تأثیر تیمارهای کودی پتاسیم و روی بر جذب عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی و نسبت K^+/Na^+ و برخی پاسخ های فیزیولوژیک دو رقم کلزا در شرایط تنش شوری

نادر خادم مقدم[۱]، بابک متشرع زاده*[۲]، غلامرضا ثواقبی فیروز آبادی[۳] و رضا معالی امیری[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۵)

چکیده

شوری با تجمع بعضی یون‌های مضر در گیاه، سبب بروز اثرهای فیزیولوژیک منفی در رشد می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و روی بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی دو رقم کلزا در شرایط تنش شوری، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کامل تصادفی با دو عامل (عامل رقم و کود) و ۴ تکرار در محل گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، واقع در کرج انجام یافت. عامل کودی در ۴ سطح با در نظر گرفتن حدود بحرانی عناصر غذایی پتاسیم و روی در خاک بود که شامل ۵۰۰ میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک (دو برابر مقدار بهینه پتاسیم OP)، ۲/۴ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک (دو برابر مقدار بهینه روی OZ)، ۵۰۰ میلی‌گرم پتاسیم و ۲/۴ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک (دو برابر مقدار بهینه پتاسیم و روی OZP) و شاهد (حالت بهینه عناصر غذایی O) می‌باشد و عامل رقم شامل دو رقم لیکورد و ساری گل بود. نتایج نشان داد در شرایط تنش شوری، کاربرد تیمار OP باعث شد، وزن خشک ریشه و بخش هوایی در رقم ساری گل به میزان ۲۱ و ۲۶/۰۱ درصد نسبت به رقم لیکورد بیشتر افزایش یابد. در تیمار OP، غلظت کلسیم در بخش هوایی در رقم ساری گل ۲۳/۶۶ درصد بیشتر از رقم لیکورد بود. غلظت منیزیم در ریشه ساری گل ۲۰/۳۲ درصد کمتر از ریشه لیکورد بود همچنین رقم ساری گل به‌جز در تیمار LOP، حداقل ۵/۳۸ درصد روی بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت. در تیمار OP، نسبت K^+/Na^+ در بخش هوایی رقم ساری گل بیشتر از ریشه آن بود. از آنجایی‌که گیاهان در شرایط تنش شوری یون‌هایی مثل سدیم را به بخش‌های هوایی انتقال می‌دهند که برای پایش این پدیده از نسبت پتاسیم به سدیم استفاده می‌شود، ولی این پدیده در رقم ساری گل بر عکس بوده و این امر نشان دهنده مکانیسم مستثنی رقم ساری گل برای مقابله با تنش شوری است در حالی‌که رقم لیکورد فاقد این توانایی بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال، پتاسیم، تنش غیر زیستی، عناصر

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (مکاتبه کننده)
۳- استاد فقید گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
* پست الکترونیک: moteshare@ut.ac.ir

مقدمه

شوری و تنش ناشی از آن به‌عنوان یک عامل بازدارنده محیطی در تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که موجب شده اراضی قابل کشت به‌طور اساسی یا نسبی، باروری خود را از دست بدهند. غلظت زیاد نمک‌ها در خاک منجر به عدم تعادل یونی و هایپراسموتیک [1] در گیاهان می‌شود که از آن به‌عنوان اثرهای اولیه شوری یاد شده و مورد دیگر تنش اکسیداتیو است که به تنش ثانویه شوری معروف است (Omidi *et al*., 2009). در شرایط تنش شوری، رشد گیاهان به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محیط رشد ریشه و اثرهای ویژه یون‌ها در فرایندهای متابولیسمی، کاهش می‌یابد (Greenway & Munns, 1980). از آنجایی‌که کشور ما ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده و در بیشتر مناطق دارای خاک‌های شور است و از سویی دیگر، نیاز کشور به واردات روغن خوراکی ما را بر آن داشته تا در مورد کلزا، به‌عنوان یک محصول راهبردی در تأمین روغن خوراکی گام برداریم. گیاه کلزا حاوی ۴۵-۴۰ درصد روغن در دانه می‌باشد، که می‌تواند در این زمینه ما را یاری نماید. با توجه به نیاز روز افزون به روغن‌های نباتی و وابستگی شدید کشور در این مورد، باید توجه ویژه‌ای به افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی، به‌ویژه کلزا شود (Siavash *et al*., 2005). تقریباً ۶۰ درصد از خاک‌های زیر کشت دنیا، به‌دلیل کمبود یا سمیت عناصر غذایی، محدودیت‌هایی برای رشد گیاهان دارند بنابراین بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاهان رشد یافته در شرایط محیطی حاشیه‌ای[2] برای حفظ تولیددهی بسیار با اهمیت است (Cakmak, 2005). شوری بر فتوسنتز گیاهان، روابط آبی، سنتز پروتئین‌ها، تولید انرژی و متابولیسم چربی‌ها تأثیر می‌گذارد (Min *et al*., 2013). از سوی دیگر، دیگل اینوسنتی و همکاران (Degl Innocenti *et al*., 2009) گزارش کردند که کمبود پتاسیم در گیاه جو اثرهای منفی شوری بر فتوسنتز را به‌طور معنی‌داری، افزایش می‌دهد و گیاه را به تنش شوری حساس‌تر می‌کند، نتایج مشابهی به‌وسیله کیو و همکاران (Qu *et al*., 2011 and 2012) گزارش شد که کمبود پتاسیم، جذب نیتروژن و کربن را در فرایند فتوسنتز به‌طور معنی‌داری کاهش داد و به مسیر واکنش‌های نوری PSI و PSII در ذرت در شرایط تنش شوری آسیب رساند. کاف-کافی و کانت (Kant , 2002 & Kafkafi)، گزارش کردند که سدیم بخصوص در شرایط کاهش جذب پتاسیم، در انتقال پتاسیم از ریشه به بخش هوایی گیاه به میزان زیادی مداخله می‌کند که نتیجه آن افزایش پتاسیم ریشه نسبت به بخش هوایی است. بوتلا و همکاران (Botella *et al*., 1997) با بررسی کاربرد دو سطح پتاسیم در شرایط تنش شوری بر روی گیاه ذرت گزارش کردند که با وجود غلظت کم پتاسیم در محلول غذایی، اثر بازدارندگی شوری بر انتقال پتاسیم تشدید شد. بن-هاییم و همکاران (Ben-Hayyim, 1987) نشان دادند که رشد خطی با مقدار پتاسیم در سلول‌های کالوس ریشه مرکبات همبستگی داشت، افزایش سطح سدیم در محیط خارجی باعث کاهش پتاسیم سلول شد. سلول‌های مقاوم به شوری قادر به نگه‌داری پتاسیم در واکوئل‌های خود بودند تا بدین طریق از نشت پتاسیم موقعی که سدیم در محیط خارجی زیاد می‌شود، جلوگیری نمایند. صالحی اسکندری و همکاران (Salehi Eskandari *et al*., 2010) در بررسی انتقال پتاسیم در ارقام کلزا به این نتیجه رسیدند که جذب و انتقال یون پتاسیم در رقم متحمل، در تمام سطوح تنش بیشتر از رقم حساس بود که نشان دهنده وابستگی جذب و انتقال پتاسیم به ژنوتیپ است. شوری با تجمع بعضی یون‌های مضر در گیاهان موجب عدم تعادل یونی در گیاهان می‌شود، حال اگر دوباره به‌توان با کاربرد بعضی از عناصر، تعادل یونی را برقرار ساخت، بسیاری از مشکلات رشد گیاهان در بخش کشاورزی بر طرف خواهد شد. از آنجایی‌که در گیاهان خانواده براسیکا، به‌خصوص کلزا، در شرایط تنش شوری، رفتارهای متفاوتی در نقل و انتقال عناصر غذایی و حساسیت‌های متفاوتی نسبت به این تنش، مشاهده می‌شود، لذا در این پژوهش نقش عناصر کلیدی چون پتاسیم و روی، همراه با دیگر عناصر، در کاهش اثرهای مضر شوری در کلزا بررسی می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تیمارهای کودی پتاسیم و روی و حالت بهینه عناصر غذایی بر جذب عناصر و بررسی تأثیر این عناصر جذب شده بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی در شرایط تنش شوری بر روی دو رقم کلزا اجرا گردید.

1- hyperosmotic
2- Marginal environmental conditions

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و آماده‌سازی خاک برای کشت گلخانه‌ای

برای انجام این تحقیق، خاکی با قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۱ (dS/m) از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در محمد شهر کرج تهیه گردید و با خاک دیگری با شوری (dS/m) ۱۴ از اطراف نظر آباد کرج با هم به نسبت ۱:۱ مخلوط شدند تا خاک مرکبی با شوری (dS/m) ۸ حاصل شود تا بدین سبب زمینه بروز تنش اکسیداتیو به‌وسیله تنش شوری اعمال گردد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش بر اساس روش‌های استاندارد تعیین گردید (Page, 1982) (جدول ۱).

این پژوهش در سال ۱۳۹۳، به‌منظور بررسی تأثیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و روی بر خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی دو رقم کلزا در شرایط تنش شوری، در آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کامل تصادفی با دو عامل (عامل رقم و کود) و ۴ تکرار در محل پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج، انجام یافت.

تیمارهای کودی بعد از کاشت گیاه، برای جلوگیری از متصاعد شدن نیترات به‌صورت نیتروژن مولکولی و همچنین کوتاه کردن زمان تثبیت کلات روی در خاک، در طول سه ماه به‌صورت تقسیطی و در سه مرحله و قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها، به‌صورت کودهای KNO_3 (برای پتاسیم)، کلات روی ۷ درصد (برای روی) و به صورت مصرف خاکی اعمال شدند به همین ترتیب سایر عناصر غذایی هم به حالت بهینه مصرف شدند. سطح بحرانی پتاسیم و روی به‌ترتیب ۲۵۰ و ۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. به‌علت مصرف لوکس پتاسیم در گیاهان و نشت پتاسیم از سلول‌های ریشه به محیط بیرون، در شرایط تنش شوری و برای عنصر روی هم به‌خاطر مصرف خاکی این عنصر و مسئله تثبیت، و هم چنین نقشی که این دو عنصر در فعال‌سازی و ساختمان آنزیم‌ها دارند، ونیز با توجه به سطح سحرانی پتاسیم و روی بر اساس گزارش موسسه تحقیقات خاک و آب (Malakouti & Tehrani, 1999)، این دو عنصر، به‌صورت دو برابر حالت بهینه مصرف شدند. برای جلوگیری از افزایش شوری، آبیاری با آب مقطر در طول رشد گیاه صورت گرفت و به‌منظور جلوگیری از آبشویی نمک‌ها، گلدان‌ها فاقد زهکش بودند. بدین صورت که پس از تعیین رطوبت FC گلدان‌ها، برای آبیاری، از روش وزنی استفاده شد و به اندازه اختلاف وزن گلدان با رطوبت FC، آب مقطر به گلدان داده می‌شد تا دوباره به رطوبت FC برگردد (در دو هفته اول، قبل از آن که کلزاها به زیست توده قابل‌توجهی برسند، معیاری از میزان آب مورد نیاز گلدان‌ها به‌دست می‌آمد، و با توجه به این که دما و رطوبت هم تحت کنترل بودند، تأثیر چندانی بر آب مورد نیاز گلدان‌ها نداشت). دمای گلخانه همواره در ۲۵ درجه سلسیوس نگه داشته می‌شد.

کشت گلخانه‌ای و نمونه رداری بخش‌های هوایی و ریشه کلزا

بذور دو رقم کلزا به نام‌های ساری گل و لیکورد، از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه و در گلخانه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، در گلدان‌های ۵ کیلوگرمی کشت شد. بذور ارقام در فروردین ۱۳۹۰ در گلدان‌ها کاشته شده و بعد از ۵ ماه، بخش هوایی از سطح خاک بریده و همچنین خاک داخل گلدان‌ها به همراه ریشه با احتیاط جداسازی و با آب شستشو شده و بدین تربیب ریشه‌ها و بخش‌های هوایی به‌دست آمده و پس از قرار دادن در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت، توزین شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1: Physical and chemical properties of studied soil in greenhouse

خصوصیات (Properties)	مقدار (Value)	خصوصیات (Properties)	مقدار (Value)
پ هاش [pH]	8.00	منگنز قابل جذب (mg/kg) [Extractable Manganese with DTPA (mg/kg)]	7.69
نیتروژن کل(٪) [Total Nitrogen (%)]	0.07	مس قابل جذب (mg/kg) [Extractable Copper with DTPA (mg/kg)]	1.10
درصد اشباع (Saturation Percentage)	36.56	روی قابل جذب (mg/kg) [Extractable Zinc with DTPA (mg/kg)]	0.28
درصد سدیم تبادلی (ESP)	46.00	آهن قابل جذب (mg/kg) [Extractable Iron with DTPA (mg/kg)]	8.00
ماده آلی (٪) [Organic Matter (%)]	0.34	پتاسیم قابل جذب (mg/kg) [Extractable Potassium with Ammonium Acetate(mg/kg)]	184.86
گوگرد $S\text{-}SO_4^{2-}$ (meq/l)	14.24	قابلیت هدایت الکتریکی(dS/m) [Electrical Conductivity (dS/m)]	8.00
Na^+ (meq/l)	3.51	ظرفیت تبادل کاتیونی(cmolc.kg-1) [CEC (cmolc.kg-1)]	19.80
Mg^{2+} (meq/l)	0.55	فسفر قابل جذب (mg/kg) [Extractable Phosphorous with Sodium Bicarbonate(mg/kg)]	22.70
Ca^{2+} (meq/l)	0.94	بافت خاک (Soil texture)	لوم رسی شنی (Sandy clay loam)

جدول ۲- تیمارهای آزمایش

Table 2: Treatments used in this experiment

عامل رقم کلزا Canola (Cultivar)	عامل کودی (Fertilizer treatments)
ساری گل	حالت بهینه عناصر غذایی [**O**ptimum nutrient status]
	مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (دو برابر مقدار بهینه) + مصرف مقدار بهینه سایرعناصر کودی [**O**ptimum nutrient status + twice **P**otassium]
لیکورد	مصرف ۲/۴ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (دو برابر مقدار بهینه) + مصرف مقدار بهینه سایر عناصر کودی [**O**ptimum nutrient status + twice **Z**inc]
	مصرف۵۰۰ میلی‌گرم پتاسیم و ۲/۴ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک (دو برابر مقدار بهینه) + مصرف مقدار بهینه سایر عناصر کودی [**O**ptimum nutrient status + twice **Z**inc plus **P**otassium]

تهیه عصاره گیاه

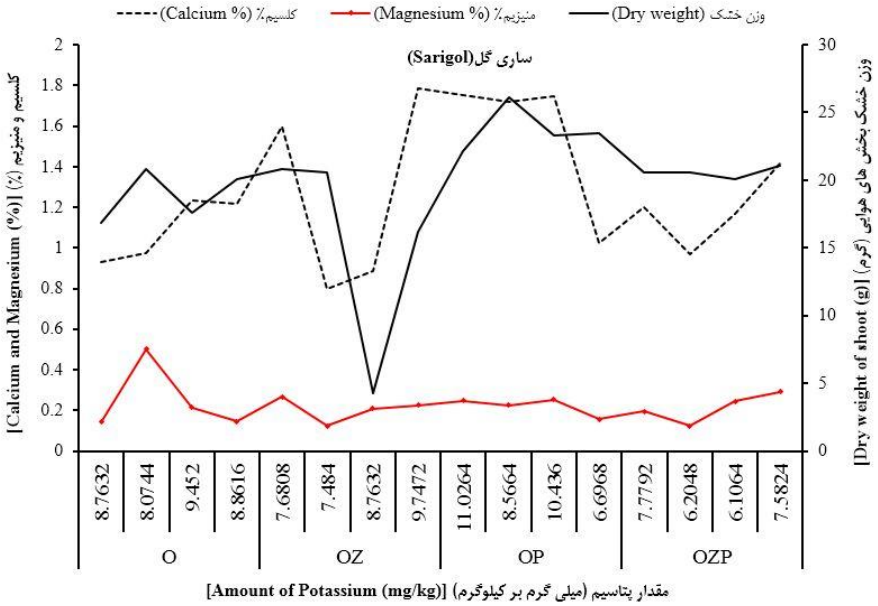
عصاره‌گیری با استفاده از روش سوزاندن و سپس ترکیب با اسید کلریدریک یک نرمال انجام شد (Cottenie, 1980). مقدار یک گرم از نمونه‌های گیاهی پودر شده را با دقت توزین کرده و سپس در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده شدند. خاکستر حاصل از سوزاندن هر نمونه با اسید کلریدریک در دمای ۸۰ درجه سلسیوس تا خروج اولین بخارها حرارت داده شدند. پس از صاف کردن، نمونه‌ها به حجم رسانده شدند (Cottenie, 1980). پس از تهیه عصاره از ریشه و بخش هوایی، از آن برای به‌دست آوردن غلظت سدیم و پتاسیم استفاده شد. غلظت این عناصر در عصاره‌های گیاهی تهیه شده به روش هضم خشک، توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل ELEA تعیین گردید (Ryan *et al*., 2007). همچنین از عصاره به‌دست آمده با روش تیتراسیون برای تعیین غلظت کلسیم و منیزیم در ریشه و بخش هوایی استفاده شد و در نهایت غلظت عنصر روی به‌وسیله عصاره‌گیری با DTPA انجام و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu AA-670) خوانده شد (Ryan *et al*., 2007).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS (نسخه ۱۷)، مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح پنج درصد و ترسیم شکل‌ها با نرم افزار Excel انجام شد.

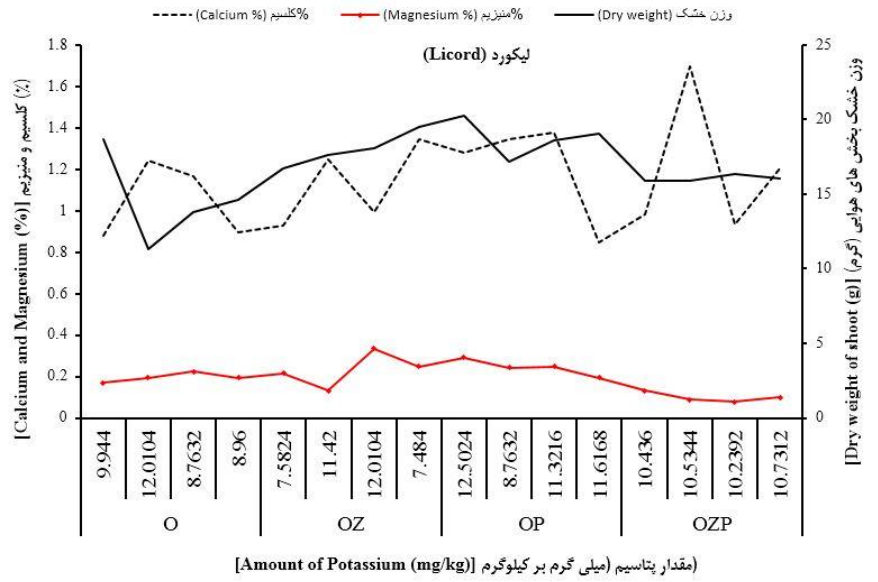
نتایج و بحث

تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱ خاک مورد نظر برای انجام پژوهش مناسب به‌نظر می‌رسد. ضمنا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ارائه شده آن از جمله قابلیت هدایت الکتریکی آن حاکی از ایجاد تنش شوری متناسب با اهداف آزمایش می‌باشد. وزن خشک بخش هوایی ارقام کلزا و تغییرات آن و نیز صفات مورد اندازه‌گیری (کلسیم، منیزیم و پتاسیم) در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود. همچنین روند تغییرات وزن خشک ریشه در ارقام و غلظت عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم و منیزیم ارائه شده است (شکل‌های ۳ و ۴).



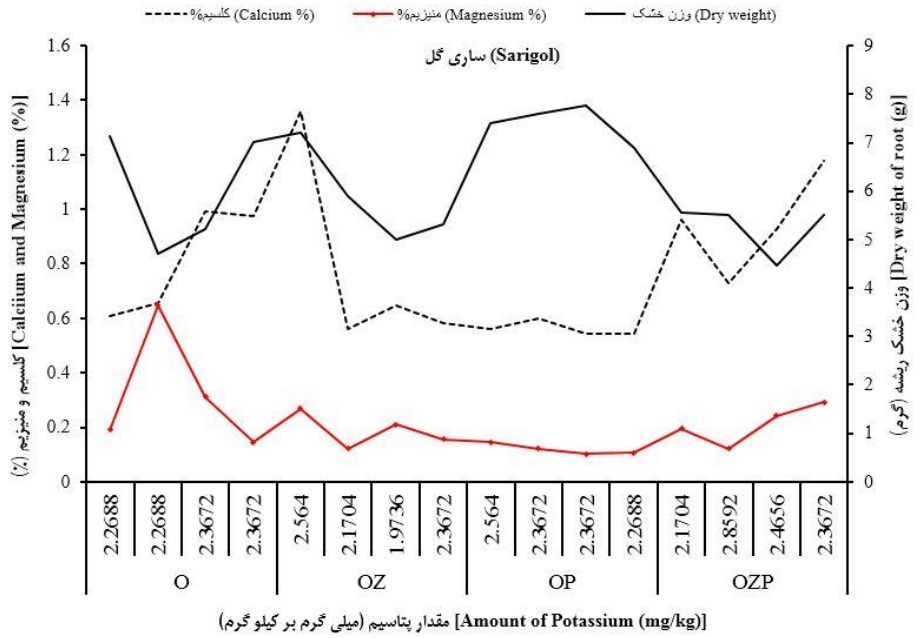
شکل ۱- وزن خشک بخش هوایی ساری گل و درصد کلسیم و منیزیم، در مقابل تیمارهای مختلف پتاسیم و روی

Fig.1. Shoot dry weight, Ca & Mg of Sarigol in different potassium treatments



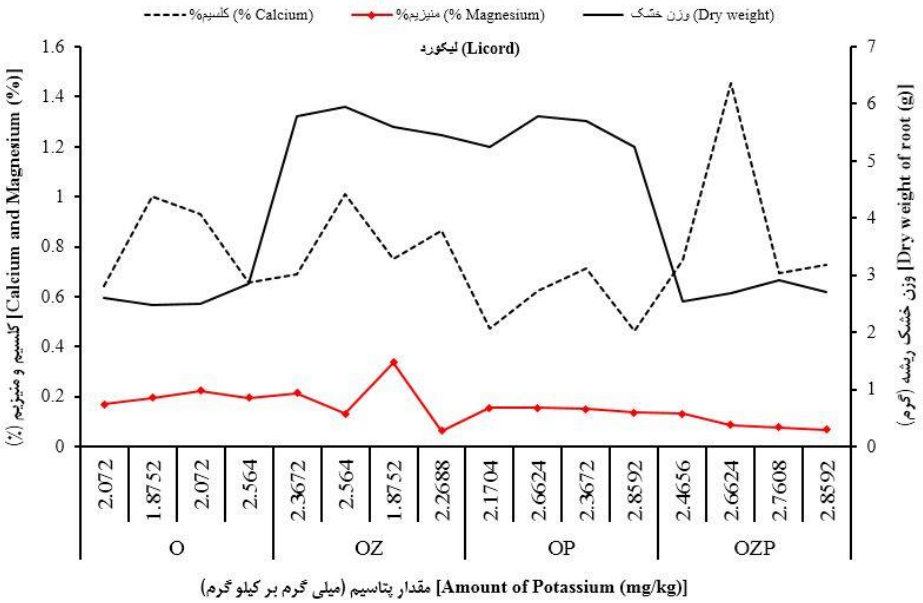
شکل ۲- وزن خشک بخش هوایی لیکورد و درصد کلسیم و منیزیم در مقابل تیمارهای مختلف پتاسیم و روی

Fig.2. Shoot dry weight, Ca & Mg of Licord in different potassium treatments



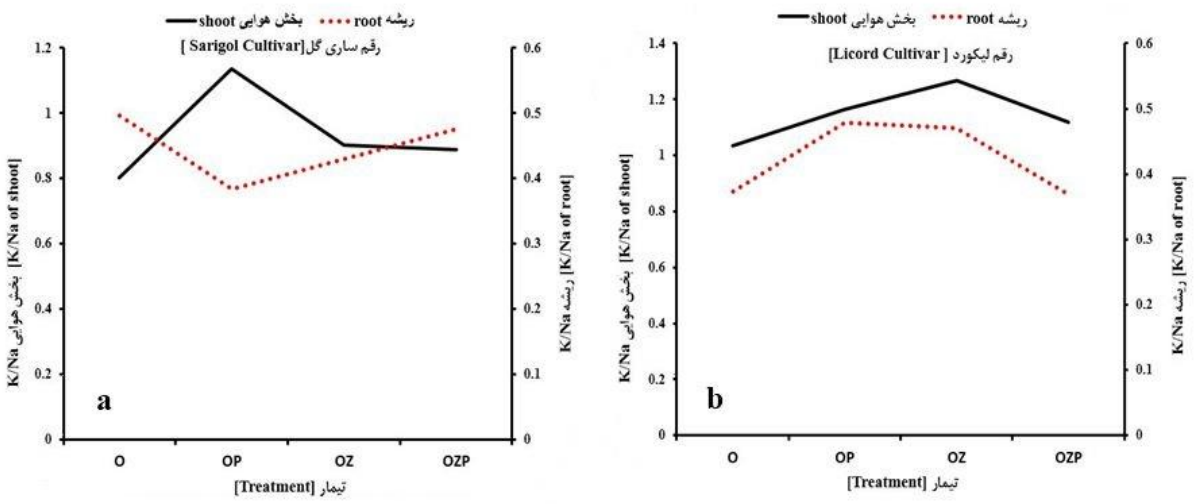
شکل ۳- وزن خشک ریشه ساری گل و درصد کلسیم و منیزیم در مقابل تیمارهای مختلف پتاسیم و روی

Fig.3. Root dry weight, Ca & Mg of Sarigol in different potassium treatments



شکل ۴- وزن خشک ریشه لیکورد و درصد کلسیم و منیزیم در مقابل تیمارهای مختلف پتاسیم و روی

Fig.4. Root dry weight, Ca & Mg of Licord in different potassium treatments



شکل ۵- رابطه نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و بخش هوایی ارقام ساری گل و لیکورد

Fig.5. K/Na ratio in root and shoot of Sarigol and Licord cultivars

تالوت و همکاران (Thalooth *et al*., 2006) گزارش کردند که تنش خشکی بر روی گیاه ماش بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد آن و هم چنین در مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی در مقایسه با تیمار شاهد تأثیر معنی‌داری گذاشته است از طرف دیگر برگپاشی روی، پتاسیم و منیزیم تأثیر مثبتی بر پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد داشت اما کاربرد پتاسیم نسبت به دو عنصر غذایی دیگر بهتر جواب داد. مطابق با شکل (۵-a) K^+/ Na^+ در بخش هوایی ساری گل نسبت به ریشه بیشتر بوده و بیشترین مقدار این نسبت در تیمار دو برابری پتاسیم مشاهده می‌شود به عبارت دیگر با افزایش پتاسیم در دسترس ریشه، جذب این عنصر زیاد شده و بیشتر به بخش هوایی منتقل می‌شود و بنابراین مقدار این نسبت در ریشه کاهش می‌یابد. ولی همان طوری‌که در شکل (۵-b) قابل مشاهده است، نسبت K^+/Na^+ در ریشه و بخش هوایی رقم لیکورد، در تیمار دو برابری روی بیشتر است و این امر نشان می‌دهد که رقم لیکورد مشکلی در جذب پتاسیم از خاک ندارد ولی در انتقال پتاسیم به بخش هوایی و تجمع سدیم در ریشه، بر عکس با ساری گل عمل می‌کند، شاید دلیل افزایش این نسبت، در تیمار دو برابری روی، به نقش عنصر روی در بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش شوری مرتبط شود. مرادشاهی و همکاران (Moradshahi *et al*., 2004) با بررسی تعدادی از عکس العمل‌های فیزیولوژیک کلزا در پاسخ به تنش خشکی در شرایط آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که با کاهش پتانسیل آب، جذب پتاسیم کاهش یافته و انتقال آن به ساقه‌ها بیشتر شده است. ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2001) با بررسی کلزاهایی که تحت تأثیر مهندسی ژنتیک در راستای افزایش مقاومت به شوری بوده، انتقال بیشتر پتاسیم به بخش هوایی را گزارش کردند. در پژوهشی گزارش شد که تنش شوری ممکن است منجر به محدودیت انتقال عناصر غذایی ضروری به بخش‌های هوایی شود، آن‌ها نشان دادند که انتقال خالص پتاسیم، کلسیم، منیزیم و ازت کل به بخش‌های هوایی در گیاهان رشد یافته در شوری ناشی از سدیم کلرید کاهش می‌یابد. ترمات و مانوس (Termaat & Munus , 1986) اشاره کردند، K^+/ Na^+ در ریشه ساری گل نسبت به بخش هوایی کمتر بوده و این نشان دهنده این است که ساری گل دارای یک مکانیسم مستثنی[۴] (مکانسیم تحمل تنش شوری در خانواده براسیکا) در انتقال سدیم و پتاسیم بین ریشه و بخش هوایی است که پتاسیم را بیشتر در بخش هوایی تجمع می‌دهد (Ashraf & McNeilly, 2004). در سال ۱۳۹۲ خادم مقدم و همکاران (Khadem Moghadam *et al*., 2013)، طی تحقیقی بر روی ارقام کلزا، به این نتیجه رسیدند که رقم ساری گل دارای مکانیسم مستثنی در انتقال پتاسیم به بخش هوایی و تجمع سدیم در ریشه است ولی رقم لیکورد بر عکس رقم ساری گل عمل می‌نماید. تحقیقی بر روی گندم دورم، نشان داد که مقدار

4- Exclusion mechanism

سدیم پائین و نسبت K^+/Na^+ بالایی در برگ‌های گندم دروم در اثر شوری تجمع می‌یابد (Munns *et al*., 2003). در این پژوهش، نسبت K^+/Na^+ در ریشه لیکورد در تیمار OP بیشترین مقدار بوده ولی در بخش هوایی بیشترین مقدار این نسبت در تیمار دو برابری روی مشاهده می‌شود در واقع با افزایش جذب پتاسیم در ریشه در تیمار دو برابری روی، مقدار پتاسیم در بخش هوایی نیز افزایش می‌یابد.

مطابق جدول ۳ اثر متقابل رقم در تیمار و اثر مستقل تیمار برای غلظت روی در ریشه ارقام لیکورد و ساری گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر مستقل رقم در تیمار شکل ۶ نشان می‌دهد که غلظت روی در ریشه ارقام کلزا در تیمار OP بیشتر از سایرین بوده و از تیمارهای SO، LOZ و LOZP به‌ترتیب ۳۲/۷۹ ، ۳۵/۰۱ و ۴۳/۷۸ درصد بیشتر بوده و با آن‌ها اختلاف معنی‌دار دارد (به‌دلیل اندک بودن غلظت روی در بخش هوایی، دستگاه جذب اتمی قادر به قرائت آن نبود).

روی یکی از عناصر ضروری گیاه است. جذب روی در کلزا سبب افزایش عملکرد، افزایش غلظت روی در دانه‌ها، ریشه و کاه و کلش می‌شود. نقش اساسی روی در فعال سازی تعداد زیادی از آنزیم‌های گیاه است که یا مستقیماً در ساختمان آن‌ها شرکت دارد و یا اینکه برای فعال سازی آنزیم‌ها لازم است (Cakmak, 2005 ؛ Hafeez *et al*., 2013). بنکس (Banks, 1980) نتیجه گرفت که در غیاب روی، رقم‌های مختلف سویا به‌طور متوسط ۶ درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهند و (Rhoads, 1984) نتیجه گرفت که عملکرد سویا با کاربرد سولفات روی افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد. در این پژوهش غلظت روی در تیمار OP در ریشه رقم ساری گل ۱/۱۲ درصد کمتر از رقم لیکورد بود که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری کلی

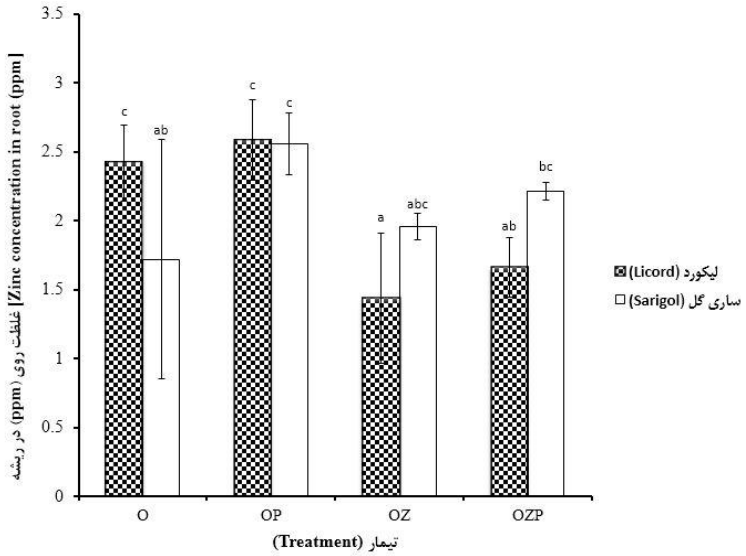
مطابق با شکل‌های (۱، ۲، ۳ و ۴) بخش هوایی ساری گل و لیکورد غلظت بالاتری از کلسیم را نسبت به ریشه‌ها، نشان می‌دهند و غلظت کلسیم در بخش هوایی ساری گل نسبت به لیکورد بیشتر بوده و این برتری به میزان ۲۳/۶۶ درصد بیشتر از رقم لیکورد در تیمار OP است ولی غلظت منیزیم در رقم لیکورد در بخش هوایی ۸/۰۲ درصد بیشتر از ساری گل در همین تیمار است. وزن خشک بخش هوایی و ریشه ساری گل به‌ترتیب ۲۱ و ۲۶/۰۱ درصد بیشتر از رقم لیکورد در تیمار OP است. مقدار کلسیم موجود در ریشه دو رقم تفاوت چندانی با هم ندارند ولی با این حال مقدار کلسیم در ریشه لیکورد ۱/۰۶ درصد بیشتر از ساری گل بوده و در نهایت مقدار منیزیم ریشه لیکورد ۲۰/۳۲ درصد بیشتر از ساری گل در تیمار OP است. به‌جز تیمارOP برای رقم لیکورد، تیمار OP در رقم ساری گل حداقل ۵/۳۸ درصد حاوی روی بیشتری در ریشه نسبت به سایر تیمارها داشت.

با بررسی شکل‌های (a-۵ و b) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رقم ساری گل دارای یک مکانسیم مستثنی در مواجه با شرایط تنش شوری، برای از بین بردن اثرات فیزیولوژیکی منفی یون سدیم است ولی رقم لیکورد فاقد این توانایی بوده و از روند خاصی برای انتقال پتاسیم استفاده نمی‌کند. بر طبق نتایج به‌دست آمده برای کشت کلزا در یک خاک شور، رقم ساری گل و استفاده از کودهای پتاسیمی در چنین شرایطی توصیه می‌شود.

جدول ۳- تجزیه واریانس غلظت روی در ریشه ارقام کلزا در شرایط تنش شوری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 3: Analysis of variance for root zinc concentration under salinity stress in different treatments of fertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات M.S	F	Sig.
رقم Cultivar	1	0.057	0.189	0.667 ^{ns}
تیمار Treatment	3	1.088	5.182	0.006**
رقم*تیمار Cultivar*treatment	7	0.769	4.913	0.001**



شکل ۶- مقایسه میانگین اثرات رقم و تیمار بر روی غلظت روی در ریشه ارقام کلزا در یک خاک شوری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig.6. Characteristics mean comparison of cultivar and treatment on zinc concentration in root of canola cultivars in a saline soil under different treatments of fertilizers

References

Ashraf, M., & McNeilly, T. (2004). Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Reviews in Plant Sciences, 23(2), 157-174.

Banks, L. W. (1980). The response of soybean varieties to zinc. In Pathways to productivity: proceedings of the Australian Agronomy Conference, Queensland Agricultural College, Lawes, April, 1980. Australian Institute of Agricultural Science.

Ben-Hayyim, G., Kafkafi, U., & Ganmore-Neumann, R. (1987). Role of internal potassium in maintaining growth of cultured citrus cells on increasing NaCl and CaCl2 concentrations. Plant Physiology, 85(2), 434-439.

Botella, M. A., Martinez, V., Pardines, J., & Cerda, A. (1997). Salinity induced potassium deficiency in maize plants. Journal of Plant Physiology, 150(1): 200-205.

Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 521-530.

Cakmak, I. (2005). Role of mineral nutrients in tolerance of crop plants to environmental stress factors. In Proceedings from the International Symposium on Fertigation–Optimizing the Utilization of Water and Nutrients pp. 35-48.

Cottenie, A. A. (1980). Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations (No. 631.4 F3/38).

Degl'Innocenti, E., Hafsi, C., Guidi, L., & Navari-Izzo, F. (2009). The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. Journal of plant physiology, 166(18), 1968-1981.

Hafeez, F.Y., M. Abaid-Ullah and M.N. Hassan. (2013). Plant growthpromoting rhizobacteria as zinc mobilizers: A promising approach for cereals biofortification. In: Bacteria in Agrobiology: Crop productivity. pp: 217235. Springer, New York, USA

Greenway, H., & Munns, R.(1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review, Plant Physiology, 31: 149-190.

Kant, S., Kafkafi, U., Pasricha, N., & Bansal, S. (2002). Potassium and abiotic stresses in plants. Potassium for sustainable crop production. Potash Institute of India, Gurgaon, 233-251.

Khadem Moghadam, N., Motesharezadeh, B., Savaghebi, G.R., & Maali Amiri, R. (2013). Effect of zinc, potassium and optimum nutrients treatments on the chlorophyll index, leaf area and sodium to potassium ratio in the salinity conditions on two cultivars of canola (*Brassica napus* L.). The first national conference on salinity stress in plants and developing strategies for saline agriculture, Iran, Azerbaijan Shahid Madani University, 325-330. (in Persian).

Malakouti, M. J., & Tehrani, M. M. (1999). Effects of micronutrients on the yield and quality of agricultural products (micro nutrients with macro effects). Tarbiat Modares University publication, Iran.

Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B., Kholdebarin, B. (2004). Some physiological responses of canola (*Brassicanapus* L.). Iran J Sci Technol Trans A-Science, 28: 43-50 (in Persian).

Munns, R., Hare, R. A., James, R. A., & Rebetzke, G. J. (1999). Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Crop and Pasture Science, 51(1), 69-74.

Omidi, H., Khazaei, F., Hamzi Alvanagh, S., & Heidari-Sharifabad, H. (2009). Improvement of seed germination traits in canola (*Brassica napus* L.) as affected by saline and drought stresses. Journal of plant Ecophysiology, 1(3), 151-158

Qu, C., Liu, C., Gong, X., Li, C., Hong, M., Wang, L., & Hong, F. (2012). Impairment of maize seedling photosynthesis caused by a combination of potassium deficiency and salt stress. Environmental and experimental botany, 75, 134-141.

Page, A. L.(1982). Methods of soil analysis, Agron. No. 9, Part2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., P.403-430. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.

Rhoads, F. M. (1984). Soybean response to zinc fertilizaton. Proceedings-Soil and Crop Science Society of Florida (USA).

Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2007). Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA.

Salehi Eskandari, B. Khaladbarin, B. Moradshahi, A. (2010). Interaction between water stress and potassium on absorption and transport of potassium ions in two varieties of drought tolerant canola (*Brassica napus* L), Iranian Journal of Science and Technology13. A1, 49-60.

Siavash, B., Carpathian. & Zare, S. (2005). Studying on lipid content and fatty acids in some varieties of colza (*Brassica napus* L.). Pajouhesh & Sazandegi, No: 67; pp: 95-101. (In Persian).

Termaat, A., & Munns, R. (1986). Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. Functional Plant Biology, 13(4), 509-522.

Thalooth, A. T., Tawfik, M. M., & Mohamed, H. M. (2006). A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World J. Agric. Sci, 2(1), 37-46.

Zhang, H. X., Hodson, J. N., Williams, J. P., & Blumwald, E. (2001). Engineering salt-tolerant Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(22), 12832-12836

Effects of potassium and zinc fertilizer treatments on potassium, calcium, magnesium, zinc uptake and K^+/Na^+ ratio and some physiological responses of two cultivars of Canola under salinity stress

Nader Khadem Moghadam[1], Babak Motesharezadeh[*2], Gholam Reza Savaghebi[3] and Reza Maali Amiri[4]

(Received: August 2014 Accepted: July 2015**)**

ABSTRACT

Salinity with accumulating some harmful ions in plants causes negative physiological effects on plant growth. In order to investigation effects of potassium, calcium, magnesium and zinc on morpho-physiological characteristics of tow canola cultivars under salinity stress, the experiment, in 1393 in a randomized complete block design with two factors (factor cultivars and fertilizers) and 4 replications at University of Tehran, faculty of Agriculture and Natural Resources, located in Karaj, was carried out. Factor fertilizers in four levels were considering in critical levels of potassium and zinc in soil where it's including 500 mg/kg potassium (twice optimum potassium OP), 2.4 mg/kg zinc (twice optimum zinc OZ), 500 and 2.4 mg/kg potassium and zinc (twice optimum zinc and potassium OZP) and control (optimum nutrients status O) and factor cultivars were including Sarigol and Licord cultivars. Results showed in the salinity stress conditions, OP treatment increased Sarigol's root and shoot dry weight 21 and 26.01 percent more than that of Licord's root and shoot dry weight. Calcium concentration in the Sarigol's shoots was 23.66 percent more than Licord in the OP treatment. Magnesium concentration in the Sarigol's root was 20.32 percent less than the Licord's root. Sarigol cultivar except LOP treatment, at least 5.38 percent has a more zinc rather than the others. In the OP treatment Sarigol's shoot K^+/Na^+ ratio was more than that's ratio in root. Since the vegetables in the salinity stress conditions, they transport ions such as sodium to the aerial parts and for controlling this phenomena are used from K^+/Na^+ ratio, but this phenomena was reverse for Sarigol cultivar and this is represents Sarigol's exclusion mechanisms to cope with salinity stress whereas Licord cultivar lack of this mechanisms and it's potassium transport does not follow any particular trend.

Key words: Abiotic stress, Elements, Potassium, Transport

1,2,3- Department of Soil Science Engineering, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

4- Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

* Corresponding Author: moteshare@ut.ac.ir