تأثیر روی و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد و مقاومت به سرما در گندم

اکبر همتی[1]* و زهره امینی

دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان؛ hemat16@yahoo.com

مدرس گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور اقلید؛ zohreh_amini61@yahoo.com

چکیده

در مناطق سرد انرژی متابولیکی کمتری در دسترس گیاهان زراعی قرار دارد، این امر سبب توقف رشد و کاهش عملکرد محصول می‌شود. در عین حال مطالعات نشان داده استفاده مناسب از عناصر غذایی همچون روی و پتاسیم می تواند مقاومت گیاه را در برابر سرما افزایش دهد. برای بررسی این موضوع، اقدام به اجرای آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی طی سال های 1389-1390 در ایستگاه تحقیقات محصولات سردسیری اقلید گردید. در این آزمایش مقادیر صفر، ۱۰۰،۲۰۰ و300 کیلوگرم K_2O در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و مقادیر صفر، 10 و 15 کیلوگرم Zn در هکتار از منبع سولفات روی استفاده شد. نتایج نشان داد در سال اول از نظر عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ و مقدار گلوتن، بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود داشت. حداکثر عملکرد به مقدار 6935 کیلوگرم دانه در هکتار با مصرف 15 کیلوگرم Zn در هکتار بدست آمد. بیشترین مقدار نسبی آب برگ (73 درصد) نیز با مصرف 300 کیلوگرم K_2O در هکتار حاصل شد. بیشترین مقدار گلوتن خشک (11/3 درصد) با مصرف 300 کیلوگرم K_2O و15 کیلوگرم Zn در هکتار به دست آمد. در سال دوم در وزن هزاردانه و مقدار نسبی آب برگ در سطح پنج درصد بین تیمارها اختلاف معنی‌دار بود ولی در عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. بیشترین مقدار عملکرد (7537 کیلوگرم در هکتار) با مصرف 200 کیلوگرم K_2O در هکتار به دست آمد. همچنین مصرف این کودها باعث بهبود خصوصیات کیفی مانند در صد پروتئین، شاخص‌های زلنی و سفتی درگندم شد. تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش نشان داد مصرف 200 کیلوگرم K_2O در هکتار منجربه تولید حداکثر عملکرد (6352 کیلوگرم دانه در هکتار) شد. بیشترین مقدار آب برگ (69/6 درصد) و به تبع آن افزایش مقاومت به سرما نیز با مصرف 300 کیلوگرم K_2O در هکتار و 10 کیلوگرم Zn در هکتار بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: کودپتاسیم،کود روی، مقدار نسبی آب برگ، گندمنان

مقدمه

در اقلیم های سرد به واسطه کاهش انرژی متابولیکی قابل دسترس گیاه، جذب آب و عناصر غذایی نیز محدود می‌شود. به تبع آن گیاه نیز مواد کمتری تولید نموده و سرانجام با کاهش رشد و عملکرد مواجه می‌شود، یخزدگی و سرمازدگی در زمستان و بهار دو عامل مهم افت عملکرد گندم در مناطق سردسیر می‌باشند. بر اساس مطالعات انجام شده مشخص گردید مصرف برخی از عناصر غذایی از جمله روی و پتاسیم به خاطر شرکت این عناصر در فرایندهایی که مقاومت گیاه را به شرایط دشوار افزایش می‌دهد، می‌توانند باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر سرمازدگی گردند. شهابی و ملکوتی (1379) گزارش نمودند مصرف کودهای

[1] نویسنده مسئول، آدرس: اقلید، خیابان شهید بهشتی، ساختمان شماره 2 جهاد کشاورزی، ایستگاه تحقیقات کشاورزی

* دریافت: 90/12/13 و پذیرش: 91/8/30

پتاسیم باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر سرمازدگی در مناطق سردسیر می‌شود. آنها افزایش تولید قند و کاهش انجماد شیره سلولی توسط پتاسیم را عامل افزایش مقاومت در برابر سرمازدگی ذکر کرده‌اند. کوچکی و سرمدنیا (1377) گزارش نمودند که پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد. گیاهان با ذخیره مطلوب پتاسیم آب کمتری از دست می‌دهند. پتاسیم در باز و بسته شدن روزنه‌ها ایفای نقش نموده و به عنوان فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌ها در متابولیسم کربو هیدرات‌ها و پروتئین شرکت دارد. تمام موارد فوق به افزایش مقاومت گیاه در برابر سرما کمک می‌نماید.

میر محمدی و اصفهانی (1379) گزارش کردند، با سرد شدن هوا ابتدا در محلول بین سلولی یخ تشکیل می‌شود، با افزایش میزان یخ، غلظت ماده حل شونده افزایش می‌یابد لذا مقدار آب کم شده و فشار بخار محلول بین سلولی کاهش می‌یابد وقتی فشار بخار محلول بین سلولی از فشار بخار محلول درون سلول کمتر شود آب سلول به خارج از آن جاری می‌شود، آبکشیدگی ناشی از انجماد بین سلولی موجب انقباض شدید سلول و از هم پاشیدگی پرتوپلاست و نهایتاً مرگ سلول می‌شود. بروز این پدیده در مناطق با اقلیم سرد معمول است. به طوری که خسارت ناشی از این پدیده در امریکا سالانه سه الی چهار درصد و در برزیل و نیم کره جنوبی حدود پنج درصد برآورد شده است.

پالسن و هین (1983) گزارش کردند در صورت مصرف پتاسیم سرمازدگی کمتر بوجود می‌آید. یائیش و همکاران (1984) در یک آزمایش مشاهده نمودند که با کاهش دما میزان جذب پتاسیم توسط ریشه جو بیشتر می‌شود. به طوری که در دمای 20 درجه سانتی گراد مقدار پتاسیم در ریشه جو 17/82 میکرو مول در گرم بود، در حالی که در دمای 10 درجه به 53/3 میکرومول در گرم افزایش یافت. خلدبرین و اسلام زاده (1380) گزارش نمودند با افزایش مصرف پتاسیم مقاومت سیب‌زمینی به سرما افزایش می‌یابد، به طوری که تعداد برگ‌های صدمه دیده به وسیله سرما در صورت عدم مصرف کود پتاسیم 30 درصد بود در حالی که مصرف فقط 84 کیلوگرم پتاسیم در هکتار، تعداد برگ‌های صدمه دیده را به 7 درصد کاهش داده است. با توجه به افزایش مقدار آب در گیاهان مقاوم به سرما، در این آزمایش از مقدار نسبی آب برگ (RWC) به عنوان معیار افزایش مقاومت به سرما استفاده گردید. میر محمدی و اصفهانی (1379) گزارش کردند بافت‌هایی که حدود 55-65 درصد آب داشته باشند قادر به تحمل سرمای منفی 20 درجه سانتی‌گراد می‌باشند.

گزارش‌های زیادی مبنی بر ارتباط بین پروتئین و مقاومت به سرما منتشر شده است. ایمانی (1376)، بنی صدر (1374)، میر محمدی و اصفهانی (1379) و رابرتسون و همکاران (1994) گزارش کردند که با افزایش پروتئین، مقاومت گیاهان زراعی و باغی در برابر سرما زدگی افزایش می‌یابد. به همین دلیل چون عنصر روی در سنتز پروتئین دخالت دارد لذا باعث افزایش مقاومت گیاه به سرما می‌شود. سدری و ملکوتی (1377) در یک آزمایش مشاهده نمودند با مصرف سولفات روی، درصد پروتئین دانه گندم از 10/6 به 14 درصد افزایش یافته است. هدف در این آزمایش تعیین اثرات مقادیر مختلف کودهای روی و پتاسیم در افزایش مقدار آب برگ، خصوصیات کیفی گندم و نهایتاً افزایش عملکرد و مقاومت آن در برابر سرما می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی سال‌های زراعی 87-86 و88-87 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اقلید انجام شد. این ایستگاه دارای متوسط دمای سالانه 12-13 درجه سانتی‌گراد بوده و ارتفاع آن از سطح دریا 2375 متر می‌باشد. در این آزمایش از سولفات پتاسیم با غلظت‌های صفر، 100، 200 و 300 کیلوگرم K_2O در هکتار و سولفات روی با غلظت‌های صفر، 10 و 15 کیلوگرم Zn در هکتار استفاده شد. لذا آزمایش دارای 12 تیمار و 3 تکرار بود. سایر عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک (جدول1) به صورت یکسان در تمام تیمارها مصرف شد از بذر گندم رقم الوند به میزان 180 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. میزان بذر در هر کرت بر اساس وزن هزار دانه ثابت در نظر گرفته شد. هر کرت دارای 2 متر عرض و 5 متر طول بود که در نیمه اول مهر ماه اقدام به کاشت بذر در عمق 7-5 سانتی‌متری خاک گردید. سایر عملیات زراعی همچون آبیاری و مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز طبق عرف محل انجام شد. زمانی که دانه در حالت خمیری بود در هر کرت یک نمونه‌ی 100 گرمی از برگ پرچم گرفته شد و مقادیر نیتروژن، روی و پتاسیم در آن اندازه‌گیری گردید. در همین زمان نیز میزان نسبی آب برگ (RWC) طبق فرمول زیر در تیمارها تعیین گردید. این فاکتور ارتباط مستقیمی با مقاومت به سرما دارد به طوری که هر چه مقدار آن بیشتر باشد مقاومت گیاه در برابر سرما بیشتر می‌باشد.از طرفی دیگر عناصر روی و پتاسیم نقش مهمی در RWC

دارند. به طوری که مصرف نامتعادل این عناصر باعث تغییرات زیادی در مقدار RWC گیاه می‌شود. که این خود منجربه کاهش یا افزایش مقاومت گیاه به سرما می‌شود.

$$RWC = (Wf-Wd)/(Wt-Wd)\times 100$$

جهت اندازه‌گیری RWC ابتدا 7- 5 قطعه برگ حدود 2 سانتی‌متری از برگ پرچم گرفته شد و در آزمایشگاه توزین گردید (Wf). سپس مقداری آب مقطر روی نمونه در ظرف پتریدیش ریخته تا به حالت غوطه ور درآمد. بعد از 24 ساعت نمونه را از ظرف خارج شد به آهستگی با دستمال رطوبت اضافی سطح برگ گرفته و نمونه توزین گردید (Wt). سپس نمونه در آون در دمای 60 درجه سانتی گراد به مدت 3-2 ساعت قرار گرفت و بلافاصله اقدام به توزین نمونه گردید (Wd). با قرار دادن مقادیر اندازه‌گیری شده در فرمول فوق مقدار نسبی آب برگ تعیین شد. در زمان برداشت نیز عملکرد دانه، وزن هزار دانه، مقادیر روی و پتاسیم در بذر اندازه‌گیری شد همچنین برخی از خصوصیات کیفی گندم مانند درصد پروتئین، شاخص زلنی، حجم نان، شاخص سفتی و مقادیر گلوتن موجود در آرد گندم که ارتباط نزدیکی با مقاومت گیاه به سرما دارند در آزمایشگاه شیمی غلات اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌های آزمایش با برنامه کامپیوتری MSTATC بدون انجام آزمون یکنواختی واریانس تجزیه گردید و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند. در پایان سال دوم با تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش، تیمار برتر مشخص گردید.

نتایج

مشخصات خاک محل آزمایش (جدول 1) نشان می‌دهد خاک غیر شور، کمی قلیایی، مقادیر فسفر، نیتروژن، روی و پتاسیم آن کمتر از حد کفایت است. حد کفایت روی برابر 1 میلی‌گرم در کیلوگرم و حد کفایت پتاسیم 375 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در منطقه برای گندم تعیین شده است. گرچه حدکفایت پتاسیم در خاک-های لومی حدود200 میلی‌گرم در کیلوگرم در غلات بیان شده است، ولی در آزمایش تعیین حد بحرانی عنصر پتاسیم در گندم که در 30 نقطه انجام گرفت عدد 375 میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد (حسینی، 1376). بالا بودن این عدد نسبت به جاهای دیگر به علت بافت سنگین خاک‌های منطقه و نوع مواد مادری خاک‌ها است که حاوی مقادیر زیاد پتاسیم می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی (Clay loam) و کمی آهکی بود. با جمع آوری داده‌های هوا شناسی منطقه در دو سال زراعی آزمایش مشاهده گردید، میزان بارندگی در سال اول آزمایش حدود 85 میلی‌متر بود که این میزان کمترین مقدار بارندگی در طول 10 سال گذشته در منطقه بود. همچنین در سال دوم 298 میلی‌متر بارندگی در منطقه انجام شد. تعداد روزهای یخبندان در سال اول 77 و در سال دوم 75 روز بود. حداقل دما، در سال اول 18- و در سال دوم برابر 15- درجه سانتی گراد بود.

سال اول

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد، بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد در عملکرد دانه بود. بیشترین مقدار عملکرد (6935 کیلوگرم در هکتار) با مصرف 15 کیلوگرم Zn در هکتار بدست آمد (جدول 2). در غلظت صفر پتاسیم با افزایش غلظت روی، عملکرد نیز افزایش یافت. ولی این افزایش در سطوح بالاتر پتاسیم مشاهده نشد. مصرف 15 کیلوگرم Znدر هکتار نسبت به عدم مصرف آن افزایش عملکردی حدود 598 کیلوگرم در هکتار داشت، درحالی که مصرف 300 کیلوگرم K_2O در هکتار فقط 112 کیلوگرم افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد داشت. اثرات اصلی و متقابل تیمارهای کودی در عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول 7).

مقدار نسبی آب برگ که مبین مقاومت در برابر سرمازدگی است، با افزایش غلظت کود پتاسیم بیشتر شد. بیشترین مقدار RWC به مقدار 73 درصد با مصرف 300 کیلوگرم K_2O در بدست آمد که 9 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. این درحالی بود که سطوح کود روی تأثیر زیادی در افزایش RWC نداشت. از نظر آماری نیز کود پتاسیم تأثیر معنی‌داری در مقدار آب برگ داشت در حالی که کود روی تأثیر معنی‌داری در مقدار آب برگ نداشت (جدول 7). در وزن هزار دانه بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در عین حال بیشترین وزن هزار دانه (39 گرم) با مصرف 15 کیلوگرم Zn در هکتار به دست آمد.

با اندازه‌گیری برخی از خصوصیات کیفی موجود در دانه گندم مانند درصد پروتئین، درصد رطوبت، شاخص سفتی، عدد زلنی و مقادیر گلوتن خشک و مرطوب و درجه کشیدگی گلوتن، مشاهده شدکه مصرف کودهای روی و پتاسیم باعث بهبود این خصوصیات شده است (جدول 3). از نظر آماری در عدد زلنی، حجم نان، گلوتن خشک و مرطوب بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بود. بیشترین مقدار گلوتن خشک (11/3 درصد) با مصرف 300 کیلوگرم K_2O و10 کیلوگرم Zn در هکتار حاصل شد. در سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

با اندازه‌گیری مقادیر روی و پتاسیم موجود در برگ و دانه و مقایسه میانگین آنها (جدول 4) مشخص شد که بین تیمارها در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین مقدار روی در بذر19/3میلی‌گرم در کیلوگرم بودکه با مصرف 200 کیلوگرم K_2O در هکتار و 15 کیلوگرم Zn در هکتار بدست آمد. مصرف 300 کیلوگرم پتاسیم و 15 کیلوگرم روی نیز منجربه بیشترین مقدار تجمع پتاسیم در بذر و برگ به ترتیب به میزان 0/72 و 2/54 درصد گردید.

سال دوم

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش در سال دوم نشان داد در مقدار نسبی آب برگ (RWC) و وزن هزار دانه، در بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود داشت. مصرف 300 کیلوگرم K_2O و 10 کیلوگرم Zn در هکتار بیشترین مقدارنسبی آب برگ را حاصل نمود. بیشترین مقدار وزن هزار دانه به میزان 43 گرم با مصرف 10 کیلوگرم Zn به دست آمد. در عملکرد دانه بین تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد و علت آن وجود پراکنش در داده‌های عملکرد بود. به طوری که علی‌رغم وجود اختلاف حدود 2000 کیلوگرم بین بعضی ازتیمارها، در مقایسه میانگین‌ها در آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری بین تیماره مشاهده نشد. در عین حال مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد (7537 کیلوگرم دانه در (هکتار) با مصرف 200 کیلوگرم K_2O در هکتار بدست آمده است (جدول 2).

روند افزایش عملکرد با افزایش غلظت پتاسیم در سطوح صفر،100 و200 کیلوگرم پتاسیم در هکتار وجود داشت ولی درسطح 300 کیلوگرم کود پتاسیم این افزایش عملکرد مشاهده نشد. مقدار افزایش عملکرد دانه ناشی از مصرف 200 کیلوگرم k_2o در هکتار نسبت به عدم مصرف آن 577 کیلوگرم در هکتار بود. در خصوص کود روی، با افزایش غلظت این کود، افزایش عملکرد محصول از یک روند سینوسی بر خوردار بود، فقط در سطح غلظت 300 کیلوگرم پتاسیم در هکتار با افزایش غلظت روی، روند افزایش عملکرد صعودی بود. برخی از خصوصیات کیفی اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایش (جدول 5) نشان داد مصرف کودهای روی و پتاسیم باعث افزایش و بهبود خصوصیات کیفی گندم شده است. از نظر آماری کود پتاسیم در پروتئین، عددزلنی، حجم نان، شاخص سفتی و گلوتن خشک و مرطوب در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. در حالی که کود روی در خصوصیات کیفی اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار پروتئین به مقدار 12/2 درصد با مصرف 300 کیلوگرم K_2O و 10 کیلوگرم Zn در هکتار بدست آمد. همین تیمار بیشترین مقدار عدد زلنی را داشت.

تجزیه واریانس مرکب فاکتورهای اندازه‌گیری شده در آزمایش (جداول 6 و 8) نشان داد در عملکرد دانه بین تیمارها اختلاف معنی‌دار نبود. در عین حال مقایسه میانگین عملکرد تیمارها نشان داد بیشترین عملکرد به میزان 6352 کیلوگرم دانه در هکتار در مجموع دوسال با مصرف 200 کیلوگرم K_2O در هکتار بدست آمد. در وزن هزار دانه نیز بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد وجود داشت. مصرف 10 کیلوگرم Zn در هکتار باعث تولید بیشترین وزن هزاردانه به مقدار 41 گرم شد. در RWC نیز بین تیمارها اختلاف معنی‌دار درسطح 5 درصد مشاهده شد. مصرف 300 کیلوگرم K_2O در هکتار و 10 کیلوگرم Zn در هکتار منجربه حفظ بیشترین مقدار آب (69 %) در برگ شد. کمترین مقدار آب برگ (56 درصد) نیز در تیمار شاهد بود.

همان طور که در جدول 7 مشاهده می‌شود، اثرات اصلی و متقابل کود پتاسیم با کود روی صرفاً در مقدار نسبی آب برگ معنی‌دار می‌باشد .در حالی که اثرات اصلی کود روی در وزن هزار دانه و عملکرد معنی‌دار شده است.

بحث:

مقایسه میانگین عملکرد تیمارهای آزمایش (جدول6) نشان می‌دهد در مجموع دو سال کمترین مقدار عملکرد دانه در تیمار شاهد (عدم مصرف کود پتاسیم و روی) بود. با افزایش غلظت مصرف کودهای روی و پتاسیم به صورت جداگانه و یا توأم، منجربه افزایش عملکرد شده است، به طوری‌که مصرف صرفاً 100 کیلوگرم K_2O در هکتار باعث افزایش 16/3 درصد عملکرد نسبت به عدم مصرف این کود شده است. با افزایش غلظت مصرف کود پتاسیم به میزان 200 کیلوگرم در هکتار افزایش عملکردی معادل 19/3 درصد حاصل گردید. البته این افزایش عملکرد در سطح 300 کیلوگرم مشاهده نشد. افزایش عملکرد و پروتئین گندم با مصرف کودهای پتاسیم توسط محققین زیادی گزارش شده است. ثواقبی و ملکوتی (1379)، گزارش نمودند مصرف 100 کیلوگرم پتاسیم در هکتار منجربه افزایش 580 کیلوگرم گندم در هکتار شده است. سعد (1988)، گزارش نمود با مصرف پتاسیم پروتئین دانه گندم از 10/41 به 17/43 درصد افزایش یافته است.

همچنین با توجه به نقش مثبت مصرف روی در افزایش وزن هزار دانه، همان‌طورکه در این آزمایش

مشاهده شد در سال اول مصرف 15 کیلوگرم روی در هکتار و در سال دوم مصرف 10 کیلوگرم روی در هکتار بیشترین مقدار وزن هزار دانه را حاصل نمود (جدول3) و بر اساس نتایج دو سال آزمایش (جدول6) مصرف 10 کیلوگرم Zn منجربه حصول حداکثر وزن هزار دانه و بهبود خصوصیات کیفی در گندم شده است. بلالی و همکاران (1379)، در یک آزمایش که در 1000 مزرعه در سطح کشور انجام شد مشاهده نمودند میانگین افزایش عملکرد گندم در اثر مصرف سولفات روی 406 کیلوگرم در هکتار بود. سدری و ملکوتی (1377)، در یک آزمایش مشاهده نمودند با مصرف سولفات روی درصد پروتئین دانه گندم از 10/6 به 14 درصد افزایش یافته است.

در این آزمایش مشاهده گردید مصرف کودهای روی و پتاسیم خصوصاً پتاسیم باعث افزایش مقدار نسبی آب برگ (RWC) و نهایتاً افزایش مقاومت گیاه در برابر سرما می‌گردد. در 6 ماهه دوم هر دو سالی که این آزمایش انجام شد ملاحظه گردید دمای زیر صفر در تمام ماه‌ها وجود دارد به طوری‌که در ماه‌های دی و بهمن کاهش دما به 15- الی 18- درجه سانتی گراد، منجربه ایجاد یخ زدگی خاک و ریزوسفر در گندم شد. علاوه بر این در سه ماهه اول هر سال که نیاز به دمای بالای 10- 5 درجه سانتی گراد برای رشد رویشی مطلوب گندم می‌باشد، گاهاً افت دما به صفر درجه سبب ایجاد سرمازدگی در این محصول شد. لذا به نظر می‌رسد مصرف کود پتاسیم به میزان 300 کیلوگرم K_2O حداکثر مقاومت گندم در برابر سرمازدگی را ایجاد می‌نماید. میر محمدی و اصفهانی (1379) گزارش نمودند در صورتی که مقدار نسبی آب بافت گیاهی از 55 درصد بیشتر باشد توانایی گیاه در برابر سرمازدگی افزایش می‌یابد.

در این آزمایش مشاهده شد مصرف کودهای پتاسیم و روی باعث بهبود و افزایش خصوصیات کیفی گندم مانند درصد پروتئین، شاخص زلنی، شاخص سفتی، حجم نان، جذب آب، مقدار گلوتن و درجه کشیدگی گلوتن شده است (جداول 4 و 6). همچنین مصرف کودهای پتاسیم و روی مقادیر این دو عنصر را در برگ و بذر افزایش داده است (جدول5). البته افزایش پتاسیم ناچیز بود ولی افزایش روی در این دو اندام گیاهی قابل توجه می‌باشد. به نظر می‌رسد مصرف کود پتاسیم باعث تجمع بیشتر روی در اندام گیاهی می‌شود. در حالی که مصرف کود روی تأثیر زیادی در افزایش غلظت پتاسیم در اندام گیاهی نداشته است ولی مقدار روی را شدید افزایش داده است. محققینی همچون تاندون (1992)، تی واری و همکاران (1982)، به نقش پتاسیم در افزیش غلظت روی در گیاه و افزایش کارآیی پتاسیم توسط روی اشاره نموده‌اند. بر این اساس استفاده توأم این دو عنصر (300 کیلوگرمK_2O در هکتار و 10 کیلوگرم Zn در هکتار در زمان کاشت) جهت بهبود خصوصیات کیفی اندام گیاهی و به تبع آن افزایش مقاومت گیاه گندم در برابر سرمازدگی حائز اهمیت می‌باشد .بدیهی است که نتیجه نهایی تمام این فرآیندها افزایش عملکرد گندم در مناطق سردسیر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد مصرف عناصر روی و پتاسیم در خاک‌هایی که مقدار این دو عنصر در آنها کمتر از حد بحرانی است، باعث بهبود خصوصیات کیفی بذر گندم و افزایش مقدار نسبی آب در برگ گیاه می‌شود. که این امر افزایش مقاومت گیاه در برابر سرما را به دنبال دارد. لذا بر اساس نتایج این آزمایش جهت حصول عملکرد مناسب گندم در مناطق سردسیر، مصرف 300 کیلوگرمK_2O و 10 کیلوگرمZn در هکتار ضروری است.

تشکر و قدردانی

بخشی از آزمایشات این تحقیق در آزمایشگاه شیمی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام گردید که بدین وسیله تقدیر و تشکر می‌شود. اعتبار این تحقیق از محل پروژه‌های مصوب موسسه تحقیقات خاک و آب تأمین گردید که بدین وسیله تشکر می‌گردد. از همکاران در ایستگاه تحقیقات اقلید و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

جدول 1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	فسفر (قابل دسترس)	پتاسیم	روی	رطوبت اشباع	آهک	کربن آلی	شن	سیلت	رس
		(میلی گرم در کیلوگرم)			(درصد)					
0/76	8	8	245	0/8	41	34	0/53	28/4	40	31/6

جدول2- عملکرد، وزن هزاردانه و مقدارنسبی آب برگ در تیمارهای آزمایش

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		مقدارنسبی آب برگ (درصد)		وزن هزار دانه (گرم)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
K_0 Zn_0	*4433b	6220a	64b	57ab	37a	38b
K_0 Zn_{10}	5066ab	6393a	64b	65ab	38a	43a
K_0 Zn_{15}	6935a	5543a	64b	61ab	39a	38b
K_{100} Zn_0	5720ab	6670a	72a	61ab	37a	38b
K_{100} Zn_{10}	5642ab	6333a	69ab	63ab	38a	41b
K_{100} Zn_{15}	4966ab	5682a	68ab	65ab	37a	39b
K_{200} Zn_0	5168ab	7537a	69ab	63ab	38a	39ab
K_{200} Zn_{10}	5061ab	6212a	69ab	63ab	39a	40b
K_{200} Zn_{15}	4905ab	6140a	58b	54b	37a	42ab
K_{300} Zn_0	4850ab	5895a	73a	61ab	38a	41ab
K_{300} Zn_{10}	6166ab	6362a	70ab	69a	38a	38b
K_{300} Zn_{15}	5756ab	6752a	71ab	65ab	37a	42ab

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 3- خصوصیات کیفی اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایش در سال اول

تیمار	درصد پروتیئن	عدد زلنی	حجم نان (ml)	درصد رطوبت	شاخص سفتی	درصد جذب آب	درصد گلوتن خشک	درصد گلوتن مرطوب	شاخص گلوتن	درجه کشیدگی گلوتن
K_0 Zn	12a	33ab	482ab	11a	53a	65a	10 ab	30ab	37 a	N
K_0 Zn_{10}	12/3a	34a	524a	11a	54a	65a	11ab	33a	45a	N
K_0 Zn_{15}	12a	33ab	460ab	11a	53a	64a	10/3ab	31ab	45a	N
K_{100} Zn_0	11/7a	31a	501ab	11a	53a	64a	10ab	30ab	27a	N
K_{100} Zn_{10}	11/7a	30ab	466b	11a	53a	64a	9/3ab	28b	41a	N
K_{100} Zn_{15}	12/1a	33ab	507a	11a	53a	64a	10/6ab	31ab	24a	S
K_{200} Zn_0	12/1a	33ab	507ab	11a	53a	64a	10/6ab	31ab	24a	N
K_{200} Zn_{10}	12/5a	34a	472a	11a	53a	64a	10/3ab	32ab	30a	N
K_{200} Zn_{15}	12/2a	34a	512ab	11a	54a	64a	11ab	32a	28a	N
K_{300} Zn_0	12/3a	34ab	489ab	11a	53a	64a	11ab	31ab	38a	N
K_{300} Zn_{10}	12/6a	34a	519a	11a	55a	65a	11/5a	33a	37a	N
K_{300} Zn_{15}	12/4a	34a	484ab	11a	54a	65a	11/5a	33a	32a	N
میانگین	12/1	33	488	11	53	64	10/6	31	35	N
حد مطلوب	12-14		500 <	12-14	50-65	63-67	12-14	27		

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 4- مقادیر روی و پتاسیم در برگ و بذر تیمارهای آزمایش

تیمار	پتاسیم (درصد)		روی (میلی گرم در کیلوگرم)	
	برگ	بذر	برگ	بذر
K_0 Zn_0	2/25a*	0/65ab	7/3bc	13b
K_0 Zn_{10}	2/45a	0/59ab	9ab	14ab
K_0 Zn_{15}	2/43a	0/61ab	8/6bc	14ab
K_{100} Zn_0	2/43a	0/63ab	7/6ac	14ab
K_{100} Zn_{10}	2/43a	0/61ab	8ab	16ab
K_{100} Zn_{15}	2/51a	0/66ab	9/6ab	18ab
K_{200} Zn_0	2/47a	0/62ab	7/6ab	13b
K_{200} Zn_{10}	2/43a	0/64ab	9/3ab	15ab
K_{200} Zn_{15}	2/43a	0/66ab	8ab	19a
K_{300} Zn_0	2/47a	0/59b	9/3ab	14ab
K_{300} Zn_{10}	2/36a	0/67ab	8/6ab	15ab
K_{300} Zn_{15}	2/54a	0/72a	10a	18ab

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 5- خصوصیات کیفی اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایش درسال دوم

تیمار	درصد پروتیئن	عدد زلنی	حجم نان (متر مکعب)	درصد رطوبت	شاخص سفتی	درصد جذب آب	درصد گلوتن خشک	درصد گلوتن مرطوب	شاخص گلوتن
K_0 Zn_0	11/8ab	33a	469ab	10/9a	51a	63/5ab	11/1a	31/3a	43/3a
K_0 Zn_{10}	11/8ab	32ab	468ab	11/1a	53a	63/8ab	11/1a	32a	45/3a
K_0 Zn_{15}	11/7ab	32ab	453ab	10/7a	52a	63/6ab	9/3abc	30ab	44a
K_{100} Zn_0	11/4b	30 b	432b	10/7a	51a	63/4ab	9/3c	28/7b	30/7a
K_{100} Zn_{10}	11/4b	30/6ab	431b	10/8a	51a	63/1b	9/7bc	28b	34/3a
K_{100} Zn_{15}	11/6ab	31ab	466ab	10/6a	51a	63/5ab	10/1abc	29/7ab	28/7a
K_{200} Zn_0	11/6ab	32/6a	464ab	10/8a	51a	63/5ab	10/7ab	31ab	35/7a
K_{200} Zn_{10}	11/7ab	32a	484ab	10/9a	53a	64/1a	11/1a	32a	45/3a
K_{200} Zn_{15}	11/9ab	32ab	473ab	11/1a	51a	63/4ab	10/3abc	30ab	48/3a
K_{300} Zn_0	11/9ab	32ab	458ab	10/6a	53a	63/8ab	10/7ab	30/7ab	42/3a
K_{300} Zn_{10}	12/2a	33a	486a	10/8a	52a	63/7ab	10/3abc	31ab	27a
K_{300} Zn_{15}	11/7ab	31ab	439ab	10/9a	52a	63/7ab	10/3abc	30/3ab	32a
میانگین	11/7	31/6	460	10/8	52	63/6	10/3	30	36/9
حد مطلوب	12-14		›500	12-14	50-65	63-67	12-14	› 27	

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 6- میانگین عملکرد، RWC و وزن هزار دانه در تیمارهای آزمایش در مجموع دو سال

تیمار	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	مقدارنسبی آب برگ (درصد RWC)	وزن هزار دانه (گرم)
K_0 Zn_0	5324a	56c	38abc
K_0 Zn_{10}	5729a	65ab	41a
K_0 Zn_{15}	6239a	63abc	39abc
K_{100} Zn_0	6195a	66ab	38abc
K_{100} Zn_{10}	5987a	66ab	40abc
K_{100} Zn_{15}	5626a	66ab	38bc
K_{200} Zn_0	6352a	64ab	39abc
K_{200} Zn_{10}	5636a	65ab	39abc
K_{200} Zn_{15}	5522a	60bc	39abc
K_{300} Zn_0	5372a	67ab	40ab
K_{300} Zn_{10}	6264a	69a	37c
K_{300} Zn_{15}	6254a	65ab	39abc

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 7- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل روی و پتاسیم در سال های اول و دوم آزمایش

منابع تغییر	میانگین مربعات mean squar					
	سال اول			سال دوم		
	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	مقدار نسبی آب برگ (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	مقدار نسبی آب برگ (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)
تکرار	428525$^{n.s}$	320*	11$^{n.s}$	4680709 $^{n.s}$	328*	40/9*
کود پتاسیم	5101 71$^{n.s}$	102*	1/8$^{n.s}$	528373$^{n.s}$	33*	1/7$^{n.s}$
کود روی	1153500$^{n.s}$	68$^{n.s}$	2*	91319 *	105$^{n.s}$	3/8*
روی xپتاسیم	1950234*	16*	2$^{n.s}$	951772$^{n.s}$	46*	13/4$^{n.s}$
	2096065	39	3	1698930	44	4/4
C.V	26/86	9/48	4/84	20/65	10/55	5/21

n.s عدم تفاوت معنی‌دار * در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌دار است.

جدول 8 - تجزیه واریانس مرکب اثرات روی و پتاسیم بر عملکرد ،مقدار نسبی آب برگ و وزن هزاردانه گندم

منابع تغییر	میانگین مربعات		
	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	مقدار نسبی آب برگ (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)
سال	15304278/12$^{n.s}$	239/4402 $^{n.s}$	59/0422$^{n.s}$
تکرار x سال	2554617/36	324/2968	26/1496
پتاسیم	123023/ 50$^{n.s}$	117/ 3112 *	1/7992 $^{n.s}$
سالx پتاسیم	915520/72	19/1760	1/82370
روی	55808/68 $^{n.s}$	90/3505$^{n.s}$	0/9866 $^{n.s}$
سالxروی	2010888/54	83/8172	4/9088
روی xپتاسیم	1742409/61	44/7061	9/6048
سالxرویxپتاسیم	1159597/80	17/4653	6/0425
C.V	23/54	10/01	5/04

n.s عدم تفاوت معنی‌دار * در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌دار است.

فهرست منابع:

1. ایمانی، ع.، و ع. طلائی. 1376. بررسی نقش پروتئین در افزایش مقاومت شکوفه های بادام به سرمای بهاره. نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر جلد 3. شماره 3. کرج. ایران.
2. بلالی، م .ر.، م. ج. ملکوتی، ح. مشایخی و ز. خادمی. 1379. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاک‌های تحت کشت گندم آبی در ایران. تغذیه متعادل گندم، مجموعه مقالات، نشر آموزش کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران. ص.121.
3. بنی صدر، ن.، 1374. بررسی تحمل به گرما و سرما در چند رقم جو ایرانی. نهال و بذر. جلد 11. شماره4.
4. ثواقبی، غ. ر.، و م. ج. ملکوتی. 1379. برهمکنش پتاسیم و روی بر عملکرد و میزان پروتئین دانه گندم. تغذیه متعادل گندم (مجموعه مقالات)، نشر آموزش کشاورزی. تهران. ایران. ص.319.
5. حسینی، س. م.، 1376. تعیین حد بحرانی فسفر و پتاسیم در گندم. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. شیراز. ایران.
6. خلدبرین، ب.، و ط. اسلام زاده. 1380. تغذیه معدنی گیاهان عالی. ترجمه. جلد اول. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ایران. ص.386.
7. سدری، م. ح.، و م. ج. ملکوتی. 1377. تعیین حد بحرانی عناصر ریزمغذی در مزارع گندم کردستان. مجله علمی پژوهشی خاک و آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.
8. شهابی ع. ا.، و م. ج. ملکوتی. 1379. ضرورت افزودن پتاسیم به خاک‌های کشور. نشریه فنی شماره 111، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران. ایران. ص.10.
9. کوچکی ع.، و غ. ح. سرمدنیا. 1377 فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه .چاپ هفتم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ایران. 400ص.
10. ملکوتی م. ج.، و م. نفیسی. 1376. ضرورت مصرف کلرورپتاسیم برای تأمین پتاسیم مورد نیاز در مزارع غیر شور کشور. نشریه فنی شماره 21 . مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی. تهران
11. میر محمدی، س. ع. م.، و س. ترکش اصفهانی. 1379. جنبه‌های فیزیولوژی و به نژادی تنش‌های سرما و یخزدگی گیاهان زراعی. چاپ اول. انتشارات گلبن. اصفهان. ایران.223ص.
12. Gupta, VK. 1983. Zinc – Potassium relationship in wheat. Haryana Agric. Univ. J. Res. 13:140-146.
13. Paulsen, G.M., and E.G. Heyne. 1983. Grain production of winter wheat after spring freeze injury. Agron. J. 75:705-707.
14. Robertson, A.J., A. Weninger, R. W. Wilen. 1994. Comparison of dehydrin gene expression and freezing tolerance in Bromus inermis and Secale cereale grown in controlled environments, hydroponics and the field. Plant Physiol. 106: 1213-1216.
15. Saad. A.O.M. 1988. Growth photosynthetic pigments content and yield of wheat plant as influenced by time of potassium application. Egyption J.of Agron. 11(1-2): 53-62.
16. Tandon, H. 1992. Management of nutrient interactions in agriculture. Fertilizer Development and Consulation Organisation, New Dehle. India, pp.142.
17. Tiwari et al. 1982. Effect of potassium and dry- matter production and nutrient uptake by potato variety (*Solanum tuberosum*) in an alluvial soil of Uttar Pradesh. Plant and Soil.65:141-147.
18. Yaeesh Siddiqi. M., A.R. Memon and A.D.M. Glass. 1984. Requlation of K+ Influx in barley (effects of low temperature). Plant physiol. 74: 730-734.
19. Yilmaz, A.,H. Ekiz, B. Torun, I. Gultekin, S. Karanlik, S. A. Bagi and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc application methods on growth, yield and zinc concentration in wheat cultivars on zinc deficient calcareous soils. J.Plant Nutr.20(445):461-471.