مجله بوم شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۰ شماره ۴ (زمستان ۹۳)
صفحات ۲۵ – ۱۱

اثر پتاسیم و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم

امین عباسی مقدم*
دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات اردبیل
اردبیل، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
aam66_2006@yahoo.com
* مسول مکاتبات

علی عبادی
دانشیار گروه زراعت
دانشکده کشاورزی
دانشگاه محقق اردبیلی
اردبیل، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
ebadi_ali2000@yahoo.com

حسین شهبازی
استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل
اردبیل، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
hshahbazy@gmail.com

چکیده به منظور تعیین اثر مقادیر مختلف پتاسیم و روی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل پتاسیم در چهار سطح ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار و روی در سه سطح ۰، ۳ و ۶ در هزار بودند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، میزان کلروفیل a، b و کل، محتوی رطوبت نسبی برگ، پایداری غشای سلولی و پتانسیل اسمزی بودند. کاربرد پتاسیم و روی موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد به طوری‌که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و محلول‌پاشی ۶ در هزار روی به دست آمد. همچنین حداکثر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در بوته، کلروفیل a، b و کلروفیل کل و رطوبت نسبی برگ، پایداری غشای سلولی و پایین‌ترین پتانسیل اسمزی به تیمار ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و تیمار ۶ در هزار روی اختصاص یافت. کاربرد روی و پتاسیم موجب بهبود شاخص‌های تحمل به تنش و کاهش آسیب‌های ناشی از تنش خشکی شده و عملکرد را افزایش داد.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹۰**
تاریخ دریافت: **۹۳/۰۲/۱۲**
تاریخ پذیرش: **۹۳/۰۹/۲۷**

واژه‌های کلیدی:
- **پایداری غشای سلول**
- **پتانسیل اسمزی**
- **رنگدانه‌های فتوسنتزی**
- **عناصر غذایی**
- **کم آبی**
- **محتوی رطوبت نسبی برگ**

مقدمه نخود سومین حبوبات مهم دنیا با تولید جهانی معادل ۸ میلیون تن می‌باشد. این مقدار تولید از سطحی معادل ۱۰/۳۵ میلیون هکتار با عملکرد متوسط ۷۷۳ کیلوگرم به دست می‌آید.[۲۹] نخود میزان پروتیین قابل هضم بالایی داشته و نسبت به سایر حبوبات از نظر فسفر و کلسیم غنی می‌باشد. در نقاطی که غلات غذای اصلی را تشکیل می‌دهد، استفاده از حبوبات از جمله نخود ارزش جیره‌های غذایی را به همراه غلات افزایش می‌دهد.[۳۶] حدود ۹۰٪ کشت نخود در سطح جهان به صورت دیم انجام می‌گیرد و بیشتر کشورهای تولیدکننده آن در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. ایران نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای تولید کننده این محصول با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال جزو مناطق خشک طبقه‌بندی می‌شود و حدود ۹۶٪ سطح زیر کشت نخود در ایران را اراضی دیم تشکیل می‌دهد.[۳۵] مدیریت صحیح شرایط و عوامل محیطی برای حداکثر استفاده از منبع رطوبتی در تولید دیم گیاهان زراعی از جمله نخود اهمیت دارد.[۶] پتاسیم مانند نیتروژن و فسفر جزو عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاه می‌باشد. به طور کلی، پتاسیم قابل دسترس خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه هنگامی که رس غالب آن‌ها ایلیت[1] باشد در حد متوسط تا زیاد است. با وجود این، آن قسمت از کل پتاسیم موجود در خاک که به صورت قابل تبادل یا قابل استفاده گیاه باشد، ناچیز است. به رغم نیاز فراوان محصولات زراعی به پتاسیم که گاهی بیشتر از مقدار نیتروژن می‌باشد، اما کودهای پتاسیمی مصرف نمی‌شوند. این وضع در حالی است که در کشورهای پیشرفته، نسبت نیتروژن به پتاسیم مصرفی تقریباً نزدیک به ۱ است.[۲۹] پتاسیم در شرایط دیم و کمبود آب با تنظیم میزان باز و بسته شدن روزنه‌ها باعث بهبود این شرایط و کارایی مصرف آب می‌شود.[۴۵] *منگان و فلوگر (۱۹۶۹)* بیان داشتند که در شرایط کمبود رطوبت مصرف پتاسیم عملکرد را افزایش می‌دهد، زیرا تجمع پتاسیم در آوندهای چوبی، پتانسیل اسمزی شیره خام را کاهش می‌دهد.[۲۵] پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر پر مصرف است و اثر آن بر فتوسنتز، بالا بردن بازده آبیاری و تشدید فعالیت‌های ریزوبیوم تثبیت کننده نیتروژن اثبات شده است.[۱۲] گزارش شده است که مصرف پتاسیم عملکرد کلزا را تحت شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی ۲۵-۱۵٪ افزایش داد.[۳۸] *سینگ و کوهد (۲۰۰۵)* در یک آزمایش در شرایط تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که تنش آبی منجر به کاهش چشمگیر تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن غلاف و وزن دانه در بوته نخود گردید اما با افزایش سطوح پتاسیم افزایش عملکرد دیده شد.[۴۰] افزایش جذب پتاسیم باعث اثر مثبت در فتوسنتز، افزایش رشد و شاخص سطح برگ، افزایش سنتز کلروفیل a و b مهم‌ترین مسأله در هنگام تنش آب یعنی افزایش جذب آب و به وجود آوردن شرایط داخلی مناسب از طریق تنظیم فشار اسمزی و همچنین کاهش تعریق می‌گردد.[۳۳] *عابدی بابا عربی و همکاران (۲۰۱۱)* بیان داشت محلول‌پاشی روی و پتاسیم بر میزان کلروفیل a در مرحله رشد رویشی و مرحله گلدهی و گرده افشانی در شرایط کم آبی اثر دارد.[۱] محلول پاشی روی و پتاسیم در نمونه‌گیری مرحله پر شدن دانه گلرنگ به ترتیب ۹/۳۱ و ۱۳/۶۴٪ افزایش در کلروفیل b را سبب شد. پتاسیم اثر قابل توجهی در فعال‌سازی آنزیم‌ها، فتوسنتز، تنظیم اسمزی دارد.[۲۱] گیاهانی که با پتاسیم تغذیه می‌شوند پتانسیل آب برگ بالاتر، پتانسیل تورگر[2] و پتانسیل اسمزی[3] پایین‌تر نسبت به بدون استفاده از پتاسیم دارند.[۲۷] *ایگلا و همکاران (۲۰۰۵)* نشان دادند که مصرف مقدار کافی از کود پتاسیم در مقایسه با شرایط کمبود

[1] illite

[2] turgor potential
[3] osmotic potential

پتاسیم محتوای رطوبت برگ و روابط آبی گیاه را با کاهش پتانسیل اسمزی در بامیه بهبود بخشید و منجر به پایداری میزان فتوسنتز خالص، تعرق و هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی و شرایط عاری از تنش شد.[۱۱]

روی از عناصر کم‌مصرف ضروری برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان زراعی است[۳] و در سنتز پروتیین‌ها و هورمون گیاهی اکسین به کار می‌رود.[۴۲] این عنصر از عناصری است که یا به عنوان یک جزء فلزی آنزیم‌های مختلف و یا به عنوان یک کوفاکتورعاملی، ساختاری یا تنظیمی عمل می‌کند و بنابراین با متابولیسم ساکارید، فتوسنتز و سنتز پروتیین رابطه دارد.[۲۱] *گالسر و همکاران (۲۰۰۴)* با بررسی اثر مقادیر مختلف عنصر روی بر عدس مشاهده کردند که افزایش مصرف روی، عملکرد ارقام عدس هم افزایش یافت به طوری که حداکثر عملکرد دانه با مصرف حداکثر مقدار روی و حداقل عملکرد دانه نیز با عدم مصرف روی به دست آمد.[۱۴] *ویسانی (۲۰۱۰)* با بررسی اثر روی بر برخی خصوصیات مورفولوژریک و فیزیولوژیک سویا نشان داد که کاربرد کود روی باعث افزایش وزن‌تر و خشک برگ و ساقه، محتوی کلروفیل، پایداری غشای سلولی و محتوی نسبی آب برگ تحت شرایط تنش خشکی گردید.اثر کود روی بر پایداری غشا در گندم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش کود روی پایداری غشا افزایش یافت.[۴۸] *ازوز و همکاران (۲۰۱۱)* گزارش کردند که با مصرف سطوح پایین روی، محتوی کلروفیل نسبت به شاهد افزایش یافت. مصرف ۵ میلی‌مول کود روی میزان کلروفیل a و b را افزایش داد همچنین بالاترین شاخص پایداری غشا (۷۶٪) با مصرف ۵ میلی‌مول روی افزایش یافت.[۵] با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در مناطق خشک و نیمه خشک همواره محصولات زراعی در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، بنابراین کاربرد روش‌هایی که بتواند موجب تحمل گیاه به تنش شود اهمیت زیادی دارد.

هدف از این پژوهش تعیین اثر روی و پتاسیم بر عملکرد و میزان تحمل به تنش در گیاه نخود بود.

مواد و روش‌ها این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل به اجرا درآمد. ارتفاع محل اجرای آزمایش از سطح دریا ۱۳۵۰ متر و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۸/۲ شرقی و ۳۸/۱۵ شمالی می‌باشد. میانگین بارندگی سال ۱۳۹۰ حدود ۲۵۶ میلی‌متر بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که در آن تیمارها شامل سه سطح پتاسیم ۹۰،۶۰،۳۰ کیلوگرم در هکتار و دو سطح روی ۳ و ۶ در هزار بودند. در این آزمایش از کود سولفات پتاسیم و کود مایع زینک[1] استفاده گردید. هر کرت دارای هفت خط کاشت به طول ۳ متر بود و دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.به منظور تعیین برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، نمونه برداری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری و به روش مرکب و با رعایت ۱ متر فاصله حاشیه انجام گرفت (جدول ۱). عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل فروردین ماه انجام گرفت و عملیات کاشت با دست به صورت ردیفی انجام شد. بذور قبل از کاشت با سم کاربوکسین‌تیرام[2] ضدعفونی و در عمق تقریبی ۵ سانتی‌متر کاشته شد. کود فسفات آمونیوم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هنگام کاشت در کنار ردیف‌های کاشت مصرف گردید. کود سولفات پتاسیم همزمان با قرار دادن بذور نخود در شیارها و کود روی در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی به صورت محلول‌پاشی مصرف گردید.

[1] liquid zinc chelate
[2] Carboxin + Thiram

عملیات مبارزه با علف‌های هرز طی دو نوبت با وجین دستی صورت گرفت. مقادیر کود با توجه به آزمایش خاک، نیاز گیاه و بررسی منابع انتخاب شدند.

برای تعیین عملکرد دانه نمونه‌برداری بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای از ۱ متر مربع از وسط هر کرت صورت گرفت. سپس بذور از غلاف جدا و توزین شد. برای تعیین اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و میانگین آن‌ها محاسبه شد و سپس فاکتورهای مربوط به هر کرت اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک پس از حذف اثر حاشیه‌ای از ۱ متر مربع از وسط هر کرت، بوته‌ها کف بر شدند و وزن خشک آن‌ها به وسیله ترازو وزن شدند. شاخص برداشت با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

شاخص برداشت = (عملکرد اقتصادی /عملکرد بیولوژیک) × ۱۰۰

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کل از روش *آرنون (۱۹۶۷)* استفاده شد.[۴] همچنین میزان پایداری غشای سلولی[1] بر اساس آزمایش *سانوکا و همکاران (۲۰۰۴)* اندازه‌گیری شد.[۳۶]

به منظور تعیین محتوی آب نسبی برگ[2] از معادله زیر استفاده گردید:

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

که در آن FW وزن تر[3]، DW وزن خشک[4] و TW[5] وزن آماس بود.

محتوی رطوبت نسبی قبل از ظهر و در حدود یک هفته قبل از برداشت صورت گرفت. تعدادی برگ کاملاً توسعه یافته از انتهای ساقه اصلی (برگ سوم از انتها) برداشت و با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شد و به عنوان وزن تر منظور شد. سپس نمونه‌ها در داخل آب غوطه‌ور گردید و وزن آماس آن‌ها به دست آمد. جهت تعیین وزن خشک نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در خشک‌کن الکتریکی ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

برای تعیین پتانسیل اسمزی نمونه‌هایی از برگ‌های کاملاً توسعه یافته تهیه شد. یک گرم برگ در هاون کوبیده شد. مقدار ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه و هدایت الکتریکی آن توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری گردید. نمونه دیگری داخل آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس با استفاده از روابط زیر پتانسیل اسمزی محاسبه گردید:

$$\text{Osmotic Potential} = \frac{EC \times 0.36 \times d_f}{0.987}$$

$$d_f = \frac{1g \times 25ml}{water\ availability\ in\ one\ gram\ tissue}$$

که در آن EC هدایت الکتریکی[6] بر حسب میلی‌موس بر سانتی‌متر و d_f فاکتور رقیق‌سازی[7] می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده در بررسی صفات، با نرم‌افزار SAS ver. 9 انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر پتاسیم و روی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون مصرف پتاسیم برابر ۲۱۷/۹۸ گرم در متر مربع بود که با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم عملکرد دانه به ۳۳۲/۴۲ گرم در متر مربع رسید؛ بیشترین میزان عملکرد دانه از مصرف ۶ در هزار روی به

[1] membrane stability index (MSI)
[2] relative water content(RWC)
[3] fresh weight (FW)
[4] dry weight (DW)
[5] turgid weight (TW)

[6] electrical conductivity (EC)
[7] dilution factor

جدول۱ – برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Soil characteristics of the experimental farm

Soil Texture	Clay (%)	Silt (%)	N (%)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	O.C. (%)	EC (dS/m)	pH
Loam	26	36	0.035	0.38	6.72	0.56	8.65	116	7.6	0.19	1.9	7.6

دست آمد و کمترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد بود. پتاسیم منجر به افزایش کارایی مصرف آب، بهبود شرایط رشد گیاه و تقسیم سلولی و ساخت هیدروکربن‌ها و پروتیین‌ها و انتقال سریع آن به طرف دانه می‌شود که این امر موجب افزایش وزن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌گردد.[۹] روی بر باروری دانه گرده اثرگذار است، استفاده از روی قبل از گرده‌افشانی اثر مثبت بر گرده افشانی داشته، تعداد غلاف را در بوته و تعداد دانه در بوته و در نتیجه عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. *والنسیانو و همکاران (۲۰۱۰)* نیز به این مسأله اشاره نموده‌اند.[۴۶]

عملکرد بیولوژیک

مصرف پتاسیم و روی برعملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک برابر ۷۹۷/۴۵ گرم در متر مربع با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم به دست آمد و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک مربوط به عدم مصرف پتاسیم بود. سطوح مختلف کاربرد روی نیز در افزایش عملکرد بیولوژیک اثر معنی‌داری داشت به طوری که بیشترین افزایش زیست توده مربوط به مصرف ۶ در هزار روی و کمترین مقدار زیست توده مربوط به شاهد بود.

کمبود پتاسیم در خاک بر اجزای عملکرد اثر منفی دارد که این امر به دلیل نقش مهم یون پتاسیم در انتقال مواد پرورده حاصل از فتوسنتز جاری و مواد پرورده ذخیره‌ای در اندام‌های گیاهی طی انتقال مجدد در شرایط تنش می‌باشد.[۳۴] *می‌وسی و همکاران (۱۹۹۸)* با مصرف ۱۰ کیلوگرم کود عملکرد بیولوژیک و دانه نخود را افزایش دادند.[۲۶] همچنین *خان و همکاران (۱۹۹۸)* روی ۱۳ رقم نخود تحقیق و روی را سبب افزایش ماده خشک و بخش‌های هوایی اعلام کردند.[۱۸] با توجه به نقشی که روی در سنتز پروتیین و اثر این ماده در فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه دارد، اثر روی در افزایش وزن خشک اندام هوایی قابل توجیه است.[۱۶]

شاخص برداشت

شاخص برداشت با مصرف پتاسیم و روی افزایش معنی داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. بیشترین شاخص برداشت معادل ۵۱٪ مربوط ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مربوط بود و کمترین شاخص برداشت (۳۹٪) از تیمار شاهد به دست آمد. میانگین شاخص برداشت در عدم مصرف روی برابر ۰/۳۹ بود که به عدد ۰/۴۷ در مصرف ۶ در هزار افزایش یافت. پتاسیم باعث افزایش کارایی کربوکسیلاسیون در شرایط کمبود آب می‌گردد و این امر موجب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی می‌شود.[۲۱] در مطالعات *نواب و زاد (۲۰۰۳)* با مصرف کود پتاسیم شاخص برداشت و عملکرد دانه تحت اثر قرار گرفت.[۲۸] *سبحانی (۲۰۰۴)* نیز در بررسی اثرات تنش کم آبی و کاربرد پتاسیم در سیب‌زمینی افزایش شاخص برداشت را گزارش نمود.[۴۱] روی از طریق بهبود فعالیت کاتالیزورها و افزایش دانه باعث افزایش عملکرد می‌شود. همچنین روی نقش مستقیم در فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک دارد که مجموع این عوامل باعث بهبود شاخص برداشت می‌گردد.[۲۳] *والنسیانو و همکاران (۲۰۱۰)* اعلام کردند که با مصرف کود روی در

نخود به میزان ۸ میلی‌گرم روی در گلدان شاخص برداشت افزایش یافته و به ۶۰/۳٪ رسید.[۴۶]

تعداد دانه در بوته

مصرف پتاسیم و روی سبب افزایش تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱٪ گردید. بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و کمترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار شاهد بود. میانگین تعداد دانه در عدم مصرف روی معادل ۱۸/۱۹ بود که به ۲۱/۱۶ دانه با مصرف ۶ در هزار کود روی افزایش پیدا کرد. با توجه به نقشی که پتاسیم در حفظ آب گیاه و جلوگیری از هدر رفتن آب دارد، در شرایط تنش که گیاه با کمبود آب مواجه است،وجود پتاسیم کافی سبب حفظ فعالیت فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود و با افزایش شدت تنش، نقش پتاسیم در جلوگیری از کاهش دانه واضح است. بدین ترتیب با توجه به نقش پتاسیم در انتقال آسمیلات‌ها و عناصر غذایی، افزایش تعداد دانه با کاربرد پتاسیم قابل توجیه است.[۹] *شارما و همکاران (۲۰۰۲)* بیان داشتند که تغذیه گیاه ذرت با روی افزایش ذخیره کربن دانه گرده، باعث افزایش طول عمر دانه گرده شده و در نتیجه منجر به افزایش تلقیح و تشکیل تعداد بیشتری دانه در غلاف می‌شود.[۳۷] *خرمی و همکاران (۲۰۰۹)* با بررسی اثر فسفر و روی بر عملکرد نخود دریافتند کود روی اثر قابل توجهی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه داشت.[۱۹]

تعداد غلاف در بوته

مصرف پتاسیم و روی در سطح احتمال۱٪ اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته گذاشت. بیشترین تعداد غلاف در دانه مربوط به کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بود در حالی که کمترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف پتاسیم) بود. همچنین بیشترین تعداد غلاف در بوته از مصرف ۶ در هزار روی به دست آمد. در پژوهش *روشندل (۲۰۰۷)* روی سویا نیز معلوم شد مصرف پتاسیم باعث افزایش تعداد غلاف و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود.[۳۱] کمبود پتاسیم در گیاه ریزش زودرس برگ‌ها را به دنبال دارد و این آهنگ ریزش برگ‌ها در زمان پر شدن دانه شتاب بیشتری گرفته و سبب زردی برگ‌ها و پیری زودرس گیاه می‌شود. به نظر *رز و همکاران (۲۰۰۵)* افزایش تعداد غلاف با مصرف روی را می‌توان به نقش مستقیم این عنصر در فعالیت‌های آنزیمی، متابولیسم اکسین، فتوسنتز و کلروفیل نسبت داد.[۳۰] *سینگ و سینگ (۱۹۹۵)* گزارش کردند که مصرف خاکی روی قبل از کاشت سبب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود.[۳۹]

کلروفیل a و b و کل

مصرف پتاسیم و روی مقدار کلروفیل a را افزایش داد. بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بود و کمترین مقدار آن از تیمار شاهد به دست آمد. همچنین بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به مصرف ۶ در هزار روی بود و کمترین مقدار آن از تیمار شاهد به دست آمد. در شرایط تنش خشکی، مصرف پتاسیم باعث بهبود فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و افزایش محتوی کلروفیل می‌شود و در نتیجه فرآیند فتوسنتز افزایش، دوام سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتر تداوم می‌یابد.[۱۰] *وبریک و همکاران (۲۰۰۵)* گزارش کردند که محلول‌پاشی با پتاسیم سبب بهبود فتوسنتز در برگ‌های سیب شد.[۴۷] همچنین در برخی مطالعات بیان کرده‌اند که فلز روی در راه اندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارد.[۱۳] *خورا و همکاران (۲۰۰۱)* اعلام کردند که استفاده از روی باعث افزایش محتوی کلروفیل a نسبت به عدم استفاده از روی می‌شود.[۲۰]

کاربرد پتاسیم و روی بر افزایش کلروفیل b اثر معنی‌دار داشت. بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بود و کمترین مقدار کلروفیل

b مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به مصرف ۶ در هزار روی و کمترین مقدار کلروفیلb مربوط به تیمار شاهد بود. به نظر *دوبرمن (۲۰۰۴)* کاربرد پتاسیم فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز را افزایش می‌دهد و در نتیجه جذب نیترات توسط گیاه افزایش یافته که موجب افزایش کلروفیل برگ می‌شود.[۱۰] عناصری از جمله روی و پتاسیم می‌تواند موجب افزایش کلروفیل شود یا به عبارتی از کاهش شدید کلروفیل جلوگیری کند و این امر سبب جلوگیری از کاهش فتوسنتز در اثر سبزینگی و در نتیجه رشد گیاه شده و به این طریق به گیاه کمک می‌کند تا سعی در حفظ ثبات عملکرد خود داشته باشد.[۴۷] *چکمک و مارشنر (۱۹۸۸)* اعلام کردند که کمبود روی باعث کاهش کلروفیل b می‌شود.[۸]

اثر پتاسیم و روی بر عملکرد در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. مصرف پتاسیم مقدار کلروفیل کل را افزایش داد بالاترین مقدار کلروفیل کلمربوط به مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود و بالاترین مقدار کلروفیل کل مربوط به مصرف ۶ در هزار روی و کمترین مقدار کلروفیل کل مربوط به تیمار شاهد بود. پتاسیم با تنظیم حرکات روزنه‌ای نقش موثری در فتوسنتز برگ‌ها در شرایط تنش آبی ایفا می‌کند، این در حالی است که هیچ سلول اپیدرمی به غیر از سلول‌های محافظ روزنه قادر به انجام فتوسنتز نیست، همچنین پتاسیم اثر شدت نور را متعادل کرده، غلظت کلروفیل و عمل کربن گیری را افزایش می‌دهد.[۲۱] روی موجب افزایش کلروفیل می‌شود که این امر می‌تواند به علت نقش این عنصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد.[۱۷]

محتوی رطوبت نسبی برگ

مصرف پتاسیم و روی میزان آب نسبی برگ را افزایش داد. بین مقادیر مختلف پتاسیم از نظر اثر روی محتوی آب نسبی برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت به نحوی که بالاترین و پایین‌ترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ مربوط به مصرف ۹۰ کیلو گرم در هکتار پتاسیم و عدم مصرف پتاسیم بود.بین مقادیر مختلف روی از نظر اثر بر محتوی رطوبت نسبی برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بالاترین و پایین‌ترین میانگین رطوبت نسبی برگ به ترتیب ۶۸/۷۴۳ و ۷۱/۶۷۲٪ مربوط به مصرف ۶ در هزار روی و عدم مصرف روی بود. مصرف پتاسیم به دلیل اثر گذاری مثبت آن در جهت حفظ رطوبت در گیاه و افزایش طول مدت فتوسنتز به واسطه تداوم سطح برگ در مرحله زایشی، می‌تواند مواد پرورده بیشتری را در اختیار تعداد بیشتری از گل‌ها قرار دهد.[۱۰] وجود پتاسیم کافی در حفظ پتانسیل آبی و جلوگیری از هدر رفتن آب نقش دارد و در شرایط تنش آبی، سبب حفظ فعالیت فتوسنتزی و جلوگیری از کاهش شدید فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد.[۹] روی به طور غیرمستقیم مقدار آب گیاه را تحت اثر قرار می‌دهد زیرا کاهش اکسین به علت کمبود روی منجر به ناتوانی دیواره سلول‌ها برای رشد می‌شود، بنابراین موجب یک فشار اسمزی زیاد و محدود شدن جذب آب توسط گیاه می‌شود. *ماروتهی و همکاران (۲۰۰۵)* اعلام کردند که با مصرف ۱۰ میلی‌گرم روی میزان محتوی رطوبت نسبی برگ افزایش یافت.[۲۴]

پایداری غشای سلولی

مصرف پتاسیم و روی سبب افزایش درصد پایداری غشاء در سطح احتمال ۱٪ گردید. به نحوی که بالاترین میزان پایداری غشاء با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم حاصل شد همچنین کمترین مقدار پایداری غشاء از تیمار عدم مصرف پتاسیم به دست آمد. بالاترین میزان پایداری غشاء از مصرف ۶ در هزار روی و کمترین مقدار پایداری غشا از تیمار عدم مصرف روی به دست آمد. *بیولی (۱۹۷۹)* پایداری غشای سلول تحت شرایط تنش را به عنوان عامل اصلی مقاومت به خشکی بیان کرده است.[۷] پتاسیم به عنوان اسمولیت معدنی در تنظیم اسمزی و نگهداری

فشار تورگر نقش دارد که در نتیجه غشای سلولی آسیب کمتری می‌بیند، همچنین در فعال‌سازی تعداد زیادی از آنزیم‌ها، در عمل فتوسنتز و تعادل بار الکتریکی غشاهای سلولی نقش دارد. *سلطان (۲۰۰۲)* در آزمایشی روی چهار رقم گندم اعلام کرد که استفاده از پتاسیم پایداری غشا را افزایش می‌دهد.[۴۳] کاهش سلامت غشا به علت کمبود روی ممکن است باعث افزایش تجمع سدیم در سطوح سمی در گیاهان شود. در شرایط استفاده از روی نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه افزایش می‌یابد زیرا نشتی غشای پلاسمایی در گیاهان مبتلا به کمبود روی افزایش یافته و منجر به خروج پتاسیم، نیترات و ترکیبات آلی از سلول‌های ریشه می‌گردد.[۲]

پتانسیل اسمزی

مصرف پتاسیم و روی اثر معنی‌دار بر پتانسیل اسمزی داشت. به طوری که با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم، پتانسیل اسمزی کاهش معنی‌داری یافت و بالاترین مقدار پتانسیل اسمزی مربوط به شرایط عدم مصرف پتاسیم بود و با مصرف ۶ در هزار روی پتانسیل اسمزی کاهش معنی‌داری یافت. همچنین بالاترین مقدار پتانسیل اسمزی مربوط به شرایط عدم مصرف روی بود. پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد، گیاهان با ذخیره‌ی مطلوب پتاسیم آب کمتری از دست می‌دهند زیرا پتاسیم، پتانسیل اسمزی را کاهش می‌دهد که به تنظیم اسمزی می‌انجامد.[۴۹] هنگامی که میزان پتاسیم در گیاه افزایش یابد، پتانسیل اسمزی نیز با کاهش روبرو خواهد شد.[۴۴] روی به طور غیر مستقیم در ایجاد فشار اسمزی نقش داشته و در شرایط کمبود روی جذب آب توسط گیاه محدود می‌شود در نتیجه در شرایط کم آبی با مدیریت منابع آب و کاربرد کودهای بیولوژیک و عناصر کم مصرف علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و افزایش فعالیت سیستم‌های دفاعی گیاه، می‌توان عملکرد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار داد.[۳۲] *حاجی بلند و همکاران (۲۰۱۰)* در کلم قرمز به این نتیجه رسیدند که با مصرف کود روی در شرایط تنش خشکی پتانسیل اسمزی کاهش قابل توجهی می‌یابد.[۱۵]

نتیجه‌گیری کلی کاربرد پتاسیم و روی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود. با توجه به حد بحرانی پتاسیم برای حبوبات که ۲۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است[۲۹] و وضعیت پتاسیم خاک مزرعه تحت آزمایش مشخص می‌شود که خاک مزرعه دچار کمبود پتاسیم است از این رو، مصرف ۶۰ کیلوگرم پتاسیم عملکرد را به میزان قابل توجهی افزایش داد. اما میزان عملکرد بیولوژیک و سایر تیمارهای آزمایش با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت. همچنین میزان عنصر روی در خاک تحت آزمایش ۰/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، این در حالی است که حد بحرانی این عنصر ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است.[۲۲] مصرف ۶ در هزار روی سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه وتعداد غلاف در بوته گردید. همچنین کاربرد پتاسیم و روی سبب افزایش میزان کلروفیل برگ، پایداری غشا، پتانسیل اسمزی و محتوی آب نسبی برگ شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به اثر مصرف پتاسیم و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط دیم

Table 2 - Analysis of variance of the effect of potassium and zinc on yield and yield components of chickpea in rain fed condition

Source of variation	mean squares					
	df	seed yield	biological yield	harvest index	seeds per plant	pods per plant
Replication	2	4258.608	6380.12	0.0028	73.16	8.07
Zn	2	17264.827**	26724.72**	0.018**	26.82**	23.6**
K	3	26317.813**	196087.23**	0.025**	226.61**	225.9**
K*Zn	6	1148.59^{ns}	2060.99^{ns}	0.0016^{ns}	2.73^{ns}	1.81^{ns}
Error	22	2451.802	6899.99	0.0038	1.081	7.21
C.V. (%)	-	17.75	12.99	14.09	5.31	14.19

ns: غیر معنی‌دار و ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪

ns: non-significant, ** and*: Significant at 1 and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۳ – مقایسه میانگین اثر مصرف پتاسیم و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط دیم

Table 3 - Comparison of the effect of potassium and zinc on yield and yield components of chickpea in rain fed condition

Treatment	seed yield (gm^{-2})	biological yield (gm^{-2})	harvest index (%)	seeds per plant	pods per plant
K ($kgha^{-1}$)					
0	217.98 b	451.63 c	0.39 b	13.96 d	13.056 c
30	249.58 b	605.33 b	0.41 b	17.78 c	16.5 c
60	332.42 a	702.36 ab	0.46 ab	20.73 b	20.71 b
90	315.47 a	797.45 a	0.51 a	25.93 a	25.389 a
Zn(%)					
0	236.49 b	587.67 b	0.4 b	18.19 c	17.467 b
0.3	290.41 ab	649.62 ab	0.45 ab	19.43 b	19.008 ab
0.6	309.66 a	680.31 a	0.47 a	21.16 a	20. 267 a

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری و با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level (Duncan Multiple range test)

جدول ۴ – تجزیه واریانس اثر مصرف پتاسیم و روی در برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم

Table 4 - Analysis of variance Effect of potassium on the physiological characteristics of chickpea in rain fed condition

Source of variation	df	Mean squares					
		chlorophyll a	chlorophyll b	total chlorophyll	RWC	MSI	osmotic potential
Replication	2	0.0096	0.0033	0.0252	5.14	4.908	0.21
Zn	2	0.0054**	0.0013**	0.006**	39.89**	23.285**	1.72**
K	3	0.023**	0.0042**	0.083**	187.61**	209.513**	3.41**
K*Zn	6	0.00034^{ns}	0.000082^{ns}	0.0003^{ns}	13.11^{ns}	0.215^{ns}	0.11^{ns}
Error	22	0.0012	0.00017	0.0009	5.29	1.344	0.179
C.V.	-	10.19	8.47	6.41	3.905	1.587	8.82

ns: غیر معنی‌دار و ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪

ns: non-significant, ** and*: Significant at 1 and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۵ – مقایسه میانگین اثر مصرف پتاسیم و روی در برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم

Table 5 - Comparison of effect of potassium on some physiological characteristics of chickpea in rain fed condition

Treatment	chlorophyll a (mgg^{-1})	chlorophyll b (mgg^{-1})	chlorophyll total (mgg^{-1})	RWC (%)	MSI (%)	Osmotic Potential (-MPa)
K ($kgha^{-1}$)						
0	0.292 c	0.123 c	0.38 d	53.93 c	67.494 d	2.39 b
30	0.323 bc	0.132 bc	0.43 c	57.17 b	71.152 c	2.71 b
60	0.357 b	0.144 b	0.51 b	59.97 b	74.879 b	3.38 a
90	0.411 a	0.173 a	0.6 a	64.704 a	78.708 a	3.75 a
Zn (per thousand)						
0	0.325 b	0.132 b	0.458 b	57.51 b	71.672 c	2.64 b
0.3	0.345 ab	0.144 ab	0.486 a	58.34 b	73.045 b	3.14 a
0.6	0.367 a	0.153 a	0.504 a	60.99 a	74.458 a	3.39 a

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری و با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level (Duncan Multiple range test)

References

1. Abedi baba arabi S, MovahediDehnavi M, Yadavy A, Adhami A (2011) The effect of foliar application of zinc and potassium on crop yield and physiological traits under drought stress. Electronic Journal of Safflower Production 4(1): 95-75.
2. Aktas H, Abak K, Ozturk L, Cakmak I (2006) Effect of zinc supply on growth and shoot concentrations of sodium and potassium in pepper plants under salinity stress. Journal Agriculture and Forestry 30: 407–412.
3. Alloway BJ (2004) Zinc in Soils and Crop Nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA), Belgium. 128p.
4. Arnon AN (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants Agronomy Journal 23:.112-121.
5. Azooz MM, Yousef MM, Al-omair MA (2011) Comparative evaluation of zinc and lead and their synergistic effects on growth and some physiological response of Hassawi okra seedlings. American Journal of Plant Physiology 6 (6): 269-282.
6. Bahari M, Pahlevani b, Akbari N, Ehsanzadeh P (2005) The effect of different doses of fertilizers low in iron and copper on the growth and yield of chickpea genotypes under rain fed conditions in Aligudarz-Azna Lorestan province. Journal of Natural Resources and Agricultural Sciences. Twelve years. Supplement Crop.
7. Bewley JD (1979) Physiological aspects of desiccation tolerance. Annual Review of Plant Physiology 30: 195-233.
8. Chakmak I, Marschner H (1988) Increase in Membrane Permeability and Exudation in Roots of Zinc Deficient Plants. Journal of Plant Physiology 132(3): 356–361.
9. Daneshian J, Majidi Hrvan A, Jonoubi P (2002) the effect of drought stress and different amounts of potassium on quantitative and qualitative characteristics of soybean. Journal Agriculture Science 8: 108-95.
10. Doberman A (2004) Crop Potassium Nutrition Implications for Fertilizer Recommendations. Department of Agronomy and Horticulture. University of Nebraska, Lincoln, NE.19 pp.
11. Egilla N, Davies FT, Boutton TW (2005) Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water use efficiency of *Hibiscus rosa – sinensis* at three potassium concentrations. Biomedical and Life Science 43 (1): 135 -140.
12. Fageria NK (2002) Micronutrients influence on root growth of upland rice common bean, corn, wheat and soybean. Journal Plant Nutrition 25: 613-622.

13. Ghorbanli M, Babalor M (2003) Mineral Nutrition of Plants. Teacher Training University of Tehran.
14. Gulser F, Togay Y, Togay N (2004) The effects of zinc application on zinc efficiency and nutrient composition of lentil (*Lens culinaris*) cultivars. Journal Biological Science 7: 751-759.
15. Hajiboland R, Amirazad H (2010) Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata f. rubra). Plants Horticulture Science. (Prague) 37(3): 88–98.
16. Hosseini M, Maftoun M, KarimianN, Ronaghi A, Imam A (2005) The effect of different levels of boronand zincsources on the growth and chemical composition of rice. Journal of Agricultural Science 36(4): 883-869.
17. Kaya X, Kaya Y, Anisay, RZ, Gocmen A (2002) Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes. Journal Agronomy 1 (4): 142-144.
18. Khan HR, McDonald K and Rengel Z (1998) Chickpea genotypes differ in their sensitivity to Zn deficiency. Plant and Soil 198: 11-18.
19. Khorgamy A, Farnia A (2009) Effect of phosphorus and zinc fertilization on yield and yield components of chick pea cultivars. African Crop Science Conference Proceedings 9: 205- 208.
20. Khuraa N, Chatterjee C (2001) Influence of variable zinc on yield, oil content and physiology of sunflower. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32: 3023-3030.
21. Marschner H (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, New York, NY
22. Malakouti MC, Gheybi MN (1998) Determine the critical level strategic advice and proper nutrient fertilizer products in the country. Dissemination of agricultural education.
23. Malakouti MJ, Davoodi MH (1999) Zinc for agriculture (the forgotten element in the life cycle of plants, animals and humans). Sana Publications. 209 p.
24. Maruthi Sridhar BB, Diehl SV, Han FX, Monts DL, Sub Y (2005) Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). Environmental and Experimental Botany 54: 131–141.
25. Mengal K, Fluger R (1969) the influence of several salts and several inhibitors of *Zea mays*. Plant Physiology 22:840-849
26. Meyveci K, Eyupoglu H, Karagullu E, Zencrc N, Ayden N (1998) The yield effect of advanced lines and genetic resources of zinc fertilizer application on some chickpea varieties .1st Zinc National. Congress 425-430. [In Turkish].
27. Nandwal AS, Hooda A, Datta D (1998) Effect of substrate moisture and potassium on water relations and C, N and K distribution in Vignaradiata. Biologia Planatarium 41(1): 149-153.
28. Nawab K, Zada K (2003) Response of wheat to farmyard manure, potassium and zinc under different irrigated and un-irrigated cropping patterns. Proc 4th internatinal Congres Biological Science. (Botany) Egypt. 165-170
29. Parsa M, Bagheri A (2008) Pulses. Publications of Jahad Daneshgahi, Ferdowsi University of Mashhad. 524 p.
30. Rose I A, Felton LW, Banks LW (2005) Responses of four soybean varieties to foliar zinc fertilizer .Australian Journal of Experimental Agriculture and animal Husbandry 21 (109): 236- 240.
31. Roshandel Y (2007) Combined effect of nitrogen and potassium fertilizer on soybean agronomic traits. Journal of Agricultural Ecophysiology 3: 122-119.
32. Sajedi NA, Rajali F (2011) Effect of drought stress on the application of mycorrhizal inoculum on the absorption of micronutrients in maize. Journal of Soil Research 25(2): 83-92
33. Sakinejad T (2003) Effects of water stress on the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium in various stages of development, according to the morphological characteristics of *Zea may*s in Ahwaz weather conditions. PhD thesis.
34. Salardiny A, Mojtahedi M (1989) Principles of plant nutrition. Publishing Center of University of Tehran 315 p.
35. Saman M, Sepehri A, Ahmadvand G, Sabaghpour H (2010) The effect of terminal drought on yield and yield components of five chickpea genotypes. Journal of Crop Science 41(2): 269-259.
36. Saneoka H, Moghaieb REA, Premachandra GS, Fujita K (2004) Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental and Experimental Botany 52:131–138.
37. Sharma PN, Chatterjee C, Agrawala SC, Sharma CP (1990) Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). Plant and Soil 124: 221- 225
38. Sharma HC (2002) more potash is needed for high yield and quality of oilseeds crops in India. Indian Journal Agriculture Science 60: 205-210.

39. Singh D, Singh V (1995) Effect of potassium, zinc and sulphur on growth characters, yield attributes and yield of soybean. Indian Journal of Agronomy 40: 223 - 227.
40. Singh N, Kuhad MS (2005) Role of Potassium in Alleviating the Effect of Water Stress on Yield and Seed Quality in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Bulletin of the National Institute of Ecology 15: 219-225.
41. Sobhani AR (2004) Effects of water deficit and potassium nutrition on some physiological characteristics of potato. Proceedings of the 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding. Faculty of Agriculture, University of Guilan p 15.
42. Stampar F, Hudina M, Dolenc K, Usenik V (1998) Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica* Borkh). In: Anac, D. and P. Martin- Prével. Improved crop quality by nutrient management 91-94.
43. Sultana Z (2002) Interactive effect of salinity and potassium on cell membrane stability and related physiological processes in wheat (*Triticum aestivum* L.). UAF, Faisalabad (Pakistan).
44. Theodoro L, Ferreira VE (2002) Growth and osmotic adjustment of maize plants as influenced by potassium and water stress Influence du potassium et du stress hydriquesur la croissance et l'ajustement de la pression osmotique des plants de maize.
45. Tiwari SP, Joshi OP, Vyas AK, Billoro SD (2001) Potassium Nutrition in Yield and Quality Improvement of Soybean. International Potash Institute 307-320
46. Valenciano J B, Boto J A, Marcelo V (2010) Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield to zinc boron and molybdenum application under pot conditions. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(3): 797-807
47. Veberic R, Vodnik D, Stampar F (2005) Influence of foliar applied phosphorus and potassium on photosynthesis and transpiration of 'Golden Delicious' apple leaves (*Malus domestica* Borkh.). Acta Agriculture. Slovenica 143-155.
48. Vysany V (2010) Effect on the morphological and physiological characteristics of soybean under drought stress. MA thesis agriculture. University of Kurdistan.
49. Yarniya M, Safai P, Khorshidi M. Farajzadeh A (2009) Effects of drought stress and potassium sulphate on yield and yield components of sunflower. The modern agriculture Journal 3(11): 317 - 332 (In Persian).

Effect of potassium and zinc on yield, yield components and some physiological traits of chickpea under rainfed condition

Agroecology Journal (AEJ)
Vol. 10, No. 4 (11-25)
Winter, 2015

Amin Abbasi Moghaddam*

Master Student of Agronomy
Science and Research Branch of Ardabil
Islamic Azad University
Ardabil, Iran

Email ✉:
aam66_2006@yahoo.com
(corresponding author)

Ali Ebadi

Associate Professor of
Agronomy Department
Faculty of Agricultural Science
University of Mohaghegh Ardabili
Ardabil, Iran

Email ✉:
ebadi@uma.ac.ir

Hossein Shahbazi

Assistant Professor of
Agronomy and Plant Breeding Department
Islamic Azad University
Ardabil. Iran

Email ✉:
hshahbazy@gmail.com

Received: 22 April, 2014 **Accepted:** 18 December, 2014

ABSTRACT To evaluate the effects of potassium on yield, yield components and some physiological traits of chickpea in rain-fed conditions, an experiment was conducted as a factorial based on randomized complete block design with three replications in Research Farm of Islamic Azad University Ardabil Branch in 2011. Factors included four potassium levels as 0, 30, 60 and 90 $kgha^{-1}$ and Zinc on three levels of 0, 0.3 and 0.6%. The traits such as yield, biological yield, harvest index, number of seeds per plant, number of pods per plant, a, b and total chlorophyll, leaf relative water content, stability of cell membrane and osmotic potential were measured. The highest biological yield, harvest index, number of seeds per plant, chlorophyll a, b and total chlorophyll and leaf relative water content, cell membrane stability and lowest osmotic potential belonged to the treatment of 90 kg ha^{-1} potassium and 0.6% of zinc treatment. Based on the results, it seems that application of the potassium and zinc improves stress tolerance indices and reduce stress injuries and grain yield, consequently.

Keywords:
- cell membrane stability
- nutrient elements
- osmotic potential
- photosynthetic pigments
- relative water content
- water deficit stress