Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

Evaluation of changes in nitrogen, zinc, and potassium sources and their combined application on some growth factors and physiological traits of maize (*Zea mays* L.) cultivar single cross 704

Tahereh Tavan[1], Mohamad Ali Rezai[2*], Mehrali Mahmod Janlou[3]

[1] Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail:Tahere.tavan@yahoo.com
[2] Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail:mohalirez@yahoo.com
[3] Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail:mehr.janlou@gmail.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 27.08.2021
Revised: 19.11.2021
Accepted: 21.11.2021
Published:20.03.2024

Keywords
Corn
Potassium
Silk
Nitrogen
Zinc

Abstract

In order to evaluate the changes resulted from the sources of nitrogen, zinc, and potassium and their simultaneous application on some morphophysiological traits of single cross 704 hybrid maize, a randomized complete block design with four replications was done in the spring and summer of 2019 in Golestan province, the Katoul farm. Treatments included nitrogen (N), potassium (P), and zinc (Z) fertilizers and combined application of nitrogen+potassium(NP), nitrogen+zinc(NZ), potassium+zinc (PZ) and nitrogen+potassium+ zinc (NPZ) with control. The results showed the traits were affected by fertilizer sources significantly ($p \leq 0.01$). The highest 1000-seed weight was observed in N treatment and simultaneous application of fertilizers. The highest yield was obtained in NPZ treatment. The highest amount of chlorophyll a was obtained in P and NPZ treatments. The highest amount of chlorophyll b and total chlorophyll was obtained in P treatment. The highest grain yield and plant dry weight were in NPZ treatment and the highest ear length and leaf protein were in PZ and NPZ treatments, and the highest grain protein were in NZ and NPZ treatments. The highest content of soluble leaf sugars was observed in Z treatment application, and the highest amount of silk soluble sugars in P treatment and the highest levels of granular soluble sugars were observed in N and P and NPZ treatments.

Cite this article as: Tavan, T., Rezai, M.A., Mahmod Janlou, M.A. (2024). Evaluation of changes in nitrogen, zinc, and potassium sources and their combined application on some growth factors and physiological traits of maize (*Zea mays* L.) cultivar single cross 704. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(1): 95-108.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

ارزیابی تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی، پتاسیم و کاربرد توام آنها بر برخی فاکتورهای رشد و صفات فیزیولوژیکی ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴

طاهره توان[۱]*، محمدعلی رضایی[۲]، مهرعلی محمودجانلو[۳]

[۱] گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: Tahere.tavan@yahoo.com
[۲] گروه زیست شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: mohalirez@yahoo.com
[۳] گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: mehr.janlou@gmail.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰
تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

واژه‌های کلیدی:
ابریشم
پتاسیم
ذرت
روی
نیتروژن

چکیده

به منظور ارزیابی تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی، پتاسیم و کاربرد توام آنها بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ در استان گلستان در منطقه‌ای واقع در شهر مزرعه کتول انجام شد. تیمارها شامل کود نیتروژن (اوره)، پتاسیم (سولفات پتاسیم)، روی (سولفات روی) به تنهایی، کاربرد توام نیتروژن + پتاسیم، کاربرد توام نیتروژن + روی، کاربرد توام روی + پتاسیم، کاربرد توام نیتروژن + پتاسیم + روی در مقابل شاهد بود. نتایج نشان داد صفات مورد مطالعه تحت تاثیر منابع کودی قرار گرفتند و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شدند. بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای کاربرد تکی نیتروژن و کاربرد توام کودها و بیشترین عملکرد در کاربرد توام کود (نیتروژن + پتاسیم+ روی) مشاهده شد. بیشترین مقدار کلروفیل a با کاربرد مستقل پتاسیم و کاربرد توام (نیتروژن+ روی+پتاسیم)، بیشترین مقدار کلروفیل b و کل در کاربرد پتاسیم بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه و وزن خشک بوته، در کاربرد توام (نیتروژن+ روی+ پتاسیم)، بیشترین طول بلال و پروتئین برگ در تیمار کاربرد توام (روی+ پتاسیم) و (نیتروژن+ روی + پتاسیم)، بیشترین پروتئین دانه در کاربرد توام (نیتروژن+ روی) و (نیتروژن+ روی + پتاسیم) و بیشترین محتوای قندهای محلول برگ در تیمار کاربرد تنهایی روی، قندهای محلول ابریشم در تیمار کاربرد تکی پتاسیم و قندهای محلول دانه در کاربرد تکی نیتروژن و پتاسیم و کاربرد توام (نیتروژن+ پتاسیم+ روی) مشاهده گشت. نتایج نشان داد بین عناصر نیتروژن، روی و پتاسیم برهمکنش مثبت وجود داشته و عملکرد گیاه تابعی از رفتار فیزیولوژیکی گیاه است.

استناد: توان، طاهره؛ رضایی، محمدعلی؛ محمودجانلو، مهرعلی. (۱۴۰۳). ارزیابی تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی، پتاسیم و کاربرد توام آنها بر برخی فاکتورهای رشد و صفات فیزیولوژیکی ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۱)، ۱۰۸-۹۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

ذرت بـا نـام علمـی (*Zea mays* L.) یکـی از مهمترین گیاهـان زراعـی دنیـا محسـوب مـی‌شـود بـه گونه‌ای که بعد از گندم مقام دوم از لحـاظ سـطح زیـر کشت را به خود اختصاص داده از نظر فتوسـنتزی C_4 می‌باشد (FAO, 2017). ذرت گیاهی تک پایه بـوده و گل‌های نر و ماده در این گیاه از هم جدا ولی بر روی یک پایه هستند. گل‌های نر در انتهای ساقه و گل‌هـای ماده در زاویه بین بـرگ و سـاقه تشـکیل مـی شـوند. گل‌های ماده که بر روی یک محور چوبی به نام بـلال قرار گرفته‌اند، توسط برگهایی پوشـیده شـده انـد. بـر روی بلال هر گل ماده علاوه بر تخمدان دارای کلالـه ای طویل به نام ابریشم است. ابریشم ذرت از قسـمت جنینی دانه ذرت به دست می‌آیـد. در طـب سـنتی بـه عنوان مدر، دفع کننده سنگ کلیوی، پایین آورنده اسید اوریک خـون و ضـدعفونی کننـده اسـتفاده مـی‌شـود (Samsam Shariat, 2006). اسـتفاده از کودهـا بـرای بهبود حاصلخیزی خاک و تولیدات گیاهی صرف نظـر از نوع کشت یا شرایط محیطـی اجتنـاب ناپـذیر اسـت (Subramanian, 2015). مصـرف متعـادل کودهـای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنـه بـرای دسـتیابی بـه میزان بهینه محصول و در عـین حـال کـاهش خطـرات زیست محیطی ضروری به نظر مـی‌رسـد (Azeem et al., 2015). Kafi و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند کـه بیشترین تقاضای گیاه ذرت به نیتروژن در فاصله ۲۰ تـا ۹۰ روز پس از کاشت است. در مراحل شش تـا هفـت برگـی پتانسـیل تعـداد دانـه گـرده در آینـده مشـخص می‌شود و از مرحله ۸ تا ۱۰ برگی جذب موادغـذایی و ماده خشک گیاه به طور مستمر افـزایش مـی‌یابـد و در مرحله پس از گلدهی وزن هزار دانه افزایش مـی‌یابـد. کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی از جمله نیتروژن اثرات منفی بر محیط زیست و سـلامت انسـان دارنـد (Noura and Nesreen, 2019). نیتـروژن بـه عنـوان مهمترین عنصر مورد نیاز برای رشـد و نمـو گیاهـان و همچنین جزء کلیدی در بسـیاری از ترکیبـات زیسـتی محسوب شده و نقش مهمـی در فعالیـت فتوسـنتزی و تشکیل عملکرد نهایی گیاه ایفا مـی‌کنـد (Kaur et al., 2015). Cambouris و همکـاران (۲۰۱۶) در بررسـی تاثیر نیتروژن تحت تاثیر بافت خاک بر اجزای عملکرد ذرت، تاثیر معنی‌دار کود نیتـروژن بـر وزن هـزار دانـه ذرت را گزارش نمودند. بررسی محققان نشان می‌دهد که کمبود نیتروژن رشد برگ‌هـا را کـاهش مـی‌دهـد و باعث کم رنگ تر شدن برگ‌ها مـی‌شـود، زیـرا میـزان کلروفیل در برگ‌ها کاهش می یابد، پیری برگ تسـریع می گردد و بنابراین مقدار دریافت تشعشع خورشـیدی کاهش می یابد و در نهایت باعث کـاهش تجمـع مـاده خشک در گیاهان می‌شود (Malnou et al., 2008.).

روی (Zinc) به‌عنوان یـک عنصـر ضـروری بـرای رشد و نمو گیاهان نقش ساختاری و عملکردی فراوانی در بسـیاری از فرآینـدهای متـابولیکی گیاهـان برعهـده دارد، ولی مقدار اضافی آن به خصوص در خـاک‌هـای اسیدی یـک فـاکتور محـدود کننـده رشـد بـرای گیـاه محسـوب مـی‌شـود (Kanayama and Kochetov, 2015). محلولپاشی بـا سـولفات روی دارای بیشـترین تأثیر بـر صـفت تعـداد دانـه در ذرت بـوده در حالیکـه کمترین تعداد دانه در ردیف مربوطه به تیماری بود کـه در آن محلو ل پاشی انجام نگرفته است (Rahmani et al., 2013). João و همکاران (2013) در یک بررسـی گلخانـه ای گـزارش کردنـد کـه کـاربرد ٤٠٠ و ٨٠٠ میلی‌گرم برکیلوگرم اکسید روی (ZnO) در خاک رشـد خیار را افزایش داد. نتـایج نشـان داد کـه وزن خشـک ریشه گیاه ۱۱۰و ۱٦۰ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود اگرچه وزن خشـک میـوه‌هـا افـزایش کمـی (۰/٦ و ٦ درصد) درمقایسه بـا شـاهد داشـتند. همچنـین کـاربرد اکسید روی مقدار نشاسته، گلوتلین و روی در میوه‌های خیار برداشـت شـده را افـزایش داد. بـه عـلاوه، تـأثیر

مضری از اکسید روی در رابطه با هیچ یک از پارامترهای رشد مشاهده نشد (Zhao et al., 2014). گزارش‌های بسیاری مؤید تاثیر مثبت عنصر روی در افزایش محتوای کلروفیل در ذرت می‌باشد (Ayad et al., 2010). نتایج محققان نشان داده است محلولپاشی روی موجب افزایش تجمع اسیدهای آمینه و در نتیجه افزایش درصد پروتئین در سویا می‌گردد (Jamsom et al., 2009).

پتاسیم یکی از عناصر ضروری در گیاهان است که در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز، ساخت پروتئین، ساخت و انتقال قند، فعالسازی بیش از ٦٠ نوع آنزیم، تنظیم پتاسیل اسمزی و یونی، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها و تشکیل آوند آبکش نقشهای کلیدی دارد (Karimi, 2017). نقش پتاسیم در تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و کاهش تنش اکسایشی از یک طرف و نیز توانایی این عنصر در افزایش تجمع اسمولیتهای سازگاری از قبیل قندها و پرولین می‌باشد (Karimi et al., 2016). گزارش کردند که کاربرد پتاسیم باعث افزایش معنی دار پایداری غشا و محتوای نسبی آب برگ در نخود می گردد و بیشترین میزان کلروفیل b, a و کل برگ، از سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به دست می‌آید (Rezaei moghaddam et al., 2014). تحقیقات نشان می‌دهد که پتاسیم موجب افزایش محتوای نشاسته، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و افزایش سطح کاروتن در برگ ذرت می‌شود (Perry et al., 2011). پتاسیم سبب افزایش محتوای قند ریشه می‌شود و نقش بیوشیمیایی مهمی در انتقال قند در گیاهان بر عهده دارد (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2016).

پژوهش حاضر در مورد محلولپاشی تکی و توام کود نیتروژن، روی و پتاسیم بر گیاه ذرت می‌باشد و می تواند در مورد تأثیر مصرف کود نیتروژن، روی و پتاسیم در شرایط اقلیمی استان گلستان اطلاعات بسیار مناسبی در اختیار زارعین و محققین قرار دهد. با توجه به اثرات دارویی ابریشم ذرت، پژوهش زیادی در مورد کاربرد کود پتاسیم، روی و نیتروژن بر ابریشم ذرت انجام نشده است لذا انجام این پژوهش ضرورت می‌یابد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ در استان گلستان در منطقه ای واقع در شهر مزرعه کتول با مختصات جغرافیایی (عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ٥٤ دقیقه عرض شمالی و ٥٤ درجه و ٥٣ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریا ١٤٠ متر و دارای باراندگی سالانه ٤٠٠ تا ٤٥٠ میلی‌متر)، با هدف ارزیابی تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم و کاربرد توام آنها بر برخی فاکتورهای رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان پروتئین و قندهای محلول برگ و ابریشم و دانه ذرت (*Zea mays* L.) با هفت تیمار و چهار تکرار بصورت یک آزمایش در قالب طرح بلوکهای کاملا تصادفی انجام شد. در این آزمایش در هر کرت ٤ ردیف ذرت با فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر به طول ۵ متر کشت شد. فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت به منظور نمونه برداری از خاک به عمق ۳۰ سانتی‌متر با استفاده از اوگر انجام شد، سپس نمونه خاک مزرعه به آزمایشگاه منتقل شد تا از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی مورد بررسی قرار گیرد (جدول ۱). کاشت ذرت در خرداد ماه سال ۱۳۹۸ انجام گرفت. کودهای روی، پتاسیم و نیتروژن طبق دستور مصرف (جدول ۲) در دو مرحله قبل از گلدهی در مرحله هشت برگی و آغاز ظهور گرده توسط سمپاش تلمبه ای به اندام هوایی گیاه ذرت اسپری شد. آبیاری در تحقیق حاضر به صورت غرقابی هر دوازده روز یک بار صورت گرفت. تیمارها

شامل :کود نیتروژن، پتاسیم، روی به تنهایی، کاربرد توام نیتروژن +پتاسیم، کاربرد توام نیتروژن + روی، کاربرد توام روی + پتاسیم، کاربرد توام نیتروژن+ پتاسیم+ روی، در مقابل شاهد بود. سنجش پارامترهای مورفولوژیکی شامل طول بوته، وزن خشک بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل و سنجش شاخص فیزیولوژی شامل رنگیزه‌های فتوسنتزی (a,b,a+b)، قندهای محلول، پروتئین برگ، ابریشم و دانه ذرت ده روز بعد از محلولپاشی دوم صورت پذیرفت. برای سنجش پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی: برای تعیین غلظت کلروفیل a ,b,a+b برگ ابتدا نیم گرم برگ تازه ذرت با پنج میلی‌لیتر محلول استون ۸۰ درصد سائیده و له شد. سپس نمونه‌ها توسط کاغذ صافی صاف شدند و حجم آن توسط استون به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. محلول حاصله توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. به این منظور ابتدا دستگاه با استون صفر شده و میزان جذب محلول در طول موج ٦٦٣ نانومتر و طول موج ٦٤٥ نانومتر بررسی شد. بر اساس اعداد خوانده شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر غلظت کلروفیل بر اساس میلی گرم بر وزن تر برگ بیان شد (Arnon, 1949).

$$\text{Chl a (mg/gFW)} = (12.25A(663)-2.55A(646))\times V/W\times 1000$$

$$\text{Chl b (mg/gFW)} = (22.31A(646)-4.91A(663))\times V/W\times 1000$$

$$\text{Chl a+b (mg/gFW)} = (17.76A(646)+7.34(663))\times V/W\times 1000$$

سنجش قندهای محلول: ابتدا برگ، ابریشم و دانه تیمارهای مختلف ذرت را به‌مدت ٤٨ ساعت در آون در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از توزین نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال به هر یک از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر الکل ۷۰ درصد افزوده و در ظروف پلی اتیلینی به مدت یک هفته در درون یخچال قرار داده شدند. سپس یک میلی‌لیتر از بخش بالائی محلول برداشته و یک میلی‌لیتر آب مقطر، ۱ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن افزوده شد و میزان جذب نوری محلول در طول موج ٤٨٥ نانومتر با استفاده از شاهد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. میزان قندهای محلول با استفاده از محلول استاندارد گلوکز و بر حسب میلی گرم در گرم وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید (Kochert, 1978).

سنجش میزان پروتئین کل: ۰/۲ گرم ماده خشک از برگ، ابریشم و دانه گیاه ذرت در یک بوته چینی به کمک ۰/۵ میلی‌لیتر بافرتریس خوب ساییده شد و بعد از ۵ دقیقه محتویات به درون لوله سانتریفوژ منتقل و دوباره با ۰/۵ میلی‌لیتر دیگر بافرتریس بوته چینی شسته شده و به لوله سانتریفوژ منتقل گردید. لوله‌ها بلافاصله به‌مدت ٤٠ دقیقه با دور g ۵۰۰۰ سانتریفوژ شده و پس از خروج از دستگاه، بخش رویی به یک لوله آزمایش منتقل گردید. ۵۰ میکرولیتر از عصاره حاصل در یک لوله آزمایش دیگر ریخته شد و بر روی آن ۹۵۰ میکرولیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس معرف هی A (کربنات سدیم و سود۰/۵ نرمال)، B (سولفات مس ۱ درصد)، C (تارتارات سدیم پتاسیم ۲ درصد)، معرف D (شامل معرف‌های B,A و C) و معرف E (معرف فولن سیوکالتو) تهیه شد. سپس به محلول عصاره ۱ میلی‌لیتر از معرف D اضافه شد و در دمای آزمایشگاه ۱۵ دقیقه به حال خود قرار گرفت. سپس ۳ میلی‌لیتر مصرف E به محلول فوق اضافه و به شدت تکان داده شد. در این مرحله محلول ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم ٤٠ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از خارج کردن از حمام آب گرم ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار داده شد. پس از این مرحله جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۵۰ نانومتر با

استفاده از محلول شاهد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Lowry et al., 1951).

تجزیه آماری داده‌ها

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون Duncan سطح احتمال یک درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مورد بررسی و دستورالعمل کودی پیشنهادی

عمق	هدایتالکتریکی (EC*103)	pH	اسیدیته گل اشباع	درصد موادخنثی شونده	کربن آلی (%O.C)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	روی	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	درصد رس	درصد لای	درصد ماسه	بافت خاک
۰-۳۰	۱,۵	۷,۳	۷,٦	۱۹,۰	۱,٦٥	۱۳۰	۰,٥٦	۰,۱٤	٤,۲	۳٤	٤۲	۲٤	Si-C-L

جدل۲: مقدار مصرف نوع کود پیشنهادی

نیتروژن (اوره)	۱۸۰(Kg/ha)
پتاسیم (سولفات پتاسیم)	۲۰۰ (Kg/ha)
روی (سولفات روی)	٤۰(Kg/ha)

نتایج

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳ و ٤)، تیمارهای مورد بررسی اثر معنی داری بر عملکرد دانه، وزن خشک بوته، طول بلال، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، قندهای محلول و پروتئین برگ، ابریشم و دانه ذرت در سطح احتمال یک درصد داشتند.

طول بلال: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد کاربرد کودها چه به صورت تکی و چه به صورت توام افزایش معنی داری را در طول بلال نسبت به شاهد به وجود آورد.

وزن خشک بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد بیشترین وزن خشک بوته در تیمار توام (روی+ پتاسیم+ نیتروژن) و کمترین در شاهد و تیمار کاربرد تکی روی مشاهده گردید.

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۵) نشان داد بیشترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد توام (روی+ پتاسیم+ نیتروژن) و کمترین عملکرد در شاهد مشاهده گردید.

وزن هزار دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۵) نشان داد بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کاربرد تکی روی و کاربرد توام کودهای کاربردی مشاهده گشت.

جدول ۳: تجزیه واریانس برخی صفات موفوفیزیولوژیکی ذرت رقم سینگل کراس۷۰٤

منبع تغییرات	درجه ازادی	عملکرد دانه(تن در هکتار)	وزن هزار دنه(g)	وزن خشک بوته (g)	طول بلال (Cm)	Chl a (mg.g^{-1}.FW)	Chl b (mg.g^{-1}.FW)	Chl total (mg.g^{-1}.FW)
بلوک	۳	٦۳۲۱۸۰۰۷/۸**	۱۰۲۳,۲٤۷٥**	۱۸٤۱/۸٤**	۱٤/٦۲۱۱ ns	۰/۰۰۷۹۸٦۷٤^{ns}	۰/۰۳٦٤٤۸٤^{ns}	۰/۰٥٦۹۹٦۳۳^{ns}
تیمار	۷	۱۸۳٦۹٦۸۰/۱**	٤٤۳۷,٦۷۷**	۱۲٦۷/۳۸۷۱**	۳۱/۲۳ns	۰/۰٥٥۹٤۷**	۰/۱۲۷۷٥۸۸**	۰/۲۷۰۰٥۷**
خطا	۲۱	٦۱۳۱۲۱/۱	۱٥٦,٥۷۸	٤۱۰/۸٥	٥/٦۹٥٥	۰/۰۰۲٥٦۲۸	۰/۰۲٦۷٤۸۰	۰/۰۲٥۸٦
ضریب‌تغییرات(٪)		٦/۸	٤,۱۷٥	٦/۳۱	۹/٤۷	۸/۱۲٤٥	۱۱/۹۷٥	۸/۱٦۸

ns و ** به‌ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۵: مقایسه میانگین تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم بر فاکتورهای رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه ذرت

تیمار	طول بلال(Cm)	عملکرد دانه(تن در هکتار)	وزن هزار دانه(g)	وزن خشک بوته(g)	پروتین برگ ($mg.g^{-1}.DW$)	پروتئین ابریشم ($mg.g^{-1}.DW$)	پروتین دانه ($mg.g^{-1}.DW$)	قندهای محلول برگ ($mg.g^{-1}.DW$)	قندهای محلول ابریشم ($mg.g^{-1}.DW$)	قندهای محلول دانه ($mg.g^{-1}.DW$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}.FW$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}.FW$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}.FW$)
شاهد	۲۰/۶۵b	۸۸۳۵/۸e	۲۳۸/۰۲۵c	۱۶۲/۷۵d	۰/۳۳۶۲c	۰/۰۴۵۷۱۲d	۰/۵۳۰۰۳d	۰/۸۹۲۸۶c	۰/۷۲۷۹۱c	۰/۵۶۷۷c	۰/۳۹۰۲۳d	۱/۱۵۰۷cd	۱/۵۴۷۷c
N	۲۶ab	۱۲۱۸۸/۳c	۳۱۵/۵a	۱۹۵/۶۵bc	۰/۳۶۶۳۳bc	۰/۰۷۳۰۱۲c	۰/۷۴۱۰۹abc	۱/۰۷۳۳۱b	۱/۱۲۱۴۵ab	۰/۶۷۵۵۸a	۰/۵۹۶۶۱c	۱/۴۰۶۹abc	۱/۹۵۸۱b
Zn	۲۳/۶a	۹۹۶۵de	۲۸۰/۲۷۵b	۱۶۶/۴۷۵d	۰/۳۷۹۴۳bc	۰/۰۷۶۷۳۱bc	۰/۶۴۵۶۵c	۱/۲۲۱۰۴a	۰/۹۵۵۵ab	۰/۵۷۸۴۹c	۰/۶۳۴۳bc	۱/۳۹۶۸abc	۲/۰۱۱۱b
K	۲۶/۱۲۵a	۹۳۷۸ de	۲۶۹/۷۷۵b	۱۷۷/۰۱۸cd	۰/۳۹۹۲۹b	۰/۰۸۳۷۴a	۰/۶۷۹۰۵bc	۱/۱۳۶۶۵ab	۱/۱۴۴۰۱a	۰/۶۶۱۰۴a	۰/۷۱۶۲۳a	۱/۶۳۳۴a	۲/۳۵۶۲a
N+Zn	۲۶/۱۰۵a	۱۳۹۶۱۳/۳ab	۳۲۴/۷۵a	۱۹۴/۶۵bc	۰/۰۴۰۱۸۳b	۰/۰۷۴۴۲c	۰/۸۱۰۱۵a	۱/۰۴۸۸۱b	۱/۰۵۱۸۹ab	۰/۶۰۳۴۷bc	۰/۶۵۵۳b	۱/۳۵۵۸bc	۱/۹۹۰۷b
N+K	۲۶/۱۲۵a	۱۲۸۲۲/۸bc	۳۲۷/۳a	۱۹۸/۷ab	۰/۳۸۷۴۶b	۰/۰۷۹۸۵ab	۰/۷۸۵۰۳ab	۱/۰۶۳۱۲b	۰/۹۲۶۷b	۰/۶۳۲۷eab	۰/۵۸۷۲۱bc	۱/۴۹۸۲ab	۲/۰۶۶۲b
Zn+K	۲۶/۱۷۵a	۱۰۴۳۵/۵d	۳۱۲/۵a	۱۹۲/۰۷۵bc	۶۳۴/۴۵a	۰/۰۸۱۷۱۷a	۰/۶۷۷۳۶bc	۱/۱۲۵۴ab	۱/۰۶۷۰۳ab	۰/۶۳۷۰۲ab	۰/۶۲۶۸۵bc	۱/۰۷۶d	۱/۶۸۴۱c
Zn+ K+N	۲۶/۶۷۵a	۱۴۶۶۲/۵a	۳۲۹/۴۷۵a	۲۱۵/۹a	۰/۴۸۵۵a	۰/۰۸۰۲۸۱ab	۰/۸۳۹۰۵a	۰/۹۹۶۰۱bc	۰/۹۵۹۷ab	۰/۶۷۷۳۹a	۰/۷۰۵۳۷a	۱/۴۰۴۱abc	۲/۱۵۶۱ab

Ns و ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی دار، معنی داری در سطح احتمال یک درصد

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک، تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (α = ۱%)

(K): پتاسیم(سولفات پتاسیم): (Kg/ha) ۲۰۰

(N): نیتروژن (اوره): (Kg/ha) ۱۸۰

(Zn): روی (سولفات روی): (Kg/ha) ۴۰

کلروفیل a: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد تیمار کاربرد پتاسیم به تنهایی و کاربرد توام (روی+ پتاسیم+ نیتروژن) بیشترین محتوای کلروفیل a و کمترین میزان در شاهد مشاهده گردید. در همه تیمارهای استفاده از کودها به تنهایی و توام افزایش معنی داری در محتوای کلروفیل a مشاهده گردید.

کلروفیل b: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد محتوای کلروفیل b در تمام تیمارهای استفاده از کود افزایش معنی داری داشته است. بیشترین محتوای کلروفیل b در تیمار کاربرد کود پتاسیم به تنهایی مشاهده شد که تفاوت معنی داری را با تیمار کاربرد نیتروژن به تنهایی نداشت. کمترین در شاهد مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری را با تیمار کاربرد توام (روی +پتاسیم) نشان نداد.

کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد بیشترین محتوای کلروفیل کل در تیمار کاربرد کود پتاسیم به تنهایی مشاهده شد که تفاوت معنی داری را با کاربرد توام کودهای (روی+پتاسیم+نیتروژن) وکمترین میزان در شاهد و تیمار (روی+پتاسیم) مشاهده گردید که بین این تیمارها تفاوت معنی داری به لحاظ آماری مشاهده نشد.

پروتئین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد بیشترین محتوای پروتئین برگ در تیمارهای (روی+پتاسیم+نیتروژن) و(روی+پتاسیم) مشاهده شد که افزایش معنی داری را نسبت به شاهد و تیمارهای دیگر نشان داد. بیشترین محتوای پروتئین ابریشم در تیمار کاربرد تکی پتاسیم و کاربرد توام (روی+ پتاسیم) مشاهده گردید. بیشترین پروتئین دانه در تیمارهای کاربرد توام(نیتروژن+ ر وی) و (نیتروژن+ روی+ پتاسیم) مشاهده شد.

قندهای محلول: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد بیشترین محتوای قندهای محلول برگ در کاربرد تکی روی مشاهده گردید. بیشترین محتوای قندهای محلول ابریشم در تیمار کاربرد تکی پتاسیم و بیشترین قندهای محلول دانه در تیمار کاربرد تکی نیتروژن و پتاسیم و کاربرد توام (نیتروژن+ روی+ پتاسیم) مشاهده گشت.

بحث

در پژوهش حاضر صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه تحت تاثیر کودهای کاربردی قرار گرفتند و افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان دادند. بیشترین طول بلال در تیمار کاربرد توام (روی + پتاسیم) و (روی + پتاسیم + نیتروژن) و بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کاربرد تکی نیتروژن و کاربرد توام (نیتروژن+ روی)، کاربرد توام (نیتروژن+پتاسیم)، کاربرد توام (روی + پتاسیم) و کاربرد توام (روی+پتاسیم+ نیتروژن) مشاهده شد. کمترین عملکرد دانه در کاربرد تکی روی و کاربرد تکی پتاسیم که تفاوت معنی داری با شاهد نداشت دیده گشت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد توام (نیتروژن+روی+پتاسیم) بود. بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کاربرد توام (نیتروژن + پتاسیم + روی) مشاهده شد. عنصر کم مصرف روی با افزایش جذب نیتروژن باعث افزایش سطح برگ، ارتفاع بوته و در نتیجه افزایش وزن خشک بوته می‌شود. در عنصر روی در سنتز و تولید کلروفیل نقش مؤثری دارد، بنابراین فتوسنتز و تولید مواد غذایی بیشتر را در گیاه افزایش می‌دهد. به‌طورکلی تولید وزن خشک گیاه و انتقال آن به قسمت‌های مختلف گیاه در شرایط کمبود عناصر کم

مصرفی از جمله عنصر روی کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر کاربرد تنهای کود روی تفاوت معنی داری را در وزن خشک بوته ذرت نشان داد. اثرات سینرژیستی برهمکنش نیتروژن+ روی در گندم نیز گزارش شده است (Kutman et al., 2011). Mollashahi و همکاران (2013) گزارش کردند که بیشترین ارتفاع در آفتابگردان (۱۴۲/۹۱ سانتی‌متر) از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه حاصل شد. با کاربرد محلولپاشی عناصر کم مصرف میزان عملکرد در گیاه ذرت به علت بهبود فعالیت آنزیمی در گیاه افزایش یافت (Potarzycki and Grzebisz, 2009) ولی در پژوهش حاضر کاربرد مستقل روی و پتاسیم افزایش معنی داری را در صفت عملکرد دانه نسبت به شاهد نشان نداد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد توام (نیتروژن+ روی+ پتاسیم) و تیمار کاربرد توام (نیتروژن+روی) مشاهده گردید. Ghofran Maghsud و همکاران (2014) در بررسی اثر محلو لپاشی آهن، روی و منگنز در آفتابگردان گزارش دادند که اثر محلو لپاشی بر عملکرد بیولوژیک معنی دار نبود. Rahmani و همکاران (2013) نشان دادند محلول پاشی با سولفات روی دارای بیشترین تأثیر بر صفت تعداد دانه در بلال بوده در حالیکه کمترین تعداد دانه در ردیف مربوطه به تیماری بوده است که در آن محلولپاشی انجام نگرفته است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاربرد کودهای پتاسیم، نیتروژن و روی منجر به افزایش معنی دار در رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد شدند. بیشترین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در کاربرد پتاسیم به تنهایی و کابرد توام کودهای (نیتروژن+ پتاسیم + روی) مشاهده شد. گزارشهای بسیاری مؤید تاثیر مثبت عنصر روی، در افزایش محتوای کلروفیل در ذرت می‌باشد (Ayad et al., 2010). مطالعات زیادی نشان داده است که غلظت کلروفیل برگ همبستگی مثبت و قوی با غلظت نیتروژن برگ دارد (Rheinaand Silv, 2017).

Sharma و همکاران (2017) نشان دادند با افزایش میزان کوددهی نیتروژن و روی، میزان کلروفیل گیاه افزایش یافت. گیاهان ریحان تیمارشده با غلظت‌های مختلف روی، میزان بیشتری از کلروفیل‌ها را به ویژه کلروفیلa و کل در مقایسه با شاهد نشان دادند. این افزایش میزان کلروفیل‌ها سازوکاری دفاعی در برابر مسموم شدن ناشی از فلز روی تلقی می شود. تجمع کلروفیل در گیاهانی که با روی تیمار شده اند به تحمل آن گیاه نسبت به مسموم شدن با روی بستگی دارد. نسبت کلروفیل a/b که شاخص تنش در نظر گرفته می شود معمولاً در گیاهانی که در معرض غلظت‌های زیاد فلزها قرار دارند کاهش می یابد(Borowiak etal,2015). افزایش نسبت کلروفیلa/b در مقایسه با شاهد در گونه‌های مختلف بید(*Salix* spp) در معرض غلظت‌های مختلف روی گزارش شده است(Borowiak etal,2015). تأثیر مثبت عنصر روی به فرم معمولی و نانو بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان بدون تنش و در شرایط تنش در گیاهان مختلف ارائه شده است (Babaei et al., 2017).

تحقیقات صورت گرفته حاکی از اثر مثبت کود سولفات روی بر درصد پروتئین خام در گونه‌های مختلف سویا بود (Adeli et al., 2012) که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر کاربرد روی منجر به افزایش معنی دار در پروتئین ابریشم ذرت گردید. گزارش کردند که کاربرد پتاسیم باعث افزایش معنی دار پایداری غشاء و محتوای نسبی

آب برگ در نخود می گردد و بیشترین میزان کلروفیل a ,b و کل برگ، از سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به دست می آید (Moinuddin and Imas, 2014). به کار بردن پتاسیم کارایی فتوسنتز را افزایش می دهد، زیرا سبب افزایش محتوای کلروفیل می‌شود (Mubarak et al., 2016).

محتوای پروتئین‌های محلول یکی از شاخص‌های مهم نشان دهنده وضعیت فیزیولوژیکی در سلول‌های گیاهی تحت تنش می‌باشد (Karimi, 2017). Bouis and Islam (2011) گزارش نمودند رشد گندم در خاک‌های با کمبود روی نه تنها منجر به محدودیت رشد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد بلکه غلظت پروتئین دانه را نیز کم کرده و از طریق محلولپاشی روی حدأکثر عملکرد دانه و غلظت پروتئین در دانه گندم ایجاد می شود. گزارش شده است که در مقادیر زیاد نیتروژن، بخش قابل توجهی از کل محتوای نیتروژن به جای تبدیل به اسیدهای آمینه یا پروتئین‌ها به صورت یون‌های نیترات در بخشهای غیر دانه‌ای گیاه تجمع خواهد یافت. پس برخلاف تصور، رابطه مستقیم بین نیتروژن مصرفی و محتوای پروتئین وجود ندارد. از عامل‌های مؤثر بر میزان پروتئین دانهٔ ذرت این است که کود نیتروژن دار در چند مرحله پخش شود. در این حالت میزان مواد پروتئینی دانه به مراتب بیشتر از هنگامی است که کود نیتروژنه تنها در هنگام کاشت پخش شود (Grassini et al., 2015). Oloyede و همکاران (2012) نشان دادند مصرف کود نیتروژن، فسفر، پتاسیم باعث افزایش در میزان پروتئین کدوحلوایی شد. در پژوهش حاضر کاربرد توام (نیتروژن+ روی+ پتاسیم) افزایش معنی داری را در پروتئین برگ و ابریشم و دانه ذرت منتج شد. نیتروژن جزء مهم پروتئین‌ها را تشکیل می دهد و فراهم بودن آن برای عملکرد بهینه ی محصول مهم است (Klikocka et al., 2017). نتایج نشان داد که غلظتهای مناسب نیتروژن موجب افزایش میزان پروتئین محلول شد که با نتایج سایر مطالعات مطابقت دارد (Jahani et al., 2018). در پژوهش حاضر کاربرد نیتروژ ن افزایش معنی داری در پروتئین گیاه ذرت بوجود آورد. بنابراین افزایش میزان پروتئین تحت تأثیر کودهای نیتروژن به نقش مستقیم آن در تشکیل پروتئینها مربوط می شود. همچنین نیتروژن بر ساختار ریبوزوم‌ها و بیوسنتز برخی هورمون‌ها مانند جیبرلین‌ها، اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها که در بیوسنتز پروتئین دخالت دارند، تأثیر می‌گذارد (Singh et al., 2016). پتاسیم در آخرین مرحله فرایند ساخت پروتئین شرکت دارد و آن را هدایت می کند. لذا در داخل گیاه وقتی میزان پتاسیم کم می‌شود، میزان پروتئین هم کاهش یافته و به جای آن غلظت آمیدها و اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد (Chakraborty et al., 2016).

در پژوهش حاضر بیشترین محتوای قندهای محلول برگ در تیمار کاربرد تنهایی روی و پتاسیم مشاهده گشت. مطالعات نشان می‌دهد که در اثر مصرف روی مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته، ایندول استیک اسید، میزان کلروفیل و مقدار پروتئین دانه گندم افزایش می‌یابد. با افزایش میزان کربوهیدرات و بالا رفتن میزان کلروفیل a و b و مقدار ایندول استیک اسید ناشی از مصرف روی، رشد گیاه بهتر شده و با افزایش سطح برگ‌ها، محیط مناسب تری برای انجام فتوسنتز طولانی مدتتر فراهم می گردد، این محققین علت این امر را تولید بیشتر ایندول استیک اسید و در نتیجه جلوگیری از تخریب کلروفیل ذکر می‌کنند. این محققین اعتقاد دارند روی با تأخیر انداختن پیری موجب بهبود تولید کربوهیدرات و انتقال آن به دانه‌های در حال رشد در دوره طولانی تری می‌شوند (Kumar et al., 2013) و Simsek همکاران (2011)

بیان داشتند که سطوح بالای نیتروژن از سنتز نشاسته در اندام‌های هوایی ممانعت به عمل می آورد و سطح قند ریشه را کاهش می دهد بررسی بر گونه‌های مختلف گیاه بید (*Salix* spp.) نشان داده است تنش فلز روی افزایش قندهای محلول را در این گیاه سبب شده است (Borowiak et al., 2015). در پژوهش حاضر کاربرد تکی پتاسیم افزایش معنی داری بر محتوای قندهای محلول ابریشم و دانه منجر شد. پتاسیم سبب می‌شود تا انتقال مواد فتوسنتزی به سمت برگ‌ها بیشتر شده و گیاهانی که کمبود پتاسیم دارند اغلب دارای نیتروژن زیاد و کمبود کربوهیدرات محلول هستند که این وضعیت تولید ریشه‌ها را کاهش می دهد و سبب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود (Gelder and Van gelder, 2006). افزایش قند محلول و کربوهیدرات‌ها در کاربرد کودهای نیتروژن فسفر و پتاسیم در گیاه سیاه دانه گزارش شد (Khalid, 2015 and Shedeed). در پسته کاربرد پتاسیم سیلیکات و پتاسیم سولفات افزایش معنی دار غلظت قندهای محلول برگ و ریشهٔ دانهال‌ها را باعث شد(Ranjbar et al., 2017).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاربرد کودهای پتاسیم، نیتروژن و روی منجر به افزایش معنی‌دار در رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد شدند. بشترین وزن خشک بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمار کاربرد توام (روی+پتاسیم+نیتروژن) مشاهده شد. تمامی تیمارهای کاربردی افزایش معنی داری را در طول بلال نسبت به شاهد منجر گشت. کاربرد توام کودهای مورد مطالعه افزایش معنی داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت. بیشترین محتوای پروتئین برگ در تیمارهای(روی+پتاسیم) و (روی+پتاسیم+نیتروژن)، بیشترین پروتئین دانه در تیمارهای کاربرد توام(نیتروژن+ ر وی) و (نیتروژن+ روی+ پتاسیم) مشاهده شد. بیشترین محتوای پروتئین ابریشم در تیمار کاربرد تکی پتاسیم و کاربرد توام(روی+ پتاسیم) و بیشترین محتوای قندهای محلول برگ در کاربرد تکی روی، بیشترین قندهای محلول دانه در تیمار کاربرد تکی نیتروژن و پتاسیم و کاربرد توام (نیتروژن+ روی+ پتاسیم) مشاهده گشت. کلروفیل برگ با عملکرد همبستگی مثبت دارد. پتاسیم سبب می‌شود تا انتقال مواد فتوسنتزی به سمت برگ‌ها بیشتر شود. نتایج نشان داد بین عناصر نیتروژن، روی و پتاسیم برهمکنش مثبت وجود داشته و عملکرد گیاه تابعی از رفتار فیزیولوژیکی گیاه است.

References

Abdel-Motagally, F. M. F. and El-Zohri, M. (2016). Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17: 178-185.

Adeli, S. Khorgami, A. and Rafiee, M. (2012). The effect of Zinc sulfate on Yield and qualitative characteristics of varieties of soybean Khorramabad climate. The quarterly Academic Journal of Crop Physiology – Islamic Azad University Ahvaz. 3 (10): 21-31.

Arnon, D.J. (1956). Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. Biochemical and Biophysical Acta, 20: 449-461.

Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla, M.S.A.(2010). Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences, 6: 601-608.

Azeem, K., Shah, S., Ahmad, N., Shah, S. T., Khan, F., Arafat, Y., Naz, F., Azeem, I. and Ilyas, M. (2015). Physiological indices, biomass and economic yield of maize influenced by humic acid and nitrogen levels. Russian Agricultural Sciences, 41:115-119.

Babaei, K., Sharifi, R.S., Pirzad, A. and Khalilzadeh, R. (2017). Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Journal of Plant Interactions.12:381–389.

Borowiak, K., Gasecka, M., Mleczek, M., Dabrowski, J., Chadzinikolau, T., Magdziak, Z., Golinski, P., Rutkowski, P. and Kozubik, T. (2015).Photosynthetic activity in relation to chlorophylls, carbohydrates, phenolics and growth of a hybrid Salix purpurea × triandra × viminalis 2 at various Zn concentrations. Acta Physiologiae Plantarum 37: 155

Bouis, H. and Islam, Y. (2011). Biofortifiction: Leveraging agriculture to reduce hidden hunger. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 35: 456-589.

Cambouris, A. N., Ziadi, N., Perron, I., Alotaibi, K. D., St. Luce, M. and Tremblay, N. (2016). Corn yield components response to nitrogen fertilizer as a function of soil texture. Canadian Journal of Soil Science, 96(4):386-399.

Chakraborty, K., Bhaduri, D., Meena, H. N. and Kalariya, K. (2016). External potassium (K+) application improves salinity tolerance by promoting Na+-exclusion, K+- accumulation and osmotic adjustment in contrasting peanut cultivars. Plant Physiology and Biochemistry, 103: 143-153.

FAO, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize, 2017.

Gelder, H. V. and Van-gelder, H. H. M. (2006). Influence of potassium fertilizer application level on oil production and quality in *Mentha piperita* L. Applied- Plant Science, 2 (2): 68-71.

Ghofran Maghsud, S., Mobasser, H. R. and Fanaei. H. R. (2014). Effect of foliar application and time foliar application microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. Applied Sciences, 3 (4): 396-399.

Grassini, P., Specht, J.E., Tollenaar, M., Ciampitti, I. and Cassman, K. (2015). Chapter 2 – High-yield maize–soybean cropping systems in the US Corn Belt. Crop Physiology (Second Edition). 17-41.

Jahani, R., Hassani, A. and Samadi, A.(2018). Effect of foliar application of urea, aspartic acid and glutamic acid on growth, physiological andbiochemical characteristics of Anise hyssop(*Agastache foeniculum*). Applied Soil Research, 5 (2): 95 – 107.

Jamsom, M., Galeshi, S.M.H., Pahlavani, D. and Zeinali, E. (2009). Evaluation of zinc foliar application on yield components, grain yield and grain quality of tow soybean cultivar in summer cultivation. Journal Plant Product. 16(1): 17-28.

João, C.M., Barreira., Isabel C.F.R. Ferreira, M., Beatriz, P.P., Oliveira, J. and Alberto, P. (2013). Antioxidant activity and bioactive compounds of ten Portuguese regional and commercial almond cultivars. Food and Chemical Toxicology. 46: 2230–2235.

Kafi, M.,Borzoee,A.,Salehi,M.,Kamandi,A.,Masoumi, A. and Nabati, J. (2009). Physiology of Enviromental Stresses in Plants (translated). Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) Press, Mashhad, Iran

Kanayama, Y. and Kochetov, A. (2015). Abiotic stress biology in horticultural plants,; Springer, Germany.

Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticultura 215: 184-194.

Karimi, R., Ershadi, A., Rezaei Nejad, A. and Khanizadeh, S. (2016). Abscisic acid alleviates the deleterious effects of cold stress on 'Sultana' grapevine (*Vitis vinifera* L.) plants by improving the anti-oxidant activity and photosynthetic capacity of leaves. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 91: 386-395.

Kochert, G. (1978). Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method, In: Helebust, J.A. Craig, J.S (ed): Handbook of physiological method, pp. 56- 97. Cambridge University. press.Cambridge.

Kaur, A., Bedi, S., Gill, G.K. and Kumar, M. (2015). Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, Crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L) genotypes. Maydica Electronic Public. 57: 75-82.

Khalid, A. K., and Shedeed, M. R., (2015). Effect of NPK and foliar nutrition on growth, yield and chemical constituents in Nigella sativa L. Journal of Mater of Environmental of Science, 6(6): 1709-1714.

Klikocka, H., Kobiałka, A., Szostak, B. and Barczak, B. (2017). Effect of sulphur and nitrogen fertilization on the selenium content and uptake by grain of spring wheat. Journal of Elementology, 22(3): 985-994.

Kumar, K.V., Sudarshan, M.R., Dangi, K.S. and Reddy, S.M. (2013). Character association and path coefficient analysis for seed yield in quality protein maize *Zea mays* L. Journal of Research Angrau, 41(2):153-157.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J. and Rand, R.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry. 193: 265-273.

Malnou, C.S., Jaggard, K.W. and Sparkes, D.L., (2008). Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. European Journal of Agronomy. 28:47-56.

Moinuddin, A. and Imas, P. (2014). Potassium uptake in relation to drought tolerance of chickpea under rain-fed conditions. Journal of Plant Nutrition, 37: 1120-1138.

Mubarak, M. U., Zahir, M., Ahmad, S. and Wakeel, A. (2016). Sugar beet yield and industrial sugar contents improved by potassium fertilization under scarce and adequate moisture conditions. Journal of Integrative Agriculture, 15: 2620-2626

Noura, M.T., and Nesreen, A.S.H. (2019). Effect of nitrogen fertilization and some foliar applications on growth, yield and quality of two garlic (*Allium sativum* L) cultivars. Current Science International, 8(1): 212-220.

Oktem, A., Oktem, A.G., and Emeklierc, H.Y. (2010). Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. Soil Science and Plant Analysis, 41: 832-847.

Oloyede, F.M., Obisesan, I.O., Agbaje, G.O. and Obuotor, E.M. (2012). Effect of NPK Fertilizer on Chemical Composition of Pumpkin (*Cucurbita pepo* Linn.) Seeds. ScientificWorld Journal, PP: 1-6.

Perry, T.W., Rhykerd, C.L., Holt, D.A. and Mayo, H.H. (2011). Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage. Journal of Animal Science, 34: 642-646.

Potarzycki, J. and Grzebisz, W. (2009). Effect of Zinc Foliar Application on Grain Yield of Maize and Its Yielding Components. Plant, Soil and Environment 55(12): 519-527

Rahmani, A., Mirza, M. and Tabaei Aghdai, S.R. (2013). Effects of different fertilizers (macro and micro element) on quantity and quality of essential oil and other byproducts of *Rosa damascena* Mill. In Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29(4): 747-759.

Ranjbar, M., Esmaeilizadeh, M., Karimi, H. R. and Shamshiri, M.H. (2017). Study of foliar application effect of silicon and potassium elements on some biochemical and ecophysiological traits of pistachio seedlings cv. Badami E-Riz Zarand Kerman under salinity stress. Iranian Journal of Horticultural Science, 47: 739-752 (in Persian).

Rezaei Moghaddam N., Shahidi V. and Arabzadeh N. (2014). Effect of potassium fertilizer on the leaf chlorophyll content of chickpea under rainfed conditions in Bardsir of Kerman. The first national conference on sustainable agriculture. February 13,

Rheina, A. F. L. and Silv, M. (2017). Nitrogen doses on physiological attributes and yield of sugarcane grown under subsurface drip fertigation. Journal of Plant Nutrition, 40(2): 227–238.

Samsam Shariat, H. (2006). editor. Pharmaceutical plants: classified according to their use in traditional medicine and medicine today. 1st ed. Tehran: Sobhan Edition; p. 344.

Sharma, R., Choudhary, R. and Laljat, B. (2017). Effect of nitrogen and zinc fertilization on growth and productivity of maize. International Journal of Agricultural Sciences. 13(2): 161-176.

Singh, M., Masroor, M., Khan, A. and Naeem, M.(2016). Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber offic*inale Rosc. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15: 171–178.

Simsek, M., Can, A., Denek, N. and Tonkaz, T. (2011). The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology. 10(31): 5869-5877.

Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. and Sharmila Rahale, C. (2015). Nano-fertilizers for Balanced Crop Nutrition. Nanotechnologies in Food and Agriculture. Rai M, Duran N, Ribeiro C, Mattoso L. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. Springer International Publishing Switzerland

Zhao, L., Peralta-Videa, J.R., Rico, C.M., Hernandez-Viezcas, J.A., Sun, Y., Niu, G., Servin, A., Nunez, J.E., Duarte-Gardea, M. and Gardea-Torresdey, J.L. (2014). CeO2 and ZnO nanoparticles change the nutritional qualities of cucumber (Cucumis sativus). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62:2752–2759.