sources, Commun .Soil Science. Plant Annual, 30 (5-6).
13. Dere S., Gunes T., and Sivci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-a,b and total cartenoid contents of some Algae Species using different solvents. Turck. Journal Botany, 22: 13-17.
14. Farhodi R. 2011. The effect of salinity on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of rapeseed leaves. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(1): 123-130
15. Flowers T. J., and Yeo A. R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where Next? Plant Physiology, 22:875-884.
16. Flowers T. J., Torke P. F., and Yeo A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology, 28: 89-121.
17. Gadallah M. A. A. 1996. Abscisic acid, temperature and salinity interactions on growth and some mineral elements in Carthamus plants. Plant Growth Regulation, 20: 225-236.
18. Gauch H. G. 1972. Inorganic Plant Nutrition. PP. 395-426. Physiological Processes limiting Plant Productivity. Dowden, Hutchinson and Ross Inc., USA.
19. Gorji M., and Khoshgoftarmanesh A.H. 2011. Effect of Potassium and Calcium on Safflower Response to Sodium

www.SID.ir

Archive of SID

Chloride Salinity in Aquatic Environment. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 53(4): 1-7.
20. Haghnia G.H. 2004. Plant tolerance to salinity. Mashhad university publishers.
21. Hall A.E. 2000.Crop responses to environment. United States of America. 248 p.
22. Jakob G., Ton J., Flors V., Zimmerli L.J., Metraux P., and Mauch- Mani B. 2005. Enhancing Arabidopsis salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABAResponse. Plant Physiology, 139: 267-274.
23. Jeschke W.D., and Nassery H. 1981. K+ - Na+ selectivity in roots of Triticum, Helianthus and Allium. Physiology Plant, 52: 217-224.
24. Kafi M., Borzoei A., Salehi M., Kamandi A., Masomi A., and Nabati J. 2009. Enviromental Stress on Plant Physiology. Mashhad University Jahad publication. (Translation).
25. Kafi M., Stowart D. 2001. The effects of salinity on growth and yield of nine cultivar of wheat. Journal of Agricultural Science and Technology. 12 :No 1.
26. Kaya C., Higgs D., and Sakar E. 2002. Response of Two leafy vegetables grown at high to supplementary potassium and phosphorus during different growth stages. Journal Plant Nutrition, 25: 2663-2676.
27. Khorasaninejad S., Mousavi A., Soltanloo H., Hemmati Kh., and Khalighi A. 2010. The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters, Essential oil Yield and Constituent of eppermint (*Mentha piperita* L). World Applied Sciences Journal, 11 (11): 1403-1407.
28. Khoshgoftarmanesh A.H. 2008. Principles of Plant Nutrition. Industrial University of Isfahan. edition 1 .pp.462
29. Kostas C., and Georgios P. 2006. Response of Two Olive Cultivars to Salt Stress and Potassium Supplement. Journal Plant Nutrition, 29(11): 2063-2078.
30. Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, San Diego, NY.
31. Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25: 239-250.
32. Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Physioligy, 59: 651681.
33. Munns R., James K.A., and Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57(5): 1025-1043.
34. Najafi F., Khavari-Nejad R. A., and Siah Ali M. 2010. The effects of salt stress on physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plant. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 6(1): 14-21.
35. Nazarbeygi E., Lari Yazdi H., Naseri R., Soleimani R. 2011. The Effects of Different Levels of Salinity on Proline and A-, B- Chlorophylls in Canola. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 10 (1): 70-74.
36. Netondo G.W., Onyango, and Beck E. 2004. Sorgum and salinity: II. Gas exchange and chorophyll fluorescence of sorgum under salt stress. Crop Science, 44: 806-811.
37. Qasim M., Ashraf M.M., Jamil A.M., Rehman Y.S.U., and Rha E.S. 2003. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Annual Application of Biology 142: 307-316.
38. Raziuddin Farhatullah Hassan G.H., Akmal M., Salim Shah S., Mohammad F., Shafi M., Bakht J., and Zhou W. 2011. Effect of camium and salinity on growth and photosynthesis parameters of brassica species. Pakistan Journal of Botany, 43(1): 333-340.
39. Sabater B., Rodriguez M.I. 1978. Control of chlorophyll degradation in detached leaves of barley and oat through effect of kinetic on chlorophyllase levels, Physiology Plant, 43: 274-276.
40. Safarnejhad A, Sadr V.A., and Hamidi H. The effect of salinity on morphological properties of Nigella sativa. J. Plant Breeding and Genetics Res. Iran. 2007; 15 (1): 75 - 84 (in Persian).
41. Sairam R.K., Rao K.V., and Srivastava G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163: 1037–1046.
42. Sarahi Nobar, M., and Moradi, B. 2011. Effect of salinity stress on protein content, pigments, sugars and phenolic compounds in tissue culture of several species of Iranian fenugreek. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 36(2): 53-59.
43. Satti, S. M. E., and Lopez M. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Commun. Soil Science and Plant Analysis, 25: 2807-2823.
44. Schachtman D., and Munns R. 2002. Sodium accumulation in leaves of Triticum species thatdiffer in salt tolerance. Australia journal Plant Physiology, 19(3):21,331-340
45. Smart R.E .1974. Rapid Estimates of Relative Water Content. Plant Physiology, 53(2):258-60.
46. Sreenivasulu N., Grimm B., Wobns U., and Weschke W. 2000. Diffrentl response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensetive seedling of foxtail millet. Physiology Plantarum, 109: 435-442.

www.SID.ir

Archive of SID

47. Sudhir P., and Murthy S.D.S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. Photosynthetica, 42: 481-486.
48. Tarchoune I, Degl'Innocenti E, Kaddour R, GuidiL, Lachaal M, Navari-Izzo F and Ouerghi Z. Effects of NaCl or Na2SO4 salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in Ocimumbasilicum L. Acta Physiol Plant. 2012; 34 (2): 607- 15.
49. Timothy D. C., Epstein E., and Dvorak J. 1995. Differential solute regulation in leaf blades of various ages in salt sensitive wheat and a salt tolerant wheat (*lanphophyrum elongatum*). Plant Physiology, 108: 1714-1715.
50. Van Horn, J. W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. Agricultural Management, 20: 17-28.

www.SID.ir

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 1, Spring 2018, P. 123-136
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۳۶-۱۲۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigation of Mitigated Effects of KCl on Growth and Physiological Index in Mustard Plant (Parkland and Goldrush) Under Salinity Stress

M. Goldani[1]*- M. Kamali[2]- M. Ghiasabadi[4]
Received: 29-01-2017
Accepted: 10-03-2018

Introduction: Salinity tolerance in plants can increase the importance of it as a result of the decreasing availability of high-quality irrigation water. Saline irrigation water can have many negative effects on crops. When irrigation water has high salinity, the salt may precipitate on the leaves as the water evaporates. Thus it can result in foliar uptake and phytotoxicity. The irrigation water may also cause accumulation of salt in the substrate, which may lead to salt uptake by the plants. Salt injury occurs when too much NaCl accumulates in the substrate. When excessive concentrations of NaCl are present in the soil, water uptake may be inhibited and it causing a physiological drought stress. However, potassium is required by plants in amounts (in kg unit) of similar or greater than nitrogen (N). K Uptake by the plant is highly selective and closely coupled to metabolic activity. At all levels in plants, within individual cells, tissues and in long-distance transport via the xylem and phloem, K exists as a free ion in solution or electrostatically bound cation. Potassium takes part in many essential processes such as enzyme activation, protein synthesis, photosynthesis, phloem transport, osmoregulation, cation-anion balance, stomatal movement and light-driven nastic movements. Potassium Chloride (KCl) is used as a source of nutrients in agricultural development and also used as relieve salinity stress.

Materials and Methods: In order to study the mitigation effects of KCl on salinity (NaCl) in mustard plant (Parkland and Goldrush), an experiment was carried out at the Research Greenhouse, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experiment was managed as a factorial arrangement based on completely randomized design in three replications. Treatments were included NaCl (0, 30, 60 and 90 mM) and KCl (0 and 20 mM) and two cultivars.

Relative water content was calculated by the following formula using leaf disc obtained from a young leaf of each plant.

(DW+ FW/ DW+ TW)*100FW=fresh weight, DW=dry weight, and TW=turgid weight

Electrolytic leakage was calculated by the following formula:

EL=L1/L2 where L1 is electric conduction of leaf after putting in the deionized water in 25°C and L2 is the electric conduction of the autoclaved samples.

Leaf area was measured by Leaf area meter. Shoot and root dry weights were determined after drying the samples in 75°C for 48 h.

Chlorophyll concentration was calculated by the fallowing formula:

Chla (µg/ml) = 15.65A666 – 7.340 A653

Chlb (µg/mml) = 27.05A653 – 11.21 A666

Analysis of variance was calculated using MSTAT-C.1software and means were compared by LSD test at probability level of 5%.

Results and Discussion: The results showed that the treatments of NaCl, KCl and interactions with cultivars were significantly different on dry weight, leaf area, photosynthesis, stoma conductivity and chlorophyll rate. The maximum shoot dry weight (3.44 g/plant) and photosynthesis rate was obtained from T2 (20 mMKCl and without NaCl). The maximum membrane stability index was obtained in Goldrush cultivar and T2. The minimum of these traits were observed in zero mMKCl and 90 mMNaCl. High level of NaCl (60 and 90 Mm) and increasing application of KCl could not improve all traits. According to the result of the analysis of variance increasing density of sodium chloride in planting areas has a special effect on the size of leaves, weight of dried plant and each leaf and dried root. This effect shows a meaningful variation between the weight of dried leaves and its dried root and shoots. The salty areas have a lot of negative ions like Magnesium, Chlorine, sodium and sulfate. These materials are harmful by themselves or cause affective disorder in plants metabolism. Salinity

1 and 3- Associated Professor and Ms Graduate in Agronomy Group, Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: Goldani@um.ac.ir)
2- PhD student of Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

treatments applied to significant influence ($p\leq0.01$) on the characteristics of photosynthesis, stomatal conductance and number of stomata was read out by SPAD. For example, sodium and potassium competition and chlorine and nitrate competition impairs the absorption of nutrients. The result of this reaction is that the plant needs more energy for producing organic matter so it loses most of its energy to resist against salt. This situation causes a low activity of the root and the growing of shoot consequently reduces. Also, weight and length of plant would reduce too. For example, existing potassium in salty lands causes the reduction of sodium in the shoot of plants. This research was done in a pot with the same amount of salt. Potassium causes the reduction of toxicity effects of sodium. This research showed that the potassium can regulate osmotic pressure and permeability of plant cell membranes and also cause to increase plant tolerance to salinity.

Conclusion: In salty condition, increasing the amount of sodium causes the reduction of potassium, compared with sodium. As a matter of fact this kind of reaction causes the reduction of potassium compared with sodium. We know that potassium can cause a suitable osmotic pressure and reduce the destructive effect of oxidation. So, amount of potassium more than sodium in salty lands is known as the standard resistance. In general, increasing the salinity of sodium chloride can decrease morphological and physiological traits of mustard. The use of potassium chloride in T2 treatment showed the best result. However, Goldrush cultivar showed better results compared with Parkland cultivar in salt tolerance.

Keywords: Chlorophyll, Dry weight, Leaf area, Photosynthesis, Stoma conductivity

www.SID.ir