

اثرهای متقابل منیزیم و پتاسیم بر رشد و عملکرد آفتابگردان در یک خاک شور

محمد هادی میرزاپور، امیر حسین خوشگفتارمنش، سید خلاق میرنیا، حسینعلی بهرامی و

محمد رضا نایینی^{*۱}

چکیده

سطح قابل ملاحظه ای از اراضی زیر کشت آفتابگردان در استان قم شور می باشد. در این اراضی مدیریت بهینه مصرف کودهای شیمیایی جهت نیل به افزایش عملکرد و درصد روغن دانه امری لازم به نظر می رسد. طی سال ۱۳۸۰، به منظور بررسی اثرهای منیزیم و پتاسیم و مطالعه بر همکنش این دو عنصر بر رشد و عملکرد آفتابگردان، آزمایشی مزرعه ای بصورت کرت های خرد شده و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، متشکل از ۹ تیمار و در سه تکرار، در یکی از خاکهای شور منطقه قنوات استان قم بر روی رقم رکورد (*Helianthus annuus* v. Record) اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم و سه سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار MgO از منبع سولفات منیزیم. بذر آفتابگردان در کرت های 3×4 مترمربعی و با فاصله 60×20 سانتیمتر کاشته شد. مقادیر مورد نیاز عناصر اصلی (فسفر و نیتروژن)، بر اساس نتایج تجزیه خاک و مطابق مدل توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تعیین و به همراه تیمارهای آزمایشی قبل از کاشت به صورت نواری مصرف گردید. پس از رسیدن محصول، ارتفاع بوته، قطر طبق، وزن هزار دانه، عملکرد و درصد روغن دانه و نیز غلظت عناصر معدنی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلسر) در برگ اندازه گیری شد. نتایج این آزمایش نشان داد با مصرف پتاسیم، عملکرد و درصد روغن دانه بطور معنی داری (در سطح ۵ درصد) افزایش یافت. مصرف منیزیم تا سطح ۷۵ کیلوگرم درهکتار MgO ، موجب کاهش عملکرد دانه و افزایش درصد روغن گردید، در حالی که در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار MgO ، عملکرد و درصد روغن دانه افزایش یافت. مطابق نتایج به دست آمده، در سطوح پایین تا متوسط، پتاسیم و منیزیم مصرفی، اثر متقابل مثبت و معنی داری بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن داشتند. بالاترین عملکرد دانه، به میزان 3638 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار $K_{100}Mg_0$ و پایین ترین آن به میزان 2043 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار K_0Mg_0 بود. همچنین منیزیم و پتاسیم اثر متقابل مثبت و معنی داری بر نسبتهای پتاسیم به سدیم، منیزیم به سدیم و کلسیم به سدیم در برگ داشتند. در مجموع، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف پتاسیم با کاهش جذب سدیم و افزایش میزان تحمل به شوری گیاه همراه بود. نقش منیزیم در افزایش عملکرد دانه کمتر از پتاسیم و در مورد درصد روغن دانه بیشتر از آن بود.

واژه های کلیدی: آفتابگردان، پتاسیم، منیزیم، شوری، عملکرد، درصد روغن دانه

^۱ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان، استادیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیات علمی واحد تحقیقات خاک و آب قم

* وصول: ۸۱/۴/۲۰ تصویب: ۸۲/۶/۹

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از محصولات مهم روغنی می باشد. آلیاری و همکاران (۱۳۷۹) گزارش کرده اند متوسط سطح زیر کشت آفتابگردان (آبی و دیم) در کشور ۱۹۰ هزار هکتار است که از این سطح، ۱۴۰ هزار هکتار به آفتابگردان روغنی و بقیه

آن به نوع آجیلی اختصاص دارد. از آفتابگردان، به غیر از روغن، مقداری کنجاله نیز بدست می آید که برای تغذیه دام به کار می رود. بر اساس آمار نامه کشاورزی، در استان قم، سالیانه سطحی معادل ۴۰۰۰ هکتار به کشت آفتابگردان، به عنوان محصول دوم، اختصاص می یابد که عملکرد متوسط آن در حدود ۲ تن در هکتار است. با توجه به اینکه بیش از ۹۵ درصد از زمینهای زیر کشت آفتابگردان در استان قم جزو اراضی شور است، مدیریت مصرف بهینه کودهای شیمیایی در اینگونه اراضی، برای افزایش عملکرد و درصد روغن دانه، امری لازم به نظر می رسد. یکی از اثرهای زیان بار شوری برهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک، و در نتیجه، اختلال در جذب آنها توسط گیاه می باشد. Hu و Schmidhalter (۱۹۹۷) گزارش کردند که مصرف کودهای شیمیایی در خاکهای شور ممکن است موجب افزایش، کاهش و یا بی تاثیر بر عملکرد شود. نتایج تحقیقات Sanchez-Raya و Delgado (۱۹۹۹) نشان داد مصرف پتاسیم سبب افزایش تحمل به شوری و عملکرد آفتابگردان شده است. Hu و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند مصرف پتاسیم در شرایط شور به نحو قابل ملاحظه ای تاثیر منفی شوری را کاهش و تحمل به شوری گیاه را افزایش داده است. یافته های Cramer و همکاران (۱۹۸۷) نشان داد که با افزایش شوری، ورود پتاسیم به گیاه به شدت کاهش می یابد. با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه، تحمل گیاه به شوری افزایش می یابد. همچنین مصرف پتاسیم، باعث افزایش جذب نیتروژن و تبدیل آن به پروتئین می شود. از طرف دیگر Marschner (۱۹۹۵) نشان داد پتاسیم با تنظیم فشار اسمزی ریشه و در نتیجه تنظیم روابط آب در گیاه، میزان تحمل به شوری گیاه را افزایش می دهد. به علاوه، بر اساس یافته های Sepaskhah و Maftoun (۱۹۸۸)، نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه، به عنوان شاخصی جهت تعیین تحمل به شوری

در گیاهان عالی معرفی شده است. Benlloch و همکاران (۱۹۹۴) مشاهده کردند که افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در محیط خارجی، باعث بهبود رشد آفتابگردان و افزایش عملکرد آن شده است. تاثیر پتاسیم بر افزایش درصد روغن دانه آفتابگردان در شرایط غیر شور به وسیله آلیاری و همکاران (۱۳۷۹) گزارش شده است.

تحقیقات اندکی تاکنون در رابطه با نقش منیزیم در گیاه در شرایط شور صورت گرفته است. خوشگفتار و سیادت (۱۳۸۱) عقیده دارند بین منیزیم با کلسیم و پتاسیم برای محل های جذب روی غشاء ریشه رقابت وجود دارد. Kene و همکاران (۱۹۹۰) بر این باورند که غلظت بالای منیزیم در خاک ممکن است با ایجاد کمبود کلسیم در گیاه سبب کاهش تحمل گیاه به شوری شود. Manchanda و همکاران (۱۹۸۹) نشان دادند که غلظت بالای منیزیم در محیط ریشه سبب کاهش غلظت کلسیم در ریشه گردیده بود.

Curtin و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که کلسیم قابل استفاده گیاه به کسر مولی کلسیم بستگی دارد. کسر مولی کلسیم، نسبت کلسیم به مجموع کل کاتیونهای کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم است. با افزایش منیزیم، پتاسیم و سدیم این نسبت کاهش و در نتیجه کلسیم قابل استفاده گیاه کاهش می یابد. کلسیم نقش به سزایی در تکامل غشاء سلولی ریشه به عهده دارد و کمبود آن می تواند موجب برهم خوردن وظایف غشاء و نفوذ پذیری آن شده و به تبع آن یونهای سمی سدیم و یا کلر جذب شده و موجب کاهش عملکرد گیاه شود.

این آزمایش به منظور بررسی اثرهای مستقیم و متقابل منیزیم و پتاسیم بر رشد و عملکرد آفتابگردان و درصد روغن دانه در یک خاک شور انجام شد.

مواد و روشها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۸۰ و به منظور بررسی اثرهای متقابل منیزیم و پتاسیم بر رشد و عملکرد آفتابگردان در یک خاک شور (جدول ۱) در یکی از مزارع آفتابگردان بخش قنوات استان قم انجام شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، با ۹ تیمار و در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای به کار گرفته شده عبارت بودند از: سه سطح پتاسیم (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم) و سه سطح منیزیم (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار MgO از منبع سولفات منیزیم).

۶۴۴ متراهم)، درصد آهک به روش تیتراسیون با سود ۱ نرمال، فسفر قابل استفاده به روش السن (احیائی، ۱۳۷۵)، پتاسیم و منیزیم قابل استفاده با روش جایگزینی به وسیله استات آمونیم (احیائی، ۱۳۷۵) و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه گیری گردید. همچنین از آب آبیاری نمونه گیری و تجزیه های شیمیایی بر روی آن انجام شد (احیائی، ۱۳۷۵) (جدول ۲).

پس از انتخاب زمین آزمایش، عملیات خاک ورزی، شامل یک بار شخم عمیق، دو مرتبه دیسک زنی و سپس تسطیح کامل زمین انجام گرفت. قبل از کاشت از خاک سطحی (عمق ۰-۳۰ سانتیمتری) و زیر سطحی (عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری) به طور جداگانه نمونه برداری شده و تجزیه های فیزیکی و شیمیایی معمول بر روی آنها انجام شد. پ-هاش گل اشباع توسط دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دستگاه هدایت سنج مدل

جدول ۱- برخی ویژگی های خاک سطحی و زیر سطحی قبل از کاشت

بافت	Mg _{exch}	K _{avail.}	P _{avail.}	OC (%)	TNV (%)	EC (dS. m ⁻¹)	pH	عمق (cm)
	mg.kg ⁻¹							
لومی رسی	۳۰۰	۲۹۰	۳/۶	۰/۶۲	۲۸	۷/۶	۸/۲	۰-۳۰
لومی رسی	۳۰۵	۲۹۵	۰/۶	۰/۵۰	۳۰	۷/۲	۸/۲	۳۰-۶۰

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیائی آب آبیاری

غلظت (میلی مولار)								pH	EC (dS m ⁻¹)
SAR	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺		
۱۴/۳	۱۴/۰	۵۲/۴	۷/۳	۴۹/۸	۹/۲	۱۳/۸	۰/۳۵	۷/۸	۷/۳

نتایج این آزمایش نشان داد که با مصرف پتاسیم، عملکرد دانه بطور معنی داری در سطح ۵ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به طوری که با افزایش سطح پتاسیم از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K₂O، عملکرد دانه از ۲۴۵۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار K₀ به ۲۸۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار K₁₀₀ افزایش یافت. مصرف منیزیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار MgO، تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه نداشت ولی مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار MgO، سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه در سطح ۵ درصد گردید. بر اساس این نتایج، افزایش مصرف منیزیم، از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار MgO، موجب افزایش عملکرد دانه، به میزان ۳۲۳ کیلوگرم در هکتار گردید (جدول ۳). در سطوح پایین تا متوسط، پتاسیم و منیزیم مصرفی، اثر متقابل مثبت و معنی داری بر عملکرد دانه داشتند. بالاترین عملکرد دانه، مربوط به تیمار K₁₀₀Mg₀ برابر با ۳۶۳۸ کیلوگرم در هکتار و پایین ترین آن مربوط به تیمار K₀Mg₀ برابر با ۲۰۴۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

ب- درصد روغن

مصرف پتاسیم، تاثیر مثبتی بر درصد روغن دانه داشت، به طوری که با افزایش سطح پتاسیم از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K₂O، به طور معنی داری (در سطح ۵ درصد) افزایش یافت (جدول ۳). مصرف منیزیم نیز درصد روغن دانه را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۳). در سطوح پایین و متوسط، پتاسیم و منیزیم مصرفی، اثر متقابل مثبت و معنی داری بر درصد روغن دانه داشتند. بالاترین میانگین درصد روغن دانه مربوط به تیمار K₁₀₀Mg₁₅₀ برابر با ۵۰/۱ درصد و پایین ترین آن مربوط به تیمار K₀Mg₀ برابر با ۴۲/۶ درصد بود (جدول ۳).

در سراسر زمین، به وسیله دستگاه فاروئر، پشته هایی به عرض ۶۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر ایجاد شد. سپس ۲۷ کرت ۳*۴ متر مربعی در سه بلوک ایجاد گردید. مقادیر مورد نیاز عناصر اصلی، بر اساس نتایج تجزیه خاک و مطابق مدل توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) تعیین گردید. کلیه مقادیر پتاسیم، منیزیم، فسفر (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) و نیمی از کود نیتروژن مورد نیاز (۱۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره) قبل از کاشت به روش نواری مصرف گردید. مابقی نیتروژن در زمان به غنچه رفتن به صورت سرک مصرف شد. پس از کوددهی، بذر آفتابگردان، رقم رکورد، به صورت دستی، با تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار، با فاصله ۶۰*۲۰ سانتیمتر کشت گردید.

در طول دوره رشد، مراقبتهای زراعی لازم از جمله وجین علفهای هرز و آبیاری زمین صورت گرفت. شصت روز پس از کاشت، از هر کرت نمونه برگ تهیه شده و غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر برگ، بر اساس روشهای معمول آزمایشگاهی (امامی، ۱۳۷۵) اندازه گیری شد. همچنین در پایان دوره رشد، علاوه بر تعیین عملکرد، درصد روغن دانه به وسیله دستگاه NMR (تشدید مغناطیسی هسته) اندازه گیری گردید. سپس به کمک نرم افزارهای SAS، MSTATC و EXCEL تجزیه و تحلیل های آماری انجام شد.

نتایج

الف- عملکرد دانه

جدول ۳- اثر تیمارهای مختلف پتاسیم و منیزیم بر میانگین عملکرد و درصد روغن دانه آفتابگردان*

میانگین	سطوح MgO (kg ha ⁻¹)			سطوح K ₂ O (kg ha ⁻¹)
	۱۵۰	۷۵	صفر	
عملکرد دانه				
۲۴۵۴ ^b	۲۹۶۵ ^c	۲۳۵۴ ^g	۲۰۴۳ ^h	صفر
۲۷۷۴ ^a	۳۱۹۴ ^b	۲۷۸۴ ^d	۲۳۴۵ ^g	۵۰
۲۸۳۰ ^a	۲۳۹۹ ^f	۲۴۵۰ ^e	۳۶۳۸ ^a	۱۰۰
	۲۸۵۲ ^a	۲۵۲۹ ^b	۲۶۷۵ ^b	میانگین
درصد روغن دانه				
۳۶/۳ ^b	۳۸/۲ ^c	۳۸/۱ ^c	۳۲/۶ ^e	صفر
۴۷/۸ ^a	۴۸/۳ ^c	۴۹/۴ ^b	۳۵/۸ ^d	۵۰
۴۸/۱ ^a	۵۰/۱ ^a	۴۸/۳ ^c	۳۵/۹ ^d	۱۰۰
	۴۸/۹ ^a	۴۸/۶ ^a	۳۴/۸ ^b	میانگین

* در هر ستون، میانگین های با حروف مشابه، از لحاظ آماری، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند

جدول ۴- اثرهای متقابل پتاسیم و منیزیم بر میانگین ارتفاع، قطر طبق و وزن هزار دانه آفتابگردان*

میانگین	سطوح MgO (kg ha ⁻¹)			سطوح K ₂ O (kg ha ⁻¹)
	۱۵۰	۷۵	صفر	
ارتفاع (سانتیمتر)				
۱۲۲ ^b	۱۳۵ ^b	۱۱۷ ^f	۱۱۳ ^g	صفر
۱۲۸ ^a	۱۲۶ ^d	۱۲۹ ^e	۱۲۸ ^c	۵۰
۱۲۰ ^b	۱۰۸ ^h	۱۱۴ ^g	۱۳۸ ^a	۱۰۰
	۱۲۳ ^b	۱۲۰ ^c	۱۲۶ ^a	میانگین
قطر طبق (سانتیمتر)				
۱۵/۹ ^b	۱۸/۳ ^a	۱۵/۳ ^d	۱۴/۰ ^f	صفر
۱۵/۶ ^b	۱۶/۳ ^c	۱۵/۱ ^e	۱۵/۵ ^d	۵۰
۱۶/۸ ^a	۱۵/۷ ^d	۱۶/۸ ^b	۱۷/۸ ^a	۱۰۰
	۱۶/۸ ^a	۱۵/۷ ^b	۱۵/۸ ^b	میانگین
وزن هزار دانه (گرم)				
۷۴/۸ ^c	۸۵/۱ ^a	۷۴/۸ ^d	۶۴/۴ ^e	صفر
۸۱/۳ ^a	۸۱/۹ ^b	۸۲/۳ ^b	۷۹/۷ ^c	۵۰
۷۷/۷ ^b	۷۳/۵ ^d	۷۹/۳ ^c	۸۰/۳ ^c	۱۰۰
	۸۰/۶ ^a	۷۸/۸ ^b	۷۴/۸ ^c	میانگین

* در هر ستون، میانگین های با حروف مشابه، از لحاظ آماری، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند

ج- شاخصهای رشد

اثر متقابل مثبت و معنی داری بر ارتفاع بوته، قطر طبق و وزن هزار دانه داشتند (جدول ۴).

د- غلظت عناصر در برگ

پتاسیم

با مصرف پتاسیم، غلظت پتاسیم برگ کاهش یافت. مصرف منیزیم، غلظت پتاسیم برگ را به طور

مطابق نتایج به دست آمده، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار K₂O، افزایش و با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم K₂O در هکتار، کاهش یافت (جدول ۴). با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K₂O، قطر طبق به طور معنی داری افزایش یافت. مصرف منیزیم سبب افزایش وزن هزار دانه و قطر طبق و کاهش ارتفاع بوته شد. در سطوح پایین تا متوسط، پتاسیم و منیزیم مصرفی،

داری از لحاظ تاثیر بر غلظت کلر برگ مشاهده گردید (جدول ۵).

معنی داری افزایش داد. منیزیم و پتاسیم مصرفی، اثر متقابل مثبت بر غلظت پتاسیم برگ، داشتند (جدول ۵).

کلسیم و منیزیم

بر اساس نتایج این آزمایش، مصرف پتاسیم، تاثیر معنی داری بر غلظت کلسیم و منیزیم در برگ نداشت. منیزیم مصرفی تا سطح ۷۵ کیلوگرم درهکتار MgO، سبب افزایش، و در سطوح بالاتر موجب کاهش غلظت کلسیم برگ گردید. همچنین مصرف منیزیم، تاثیری بر غلظت منیزیم برگ نداشت (جدول ۵).

سدیم

نتایج این آزمایش نشان داد مصرف ۵۰ کیلوگرم درهکتار K₂O باعث کاهش غلظت سدیم برگ شد اما مصرف مقدار بیشتر پتاسیم سبب افزایش غلظت سدیم برگ شد. مصرف منیزیم باعث افزایش غلظت سدیم برگ گردید. همچنین یک برهمکنش منفی و معنی دار بین مصرف پتاسیم و منیزیم از لحاظ تاثیر بر غلظت سدیم برگ مشاهده شد (جدول ۵).

کلر

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، مصرف منیزیم و پتاسیم موجب افزایش غلظت کلر برگ گردید. بین منیزیم و پتاسیم مصرفی، برهمکنش مثبت و معنی

نسبت کلسیم به سدیم (Ca/Na)

با افزایش پتاسیم مصرفی، نسبت کلسیم به سدیم برگ، افزایش معنی داری (در سطح ۵ درصد) یافت، در حالی که مصرف منیزیم سبب کاهش این نسبت در برگ گردید. تا سطح ۷۵ کیلوگرم درهکتار MgO، پتاسیم و منیزیم، اثر متقابل مثبت و معنی داری بر نسبت کلسیم به سدیم برگ داشتند. حال آن که پایین ترین نسبت کلسیم به سدیم، مربوط به تیمار K₁₀₀Mg₁₅₀ بود (جدول ۵).

نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)

با افزایش مصرف پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم برگ، افزایش معنی داری یافت. مصرف منیزیم، موجب کاهش نسبت فوق گردید. تا سطح ۷۵ کیلوگرم درهکتار MgO، منیزیم و پتاسیم، اثر متقابل مثبت و معنی داری بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ داشتند، در حالی که در بالاترین مقدار پتاسیم و منیزیم (K₁₀₀Mg₁₅₀) این برهمکنش منفی بود و نسبت پتاسیم به سدیم در پایین ترین میزان خود نسبت به سایر تیمارها قرار داشت (جدول ۵).

جدول ۵- اثرهای متقابل پتاسیم و منیزیم بر غلظت پتاسیم، منیزیم، کلسیم، سدیم و کلر و نسبت های کلسیم به سدیم (Ca/Na) و

پتاسیم به سدیم (K/Na) در برگ آفتابگردان*

	سطوح MgO (kg ha ⁻¹)			سطوح K ₂ O (kg ha ⁻¹)
میانگین	۱۵۰	۷۵	صفر	
	غلظت پتاسیم (درصد ماده خشک)			
a _{۵/۳۳}	b _{۵/۸۲}	b _{۵/۶۰}	c _{۴/۵۶}	صفر
b _{۴/۹۲}	b _{۵/۸۰}	c _{۴/۵۳}	c _{۴/۴۲}	۵۰
b _{۵/۰۲}	a _{۶/۶۶}	d _{۳/۵۷}	c _{۴/۸۴}	۱۰۰
	a _{۶/۰۶}	b _{۴/۵۶}	b _{۴/۶۱}	میانگین
	غلظت منیزیم (درصد ماده خشک)			
a _{۰/۴۱}	b _{۰/۴۳}	d _{۰/۳۸}	b _{۰/۴۳}	صفر
a _{۰/۴۴}	a _{۰/۴۵}	ab _{۰/۴۴}	ab _{۰/۴۴}	۵۰
a _{۰/۴۴}	c _{۰/۴۱}	a _{۰/۴۷}	b _{۰/۴۳}	۱۰۰
	a _{۰/۴۳}	a _{۰/۴۳}	a _{۰/۴۳}	میانگین
	غلظت کلسیم (درصد ماده خشک)			
a _{۱/۹۰}	c _{۱/۹۵}	d _{۱/۷۸}	c _{۱/۹۸}	صفر
a _{۲/۱۰}	d _{۱/۸۵}	c _{۲/۰۳}	b _{۲/۴۳}	۵۰
a _{۲/۰۷}	c _{۲/۰۸}	a _{۲/۰۸}	e _{۱/۵۵}	۱۰۰
	b _{۱/۹۶}	a _{۲/۱۳}	b _{۱/۹۹}	میانگین
	غلظت سدیم (درصد ماده خشک)			

a ۰/۲۵	b ۰/۲۹	c ۰/۲۴	c ۰/۲۱	صفر
b ۰/۱۴	d ۰/۱۲	d ۰/۱۶	d ۰/۱۵	۵۰
b ۰/۱۹	a ۰/۴۲	e ۰/۰۹	e ۰/۰۵	۱۰۰
	a ۰/۲۸	b ۰/۱۶	b ۰/۱۴	میانگین
	غلظت کلر (درصد ماده خشک)			
b ۱/۹۸	e ۱/۹۹	f ۱/۸۰	e ۲/۱۴	صفر
a ۲/۴۱	b ۲/۶۷	c ۲/۴۷	e ۲/۱۰	۵۰

ادامه جدول

$d_{2/59}$	$a_{3/12}$	$d_{2/28}$	$d_{2/35}$	۱۰۰
	$a_{2/60}$	$b_{2/18}$	$b_{2/20}$	میانگین
	نسبت کلسیم به سدیم (Ca/Na)			
$c_{7/8}$	$f_{6/6}$	$f_{7/5}$	$e_{9/4}$	صفر
$b_{15/1}$	$c_{16/8}$	$d_{12/7}$	$c_{15/8}$	۵۰
$a_{20/3}$	$g_{4/9}$	$b_{26/7}$	$a_{29/2}$	۱۰۰
	$c_{9/4}$	$b_{15/6}$	$a_{18/1}$	میانگین
	نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)			
$c_{21/9}$	$f_{19/8}$	$e_{23/7}$	$e_{22/2}$	صفر
$b_{36/7}$	$c_{53/0}$	$d_{28/30}$	$d_{28/9}$	۵۰
$a_{48/0}$	$g_{15/7}$	$b_{37/0}$	$a_{91/4}$	۱۰۰
	$b_{32/8}$	$c_{29/7}$	$a_{47/5}$	میانگین

* در هر ستون، میانگین های با حروف مشابه، از لحاظ آماری، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند

تیمار فوق (Mg_{150}) بیشتر از تیمار Mg_{75} بود. احتمال می رود در سطح ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار MgO ، با افزایش

پتاسیم و منیزیم خاک، کسر مولی کلسیم در گیاه کاهش یافته و این امر سبب کمبود کلسیم در گیاه شده است. یکی از عوامل تعیین کننده قابلیت استفاده کلسیم خاک و گیاه، نسبت کلسیم به مجموع کل کاتیونها می باشد. در مواقعی که این نسبت کاهش می یابد، با وجود مقدار کافی کلسیم، کمبود آن در گیاه به وجود می آید. Curtin و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که کسر مولی کلسیم شاخص مهمی در تعیین قابلیت استفاده کلسیم در گیاه می باشد. کلسیم نقش به سزایی در تکامل غشاء سلولی ریشه داشته و کمبود آن باعث جذب بیشتر سدیم و بالا رفتن غلظت سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد محصول می شود (Curtin و همکاران، ۱۹۹۳). در این آزمایش، احتمال می رود کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در تیمارهای $K_{100} Mg_{150}$ و $K_{100} Mg_{75}$ به دلیل کمبود کلسیم ناشی از غلظت بالای پتاسیم و منیزیم باشد. در شرایطی که مصرف ۵۰ کیلوگرم درهکتار K_2O با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم موجب افزایش عملکرد دانه شده است، اما در سطوح بالاتر پتاسیم مصرفی، کسر مولی کلسیم در گیاه کاهش یافته و در نتیجه کمبود کلسیم ایجاد شده است. نتایج تجزیه خاک در انتهای فصل رشد نشان داد که غلظت پتاسیم و منیزیم خاک در تیمار $K_{100} Mg_{150}$ به مراتب بالاتر از سایر تیمارها بود (نتایج ارائه نشده است).

مصرف منیزیم موجب افزایش درصد روغن دانه گردید. مصرف پتاسیم نیز موجب افزایش روغن دانه شده و یک برهمکنش مثبت و معنی دار، بین منیزیم و پتاسیم در افزایش در صد روغن مشاهده گردید. نقش منیزیم و

بحث

در سطح صفر منیزیم، مصرف کود پتاسیم موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه، متناسب با میزان پتاسیم مصرفی گردید (جدول ۳). این مساله، احتمالاً نشانگر آن است که پتاسیم نقش به سزایی در افزایش تحمل آفتابگردان در برابر شوری دارد. نتایج تحقیقات متعدد نشان می دهد پتاسیم در تنظیم فشار اسمزی گیاه و بهبود وضعیت نفوذپذیری غشاء سلولی ریشه مؤثر بوده و موجب افزایش تحمل به شوری گیاه می شود (Marschner, ۱۹۹۵). به نظر می رسد، افزایش پتاسیم تا سطح ۷۵ کیلوگرم درهکتار MgO ، ضریب انتخاب پذیری پتاسیم به سدیم را افزایش داده و این امر سبب افزایش جذب پتاسیم و کاهش اثرهای زیان آور سدیم و در نهایت بهبود رشد گیاه گردیده است (جدول ۳). در شرایط شور، غلظت بالای سدیم، موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم، و در نتیجه کمبود پتاسیم در گیاه می گردد. لذا مصرف پتاسیم میزان تحمل به شوری گیاه و عملکرد دانه را افزایش می دهد (خوشگفتارمنش و سیادت، ۱۳۸۱؛ نائینی، ۱۳۷۵). در همین ارتباط، نتایج برخی محققان نشان داده است که افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در محیط، باعث بهبود رشد آفتابگردان و ذرت گردید (Benlloch و همکاران، ۱۹۹۴؛ Bar-tal و همکاران، ۱۹۹۱).

در سطح ۷۵ کیلوگرم درهکتار MgO ، با مصرف ۵۰ کیلوگرم درهکتار K_2O ، عملکرد دانه افزایش یافته ولی مصرف ۱۰۰ کیلوگرم K_2O در هکتار، موجب کاهش عملکرد گردید (جدول ۳). همین وضعیت در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار MgO مشاهده شد، با این تفاوت که میانگین عملکردهای دانه در سطوح مختلف پتاسیم، در

Kene و همکاران، ۱۹۹۰).

پتاسیم در افزایش درصد روغن آفتابگردان قبلا گزارش شده است (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹؛ سالاردینی، ۱۳۷۱؛

فهرست منابع

۱. آلیاری، هوشنگ، فریبرز شکاری، و فرهاد شکاری. ۱۳۷۹. دانه های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی . تبریز. ۱۸۲ صفحه.
۲. احيائي، م. ع. ۱۳۷۵. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک، نشریه ۱۰۲۴، مؤسسه تحقیقات خاک وآب، ۱۵۰ صفحه
۳. امامی، عاکفه. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه، جلد اول. نشریه ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک وآب، ۱۳۰ صفحه.
۴. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۷۸. وزارت کشاورزی، اردیبهشت ماه ۱۳۷۶، ۳۵۰ صفحه.
۵. خوشگفتارمنش، امیرحسین، و حمید سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور، مرکز نشر و آموزش کشاورزی، کرج، ایران. ۸۷ صفحه.
۶. سالاردینی، علی اکبر. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۴۱ صفحه.
۷. ملکوتی، م. ج.، و غیبی، م. ن. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه ومیوه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش وتجهیز نیروی انسانی، نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۱۰۵ صفحه.
۸. نائینی، محمد رضا. ۱۳۷۵. اثر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر الگوی رشد، عناصر معدنی و قندهای محلول سه رقم تجارتي انار و تعیین مقاومت نسبی آنها به شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ۱۰۶ صفحه.
9. Bar-tal A., S. Feigenbaum, and D. L. Sparks. 1991. Potassium-salinity interactions in irrigated corn. *Irrig. Sci.* 12:27-35.
10. Benloch, M., M. A. Ojeda, and A. Rodriguez-Navarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. *Plant Soil* 166:117-123.
11. Cramer, R., Y. Haly, A. Lauchli, and E. Epstein 1987. Influx of Na^+ , K^+ , Ca^{++} into roots of salt-stressed cotton seedling. *J. Plant Physiol.* 2(2) :510-516.
12. Curtin, D., H. Steppuhn, and F. Selles. 1993. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. *Soil Sci. Soc. Am.* 57. : 1304-1310.
13. Delgado, I.C., and A.J. Sanchez-Raya. 1999. Physiological response of seedling sunflower to salinity and K sources, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30(5-6):773-783.
14. Hu, Y., J. Oertli, and U. Schmidhalter. 1997. Interactive effect of salinity and macronutrient level on wheat .II. Growth . *J. Plant Nutr.* 20(9):1155-1168.
15. Hu, Y. and U. Schmidhalter. 1997. Interactive effect of salinity and macronutrient level on wheat .I.Composition. *J. Plant Nutr.* 20(9):1169-1182.
16. Kene, H. K., S.T. Wankhade, and B.N. Sagare. 1990. Influence of nutrients spray on yield and oil content of sunflower. *Annals Plant Physiol.* 4(2):246-248.
17. Manchanda, H.R., and S.K. Sharma. 1989. Tolerance of chloride and sulfate salinity in chickpea (*Cicer arietinum*). *J. Agric. Sci.* 113. : 407-410.
18. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 889 pp.
19. Sepaskhah, A.R., and M. Maftoun. 1988. Relative salt tolerance of pistachio cultivars. *J. Hort. Sci.* 63(1):157-162.

Interactive Effects of Potassium and Magnesium on Growth and Yield of Sunflower in a Saline Soil

M.H. Mirzapour, A.H. Khoshgoftar, S.K. Mirnia,
H.A. Bahrami and M.R. Naeini¹

Abstract

Extensive areas of sunflower production lands are salt-affected in Qom Province, Iran. Optimum use of chemical fertilizers is necessary for increasing yield and oil seed content. During spring 2001, a field experiment was conducted to investigate the effect of potassium and magnesium and their interaction on growth and yield of sunflower (variety Record) in a saline soil. The treatments consisted of three potassium rates (0, 50 and 100 kg, K₂O ha⁻¹) and three magnesium rates (0, 75 and 150 kg, MgO ha⁻¹) in a split plot experiment with a randomized complete blocks design and three replicates. Seeds of sunflower were planted in 3 × m plots, and 20 × cm spacing. A uniform amount of nitrogen and phosphorus fertilizers (based on soil analysis) as well as the fertilizer treatments were applied in rows. At harvest, seed yield, plant height, head diameter, 1000 seed weight, oil seed content, as well as the concentrations of mineral elements (N, P, K, Ca, Mg, Na and Cl) were determined in sunflower leaves. Results showed that increasing K application significantly enhanced yield and oil seed content ($p > 0.05$). Application of MgO up to 75 kg ha⁻¹ level, decreased seed yield, but increased oil seed content; whereas 150 kg MgO ha⁻¹ treatment increased seed yield and oil content. In low and middle rates, K and Mg had a positive and significant interaction on the seed yield, plant height, 1000-seed weight and oil seed content. The highest (3638 kg ha⁻¹) and lowest (2043 kg ha⁻¹) yields were related to K₁₀₀Mg₀ and K₀Mg₀ treatments, respectively. Also, K and Mg had a positive and significant interactive effect on K/Na, Mg/Na and Ca/Na ratios in the leaf. Application of K decreased Na concentration in the leaf and, as a result, increased plant tolerance to salinity. The use of Mg-fertilizer increased yield and oil content of seeds, even though its role in the increase of the yield was less important than potassium.

Keywords: Sunflower, Potassium, Magnesium, Salinity, Yield, Seed oil content

¹ Former MS student at Tarbiat Modarres Univ., Ph.D. student at Isfahan Univ. of Technology, Members of Sci. Board at Tarbiat Modarres Univ., and Member of Sci. Board at Water and Soil Research Unit of Qom Province, respectively.