Iranian Journal of Biological Sciences.2023; 18(2):63-75

Original Article

Iranian Journal of Biological Sciences

https://zisti.iauvaramin.ac.ir

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

Zohreh Tanan[1], MohammadAli Rezaei[2], MehrAli Mahmood Janlou[2]*

1.Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Gorgan Branch , Islamic Azad University, Gorgan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Gorgan Branch , Islamic Azad University, Gorgan, Iran

Place of Research: Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Gorgan Branch , Islamic Azad University, Gorgan, Iran

Article Info

Article History:

received 19.10.2023
revised 06.12.2023
accepted 12.13.2023
online 01.04.2024

KeyWords:

Anthocyanin
corn
flavonoid
phenolic compounds
Silk
zinc

*Corresponding author:
E-mail address

tahere.tavan@yahoo.com

mohalirez@gmail.com
gan.mfs21@gmail.com

Abstract

Introduction: Corn is one of the valuable agricultural plants whose diversity, adaptability and high nutritional value have placed it among the most important agricultural plants in the world. Foliar spraying of nitrogen, zinc and potassium fertilizers on corn plants can provide farmers and researchers with very good information about the effect of nitrogen, zinc and potassium fertilizer consumption in the climatic conditions of Golestan province.

Aim: Considering the medicinal effects of corn cob and its importance in medicine and the presence of special effective substances in this connection in corn silk, it seems that their quantity and quality are affected by the use of nitrogen, zinc, and potassium. Therefore, examining these changes is one of the practical goals of this research.

Materials and Methods: In order to evaluate the changes resulted from nitrogen, zinc, potassium and their simultaneous application were done on some morphophysiological traits of single cross 704 hybrid maize as a randomized complete block design with four replications in spring and summer of 2019 in Golestan province, the Katoul farm. Treatments included nitrogen(N), potassium(P), zinc(Z) fertilizer and combined application of nitrogen+potassium(NP), nitrogen+zinc(NZ), potassium+zinc(PZ) and their combined application of nitrogen+potassium+zinc(NPZ) with control. The results showed the traits were affected by fertilizer sources significantly ($p \leq 0.01$).

Results:The studied treatments had a significant effect on the traits of height to the first corn, number of rows, ear length and ear diameter at the time of full ripening at the probability level of ($p \leq 0.01$). With the application of zinc, nitrogen and potassium elements, a significant increase in the content of phenolic compounds of leaves, silk and corn seeds was observed. The flavonoids of leaves, silk and seeds were influenced by the supply of nitrogen (N), zinc (Zn), potassium (K) fertilizers and their simultaneous application. Leaf anthocyanin in foliar spraying treatments with single potassium fertilizer, due to creating optimal conditions, most of the current energy of the plant was spent in the direction of growth, development and increasing the yield of treated plants, so the biosynthesis and production of anthocyanin in corn leaves with single application of potassium was less, but silk anthocyanin And the seed with single application of potassium and simultaneous application of potassium+nitrogen, potassium+zinc, potassium+nitrogen+zinc showed a significant increase compared to the control.

Conclusion: according to the obtained results, the simultaneous application of fertilizers is recommended to increase the morpho-physiological traits and yield of plants.

Cite this article:Tavan Z, Rezaei MA, Mahmood Janlou MA.Evaluation of changes in nitrogen, zinc, potassium sources and their combined application on some growth factors and physiological traits flavonoid , phenolic compounds and Anthocyanin of maize (Zea mays L.) cultivar single cross 704. Iranian Journal of Biologiacal Sciences. 2023; 18(2):63-75

doi 10.30495/ZISTI.2023.1999247.1178
Publisher: Islamic Azad University of Varamin – Pishva branch Print ISSN: 1735-4226 Online ISSN: 1727-459X
This is an open access article under the: https://creativecommons.org/license/by-nc/4.0/

مقاله تحقیقی
دانش زیستی ایران
https://zisti.iauvaramin.ac.ir

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

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

۱. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

۲. استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

محل انجام تحقیق: گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله

ارسال ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

بازنگری ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

پذیرش ۱۴۰۲/۰۹/۲۷

نمایه ۱۴۰۲/۱۰/ ۱۴

کلمات کلیدی

ابریشم

آنتوسیانین

ترکیبات فنلی

ذرت

روی

فلاونوئید

*** نویسنده مسؤل**

tahere.tavan@yahoo.com

mohalirez@gmail.com

gan.mfs21@gmail.com

چکیده

مقدمه: ذرت یکی از گیاهان ارزشمند زراعی است که تنوع، سازگاری و ارزش غذایی ، آن را در ردیف مهمترین گیاهان زراعی جهان قرار داده است. محلولپاشی کود های نیتروژنه ، روی و پتاسیم بر گیاه ذرت می تواند اطلاعات بسیار مناسبی را در مورد تأثیر مصرف کود ازته و روی و پتاسیم در شرایط اقلیمی استان گلستان در اختیار زارعین و محققین قرار دهد.

هدف: با توجه به اثرات دارویی کاکل ذرت و اهمیت آن در پزشکی و وجود مواد موثره خاص در این ارتباط در ابریشم ذرت به نظر می رسد که کمیت و کیفیت آنها تحت تاثیر کاربرد نیتروژن ، روی ، پتاسیم قرار می گیرد . لذا بررسی این تغییرات از اهداف کاربردی این پژوهش می باشد

مواد و روش ها: به منظور ارزیابی تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی، پتاسیم و کاربرد توام آن ها 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 منطقه ای 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 و کاربرد توام نیتروژن + پتاسیم + روی در مقابل شاهد بود.

نتایج: نتایج نشان داد صفات مورد مطالعه تحت تاثیر منابع کودی قرار گرفتند و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شدند. تیمارهای مورد بررسی اثر معنی داری بر صفات ارتفاع تا اولین بلال، تعداد ردیف، طول بلال و قطر بلال در زمان رسیدگی کامل در سطح احتمال یک درصد داشتند. با کاربرد عناصر روی، نیتروژن و پتاسیم افزایش معنی-داری بر محتوای ترکیبات فنلی برگ، ابریشم و دانه ذرت مشاهده گردید. فلاونوئید برگ، ابریشم و دانه تحت تاثیر تامین کودهای نیتروژن (N) ، روی (Zn) ، پتاسیم (K) و کاربرد توام آنها قرار گرفت. آنتوسیانین برگ در تیمارهای محلولپاشی با کود تکی پتاسیم، به‌واسطه ایجاد شرایط بهینه، بیشتر انرژی جاری گیاه در جهت رشد، توسعه و افزایش عملکرد گیاهان تحت تیمار خرج شد، لذا بیوسنتز و تولید آنتوسیانین در برگ ذرت با کاربرد تکی پتاسیم کمتر بود ولی آنتوسیانین ابریشم و دانه با کاربرد تکی پتاسیم و کاربرد توام پتاسیم+نیتروژن، پتاسیم + روی، پتاسیم + نیتروژن + روی افزایش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده، کاربرد توام کودها در بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی و بهبود عملکرد گیاهان توصیه می گردد..

شیوه آدرس‌دهی این مقاله : توان ز، رضایی م.ع، محمدجانلو م.ع.ارزیابی تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم و کاربرد توام آنها بر برخی فاکتورهای رشد و صفات فیزیولوژیکی فلاونوئید، ترکیبات فنلی و آنتوسیانین ذرت (*Zea mays L.*) رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله دانش زیستی ایران. ۱۴۰۲؛ ۱۸(۲): ۶۳-۷۵

10.30495/ZISTI.2023.1999247.1178

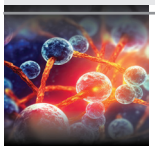
ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا **شاپا چاپی:** ۱۷۳۵-۴۲۲۶ **شاپا الکترونیکی:** ۲۷۱۷-۴۵۹X **نویسندگان:** © حق مؤلف

مقدمه:

ذرت گیاهی علفی ، یک پایه ودارای ساقه ای به طول یک تا دومتر می باشد ودارای برگهایی پهن، دراز، نوک تیز و خشن و منتهی به غلاف طویل دارد. ذرت (*Zea mays* L) یک غلات مهم و چند منظوره است که در صنعت برای اهداف مختلفی از جمله نشاسته ذرت، شربت ذرت استفاده می شود (۱). همچنین در طیف وسیعی از شرایط خاکی و آب و هوایی به خوبی رشد می کند و مواد مغذی بیشتری نسبت به سایر محصولات مانند غلات ریز دانه و حبوبات استخراج می کند. ذرت برای اهداف مختلفی از جمله خوراک دام (سیلوی و غلات)، خوراک طیور و خوراک خوک و همچنین مصرف انسان به شکل غلات، ذرت شیرین و ذرت دانه ای پرورش می یابد. از نظر سطح زیرکشت و محصول، سومین محصول مهم غذایی اساسی پس از گندم و برنج است (۲). ذرت در سال های اخیر به عنوان یک منبع غذایی بی‌نظیر برای میلیون‌ها انسان و حیوان در سراسر جهان، توجه دانشگاهیان را به خود جلب کرده است و از نظر امنیت غذایی مهم ترین است. به دلیل استفاده گسترده و انعطاف پذیری آن، ذرت به عنوان "ملکه غلات" در نظر گرفته می شود و یکی از اعضای خانواده Poaceae و رایج ترین غلات در جهان است که به عنوان منبع اصلی تغذیه در بسیاری از کشورهای توسعه نیافته عمل می کند (۱). عنصر نیتروژن یکی از محدود کننده ترین عناصر غذایی است و نقش های مهمی در کیفیت و کمیت گیاهان بازی می کند (۳). نیتروژن عنصری حیاتی برای رشد و نمو گیاهان است و یک جزء ضروری از طیف گسترده ای از مواد شیمیایی بیولوژیکی است که در تمام مراحل رشد، تامین این عنصر برای گیاه ضروری بوده و معمولا در مقایسه با سایر عناصر غذایی، گیاه به نیتروژن بیشتری نیاز دارد و در گسترش کانوپی گیاه و عمل فتوسنتز برگ ها نقش مهمی دارد. در دسترس بودن نیتروژن می تواند بر رشد گیاه ذرت و عملکرد دانه تأثیر بگذارد (٤). کود نیتروژن بر تولید ماده خشک ذرت با تأثیر بر توسعه سطح برگ، نگهداری و کارایی فتوسنتزی تأثیر می گذارد (٥). کود نیتروژن یکی از مهم ترین عناصر برای افزایش محصول، عملکرد بالا، اجزاء و کیفیت آن است، زیرا نیتروژن برای تولید انواع مواد شیمیایی از جمله کلروفیل و چندین آنزیم مورد نیاز است. در نتیجه، محققین زیادی به این نتیجه رسیدند که افزایش در دسترس بودن نیتروژن باعث بهبود عملکرد ذرت می شود (٦و٧).

نتایج Coelho و همکاران (۸) نشان داد که کاربرد میزان بالای نیتروژن رایج ترین استراتژی مورد استفاده کشاورزان در مناطق خشک برای بهبود عملکرد است. علاوه بر این، زمان بندی مناسب کاربرد نیتروژن ممکن است تولید ذرت را به حداکثر برساند، همچنین سبب تغییرات عملکرد می شود. بر اساس یافته های اولیه، شاخه های فرعی نسبت به شاخه اصلی نسبت به کمبود نیتروژن آسیب پذیرترند (۹). کمبود نیتروژن می تواند منجر به اختلال در متابولیسم کربن و نیتروژن شود که پیامد آن افزایش پراکسیداسیون چربی غشاء سلولی و تخریب برگ خواهد شد (۱۰). نیتروژن نقش مهمی در عملکرد و کیفیت میوه دارد و در سنتز کلروفیل و آنزیم ها مورد نیاز بوده و جزئی از پروتئین ها ، متابولیت ها و اسیدهای نوکلئیک می باشد، بنابراین کمبود نیتروژن منجر به محدودیت رشد در تمام اندام های گیاهی از جمله ریشه، ساقه، برگ، گل و میوه می شود (۱۱).

روی (Zn) در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک در گیاهان از جمله سنتز بسیاری از آنزیم ها، فرآیندهای متابولیک، سنتز پروتئین و بیوسنتز کلروفیل ها نقش اساسی ایفا می کند (۱۲). روی از پروتئین ها و لیپیدهای غشایی در برابر رادیکال های آزاد اکسیژن (ROS) محافظت می کند (۱۳). روی به عنوان یک ریز مغذی برای گیاهان مهم است زیرا برای چندین فرآیند شامل بیوسنتز پروتئین ها و آنزیم ها، حفظ یکپارچگی غشای سلولی، رشد بذر و همچنین تعدادی از فعالیت های متابولیکی مورد نیاز است (١٤). ذرت به عنوان یک محصول با نیاز بالا به عنصر روی در مقایسه با سایر ریزمغذی‌ها شناخته می‌شود و سطوح بهینه روی در بافت ذرت از ۲۰ تا ٦۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر است (١٥) و کمبود آن باعث کاهش عملکرد محصول تا ٤۰ درصد می شود (١٦). در وضعیت فعلی، پتانسیل تولید ذرت و محتوای غذایی به دلایل مختلفی از جمله کمبود ریز مغذی‌ها در حال کاهش است و ذرت نسبت به کمبود روی بسیار حساس است (١٧). Shah و همکاران (١٨) گزارش دادند که کاربرد



خاکی کـود روی باعث افزایش غلظـت روی دانه تا ۵ میلی گـرم بـر کیلوگرم (۱۷ درصد) نسـبت به شـاهد شـد. در حالی که کاربـرد خاکی و محلول پاشـی روی باعث افزایش تـا ۲۷,۸ میلـی گرم بر کیلوگـرم (۹۵٪) روی در مقایسـه با شـاهد شـد. نتایج نشـان داد که با افزایـش روی(Zn) در محلول غذایی، شـاخص کلروفیل، کلروفیـل a و b، کلروفیل کل ، میـزان کاروتنوئیـد ، غلظـت پرولین محلـول در برگ کاهـو به صـورت معنـی دار در سـطح احتـمال ۱ درصد افزایـش یافتند (۱۹)

پتاسـیم یکـی از عنـاصر ضروری در گیاهان اسـت که در بسـیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشـیمیایی از قبیل فتوسـنتز، سـاخت پروتئین، سـاخت و انتقال قنـد، فعال سـازی بیـش از ۶۰ نوع آنزیم، تنظیم پتانسـیل اسـمزی و یونـی، تنظیم باز و بسـته شـدن روزنه ها و تشـکیل آوند آبکش نقش های کلیدی دارد (۲۰). طی پژوهشـی مشـاهده شـد که به کار بردن پتاسـیم با افزایش تولید پرولین سـبب بهبـود تحمل آفتابگردان به خشـکی شـد (۲۱).

Ma و همـکاران (۲۲) نشـان دادنـد که بـا افزایش مصرف کود پتاسـیم تـا ۸۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت پتاسـیم برگ بـه ۲/۷ درصد و در شاخسـاره های گیاه گنـدم ۲/۵، ۱/۲ و ۱/۷ درصـد افزایش یافت.

مواد و روش ها

آزمایشات مزرعه ای:

پژوهـش حـاضر در بهـار و تابسـتان سـال ۱۳۹۸ در اسـتان گلسـتان در منطقـه ای واقـع در شـهر مزرعـه کتـول بـا مختصـات جغرافیایـی (عـرض جغرافیایـی ۳۶ درجـه و ۵۴ دقیقـه عـرض شـمالی و ۵۴ درجـه و ۵۳ دقیقـه طـول شرقی و ارتفـاع از سـطح دریـا ۱۴۰ مـتر و دارای بارندگـی سـالانه ۴۰۰ تـا ۴۵۰ میلی متر)، بـا هـدف ارزیابـی تغییـرات حاصل از منابـع نیـتروژن، روی و پتاسـیم و کاربـرد تـوام آن هـا بـر برخـی فاکتورهـای رشـد و صفـات فیزیولوژیکـی شـامل فلاونوئیـد، ترکیبـات فنلـی و آنتوسـیانین بـرگ، ابریشـم و دانـه ذرت (*Zea mays* L.) بـا هفـت تیـمار و چهـار تکـرار بصورت یـک آزمایـش در قالـب طـرح بلـوک هـای کامـلا تصادفـی در مقابـل شـاهد انجـام شـد. در ایـن آزمایـش در هـر کـرت ۴ ردیـف ذرت بـا فاصلـه بیـن ردیـف ۷۰ سـانتی متر و روی ردیـف ۲۵ سـانتی متر بـه طـول ۵ مـتر کشـت شـد. فاصلـه بیـن بلوک هـا ۱ مـتر در نظـر گرفتـه شـد. قبـل از کاشـت بـه منظـور نمونه بـرداری از خـاک بـه عمـق ۳۰ سـانتی متر بـا اسـتفاده از اوگـر انجـام شـد، سـپس نمونـه خـاک مزرعـه بـه آزمایشـگاه منتقـل شـد تـا از لحـاظ خصوصیـات فیزیکوشـیمیایی مـورد بررسـی قـرار گیـرد (جـدول ۱).

مراحل کاشت و محلول پاشی گیاه ذرت:

کاشـت ذرت در خـرداد مـاه سـال ۱۳۹۸ انجـام گرفـت. کودهـای روی ، پتاسـیم و نیـتروژن طبـق دسـتور مـصرف (جـدول ۲) در دو مرحلـه قبـل از گلدهـی در مرحلـه هشـت برگـی و آغـاز ظهـور گـرده توسـط سـمپاش تلمبـه ای بـه اندام هوایـی گیـاه ذرت اسـپری شـد. آبیـاری در تحقیـق حـاضر بـه صـورت غرقابـی هـر ۱۲ روز یـک بـار صـورت گرفـت. تیمارهـا شـامل: کـود نیـتروژن ، پتاسـیم ، روی بـه تنهایـی ، کاربـرد تـوام نیـتروژن + پتاسـیم، کاربـرد تـوام نیـتروژن + روی، کاربـرد تـوام روی + پتاسـیم، کاربـرد تـوام نیـتروژن + پتاسـیم + روی در مقابـل شـاهد بـود.

سنجش پارامترهای مورفولوژیکی:

ایـن سـنجش هـا شـامل: ارتفـاع تـا اولیـن بـلال، تعـداد ردیـف، طـول بـلال، قطـر بـلال در زمـان رسـیدگی کامـل و سـنجش شـاخص هـای فیزیولوژیکـی شـامل فلاونوئیـد، ترکیبـات فنلـی، آنتوسـیانین بـرگ، ابریشـم و دانـه ذرت (*Zea mays* L.)، ده روز بعـد از محلـول پاشـی دوم صـورت پذیرفـت. بـرای سـنجش پارامترهـای مورفولوژیکـی و فیزیولوژیکـی از هـر کـرت ۱۰ بوتـه انتخـاب و بـه آزمایشـگاه انتقـال داده شـد.

سنجش میزان ترکیبات فنلی:

در ابتـدا ۰/۵ گـرم بافـت تـر گیـاه را در ۵ میلـی لیـتر متانـول ۷۰٪ سـاییده و داخـل لولـه آزمایـش بـه مدت یک روز گذاشـته تـا تـه نشـین گـردد. سـپس ۰/۵ میلـی لیـتر از عصاره بالایـی را برداشـته بـا ۵ میلی لیـتر معـرف فولیـن و ۴ میلی لیـتر کربنـات سـدیم مخلـوط کـرده، ابتـدا معـرف فولیـن را اضافـه کـرده بعـد از ۲ دقیقـه کربنـات سـدیم را می افزاییـم، سـپس

به مدت ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه گذاشته و جذب را در ۷٦۵ نانومتر می خوانیم (۲۳).

سنجش میزان آنتوسیانین و فلاونوئید:

برای تعیین میزان فلاونوئید و آنتوسیانین، حدود ۱ گرم از برگ، ابریشم و دانه گیاه ذرت تازه را در ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (شامل الکل متیلیک ۹۹/۵ درصد و هیدرو کلریک اسید خالص به نسبت ۹۹ به ۱) به خوبی ساییده و سپس در دمای ٤۰ درجه سانتی گراد با سرعت ٤۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. در انتها با کاغذ صافیWhatman No. صاف شد و جذب عصاره با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۰۰ و ۵۲۰ نانومتر به ترتیب برای فلاونوئید وآنتوسیانین ثبت شد (۲٤).

تجزیه آماری داده‌ها:

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار(۹/۱ ver) SAS و مقایسه میانگین داده های صفات مورد ارزیابی با آزمون Duncanدر سطح احتمال یک درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excelانجام گرفت.

جدول۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	هدایت الکتریکی (EC*103)	pH	اسیدیته گل اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	روی	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب	درصد رس	درصد لای	درصد ماسه	بافت خاک
۰-۳۰	۱/۵	۷/۳	۷/٦	۱۹/۰	۱/٦۵	۱۳۰	۰/۵٦	۰/۱٤	٤/۲	۳٤	٤۲	۲٤	Si-C-L

جدول۲: مقدار مصرف نوع کود پیشنهادی

نوع عنصر	مقدار بر حسب کیلوگرم در هکتار
نیتروژن (اوره)	۱۸۰
پتاسیم (سولفات پتاسیم)	۲۰۰
روی (سولفات روی)	٤۰

نتایج

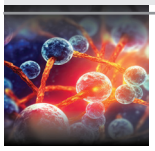
اثرات منابع نیتروژن، روی و پتاسیم و کاربرد توام آنها بر فاکتورهای رشد ذرت (Zea mays L) رقم سینگل کراس ۷۰٤:

بررسی نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳ و٤)، نشان داد تیمارهای مورد بررسی اثر معنی داری بر صفات ارتفاع تا اولین بلال، ارتفاع کل بوته، تعداد ردیف، قطر بلال در زمان رسیدگی کامل در سطح احتمال یک درصد داشتند.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی ذرت رقم سینگل کراس۷۰٤

منبع تغییرات	آنتوسیانین برگ g/gFWμ	آنتوسیامین ابریشم g/gFWμ	آنتوسیانین دانه g/gFWμ	فلاونوئید برگ gQE-1FW	فلاونوئید ابریشم gQE-1FW	فلاونوئید دانه gQE-1FW	ترکیبات فنلی ابریشم mg.g-1.FW	ترکیبات فنلی برگ mg.g-1.FW	ترکیبات فنلی دانه mg.g-1.FW
بلوک	0.000181ns	0.00085ns	0.00115ns	0.00035ns	0.00234ns	0.000194ns	15.0401ns	0.934400ns	4.985ns
تیمار	0.00076**	0.0236**	0.0093**	0.00547**	0.0160**	0.00152**	218.796**	13.4306**	16.434**
خطا	0.000123	0.00170	0.00070	0.000282	0.0020	0.000368	18.645	1.4527	2.281
ضریب تغییرات (٪)	9.21	5.41	7.94	7.163	7.211	7.071	9.7880	6.344	6.430

ns و* ،** به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد



جدول ٤: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ذرت رقم سینگل کراس۷۰٤

منبع تغییرات	طول بلال(Cm)	قطر بلال(Cm)	تعداد ردیف در بلال	ارتفاع تا اولین بلال(Cm)
بلوک	14.6211ns	0.297087**	2.125ns	21.9778ns
تیمار	16.965ns	0.11647**	4.410**	458.5360**
خطا	5.6954	0.006404	1.363	31.639
ضریب تغییرات (٪)	9.473	1.7975	8.017	4.312

ns، *، ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ٥: مقایسه میانگین تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم بر صفات فیزیولوژیکی گیاه ذرت

	ترکیبات فنلی برگ mg.g^{-1}.FW	ترکیبات فنلی ابریشم mg.g^{-1}.FW	ترکیبات فنلی دانه mg.g^{-1}.FW	آنتوسیانین برگ µg/gFW	آنتوسیانین ابریشم µg/gFW	آنتوسیانین دانه µg/gFW	فلاونوئید برگ gQE^{-1}FW	فلاونوئید ابریشم gQE^{-1}FW	فلاونوئید دانه gQE^{-1}FW
شاهد	16.2915c	31.921d	19.439b	0.079bc	0.6287e	.0.262 d	0.17375c	.0.53100 d	0.2325c
N	17.5322bc	36.944cd	25.612a	0.098a	0.715d	0.312bc	0.21250b	0.6400abc	0.2662ab
Zn	18.7426b	43.299bc	24.008a	0.072c	0.732d	0.291cd	0.2575a	0.646ab	0.2737ab
K	18.1071bc	43.677bc	21.421b	0.0755c	0.745cd	0.307bc	0.2175b	0.57250cd	0.2587bc
N+Zn	21.4206a	42.784bc	24.462a	0.095ab	0.776bcd	0.34b	0.20750b	0.7115a	0.2787ab
N+K	18.9998b	43.631bc	24.658a	0.103a	0.833ab	0.383a	0.2562a	0.6155bc	0.2775ab
Zn+K	19.1965b	47.263ab	24.371a	0.11a	0.805b	0.386a	0.27650a	0.5912bcd	0.2962a
Zn+ K+N	21.6929a	48.405a	23.947a	0.0935ab	0.876a	0.388a	0.2747a	0.71000a	0.2875ab

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

(K): پتاسیم (سولفات پتاسیم): ۲۰۰ (Kg/ha) (N) ؛ نیتروژن (اوره): ۱۸۰(Kg/ha) (Zn) ؛روی(سولفات روی): (٤٠ (Kg/ha

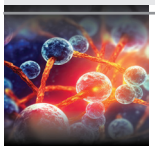
جدول ٦: مقایسه میانگین تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم بر صفات مورفولوژیکی گیاه ذرت

	طول بلال (Cm)	قطر بلال (Cm)	ارتفاع تا اولین بلال (Cm)	تعداد ردیف
شاهد	20.65b	211.675e	112.650c	13.500c
N	26a	247.875bc	129.900b	15.00abc
Zn	23.6ab	237.750cd	123.8b	13.500c
K	26.125a	232.850d	123.725b	13.5000c
N+Zn	26.65a	260.875a	142.550a	15.500ab
N+K	26.125a	255.125ab	141.500a	15.500ab
Zn+K	26.175a	237.500cd	127.825b	14.00bc
Zn+ K+N	26.675a	261.150a	141.425a	16.00a

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

بحث

تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم و کاربرد توام آنها بر برخی فاکتورهای رشد ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ٧٠٤: در پژوهش حاضر کاربرد توام (نیتروژن + روی)، (نیتروژن + پتاسیم)، (روی + پتاسیم) و (نیتروژن + پتاسیم + روی) افزایش معنی داری را در صفات تعداد ردیف، ارتفاع کل بوته، ارتفاع تا اولین بلال منجر شد. نتایج مطالعات Asifو همکاران (۲۵) مشخص کرد که برهمکنش نیتروژن و روی بیشترین طول گیاه را نشان داد. در پژوهش حاضر کاربرد توام نیتروژن و روی اثر مثبت بر صفات ارتفاع کل بوته، ارتفاع تا اولین بلال، تعداد ردیف داشت و منجر به افزایش معنی داری در صفات ذکر شده نسبت به شاهد شد. کاربرد نیتروژن در نبود روی می تواند به کاهش روند رشد کمی و کیفی گیاه منجر شود، در صورتی که با حضور روی رشد افزایش می یابد. نتایج پژوهش Karki و همکاران (٢٦) نشان داد که متغیرهای مرتبط با عملکرد مانند طول بلال، قطر، تعداد دانه در ردیف، با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بالاترین میزان را داشتند. نتایج پژوهش Gul و همکاران (۲۷) نشان داد حداکثر عملکرد با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. ارتفاع بوته، طول بلال، وزن بلال، عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال، همگی به طور قابل توجهی تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفتند. بالاترین عملکرد ذرت با کاربرد ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در اوایل کشت بهاره و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در اواخر کاشت بهاره به دست آمد (۸). همچنین نتایج مشابه توسط Yue و همکاران (۲۸) گزارش شد. Hu و همکاران (۲۹) نشان دادند با کاربرد نیتروژن افزایش معنی داری در عملکرد ذرت ایجاد شد. DeSousa و همکاران (۳۰) و Liangو همکاران (۳۱) نشان دادند که کاربرد کودهای نیتروژنه از طریق توسعه ریشه، افزایش شاخص سطح برگ، زی توده ریشه و زی توده بخش های هوایی می توانند در رشد و نمو گیاهان موثر باشند. برعکس این موضوع صادق است: مصرف کم



کود نیتروژن می تواند سبب کاهش رشد و توسعه که در نتیجه منجر به کاهش عملکرد گردد، شود (۳۲). Fornari و همکاران (۳۳) گزارش کردند که مصرف کود پتاسیم به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد ذرت از ۷۶۵۰ کیلوگرم در هکتار تا ۸۷۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد شد. تاثیر مثبت پتاسیم بر افزایش عملکرد دانه توسط Fan و همکاران (۳٤) در گیاه سورگوم گزارش داد. مطابق با یافته های Wang و همکاران (۳۵) در محلول پاشی ترکیبی از پتاسیم و روی سبب افزایش غلظت روی دانه، پروتئین دانه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد. González-Caballo و همکاران (۳٦) در آزمایشی روی ۰/۱ درصد را به صورت محلول پاشی استفاده کردند و افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و ارتفاع بوته ذرت را مشاهده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش روی(Zn) در محلول غذایی، صفات رشدی از جمله وزن تر ، وزن خشک و طول گیاه در برگ کاهو به صورت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد افزایش یافتند (۱۹)

تغییرات حاصل از منابع نیتروژن، روی و پتاسیم و کاربرد توام آنها بر صفات فیزیولوژیکی فلاونوئید، ترکیبات فنلی و آنتوسیانین ذرت (Zea mays L.) رقم سینگل کراس ۷۰٤:

در پژوهش حاضر آنتوسیانین ابریشم و دانه با کاربرد تکی پتاسیم و کاربرد توام پتاسیم + نیتروژن، پتاسیم + روی، پتاسیم + نیتروژن + روی افزایش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد. افزایش بیوسنتز آنتوسیانین ها با افزایش سطح پتاسیم ممکن است با توجه به نقش پتاسیم در فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و به احتمال زیاد به عنوان یک کوفاکتور باعث فعال شدن آنزیم هایی مانند UDP گالاکتوز و فلاونوئید-۳- ا وگلیکوزیل ترانسیفراز می شود (۳۷). امروزه برای نقش آنتوسیانین ها در گیاهان تئوری‌های زیادی وجود دارد ازجمله اینکه وقتی گیاهان تحت تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، ساختار برگی بهم‌ریخته به دنبال آن برگ‌ها کلروفیل خود را از دست می‌دهند و نور خورشید برای آنها مضر می‌شود، در این شرایط آنتوسیانین ها هستند که برگ‌ها را از نور خورشید محافظت می‌کنند (۳۸). مشخص شد که افزایش کود نیتروژن می تواند محتوای آنتوسیانین را کاهش دهد به طوری که این مواد معمولا تحت کوددهی کم نیتروژن تجمع می یابند (۳۹). تجمع آنتوسیانین بیشتر در شرایط کمبود نیتروژن برای گیاهان گزارش شده است که در این شرایط کربوهیدرات‌هایی که باید برای متابولیسم نیتروژن بکار برده شوند، برای سنتز رنگیزه های آنتوسیانین استفاده می‌شوند (٤۰) که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مغایرت دارد. در پژوهش حاضر آنتوسیانین برگ، دانه و ابریشم با کاربرد تکی نیتروژن و همراه با کودهای روی و پتاسیم افزایش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد. افزایش آنتوسیانین در برگ همراه با کاهش نرخ فتوسنتز، زمانی که گیاه جوان است یا اینکه گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد، رخ می‌دهد و کمبود عناصر غذایی که خود به نوعی تنش غیرزنده محسوب می‌گردد، باعث کاهش رشد و نمو و کاهش نرخ فتوسنتز می‌شود (٤۱). در پژوهش حاضر آنتوسیانین برگ در تیمارهای محلول‌پاشی با کود تکی پتاسیم، به‌واسطه ایجاد شرایط بهینه، بیشتر انرژی جاری گیاه در جهت رشد، توسعه و افزایش عملکرد گیاهان تحت تیمار خرج شد، لذا بیوسنتز و تولید آنتوسیانین در برگ ذرت با کاربرد تکی پتاسیم کمتر بود. پتاسیم با فعال کردن آنزیم-های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه مورد استفاده قرار می گیرد، از طرف دیگر افزایش ترکیبات فنلی با تعادل بین محل مصرف کربوهیدرات ها مرتبط می باشد، به طوری که هر جا کربوهیدرات های بیشتر باشد ترکیبات فنلی نیز بیشتر هستند (٤۲). در پژوهش حاضر کاربرد تکی پتاسیم افزایش معنی داری را در محتوای فلاونوئید دانه و ابریشم و ترکیبات فنلی دانه و برگ ایجاد نکرد، ولی افزایش معنی داری را در محتوای فلاونوئید برگ و ترکیبات فنلی ابریشم نسبت به شاهد منجر شد. در مورد علت افزایش ترکیبات فنلی در اثر کاربرد پتاسیم می توان گفت که پتاسیم رشد گیاه را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی می شود و به علت تخصیص کربن اضافی به مسیر شیکمیک اسید موجب افزایش ترکیبات فنلی می شود (٤۳). از طرف دیگر ثابت شده است فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز که آنزیم کلیدی در

مسیر فنیل پروپانوئید است میزان ترکیبات فنلی را افزایش می دهد (٤٤). Fawzy و همکاران (٤٥) افزایش ترکیبات پلی فنولیکی از جمله فلاونوئید ها را در گیاه چای در اثر کاربرد پتاسیم را گزارش کرده اند که با نتایج پژوهش حاضر همسو می باشد. در پژوهش حاضر فلاونوئید برگ، ابریشم و دانه تحت تاثیر تامین کودهای نیتروژن (N)، روی (Zn)، پتاسیم (K) و کاربرد توام آنها قرار گرفت. کوددهی بهینه به ویژه با عنصر روی از طریق تأثیر بر غلظت هورمون های درون زاد گیاهی ازجمله اکسین بر بیوسنتز فلاونوئیدها اثر می گذارد (٤٦). تحقیقات Ghasemzadeh و همکاران (٤٧) در گیاه زنجبیل موید این مطلب است که تحت شرایط افزایش دهنده فتوسنتز، محتوای فلاونوئید و فنل در این گیاه افزایش یافته، این امر با افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه همراه بود. می توان اظهار داشت یک ارتباط مثبت و تنگاتنگ بین محتوای فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی وجود دارد و همزمان با افزایش میزان ترکیبات فنلی میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نیز افزایش می یابد (٤٨). در پژوهش حاضر با کاربرد تکی نیتروژن افزایش معنی داری در میزان ترکیبات فنلی دانه منجر شد. همبستگی مثبت بین عناصر غذایی و تولید ترکیبات فنلی باعث اثر این عناصر بر متابولیسم ترکیبات فنلی می گردد (٤٩) که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همسو می باشد. در پژوهش حاضر با کاربرد توامان عناصر روی، نیتروژن و پتاسیم افزایش معنی داری در محتوای ترکیبات فنلی برگ، ابریشم و دانه ذرت مشاهده گردید. تجمع ترکیبات فنلي ناشي از تنش عنصر روي، در برگ هاي گونه هاي مختلف بید (*Salix spp.*) و گیاه چای سیاه(*Camellia sinensis*) مشاهده شده است (٥٠). در پژوهش حاضر میزان ترکیبات فنلی در برگ و ابریشم ذرت با کاربرد تکی نیتروژن افزایش معنی داری را به لحاظ آماری نسبت به شاهد نشان نداد. زمانی که زی توده در پاسخ به دسترسی بیشتر نیتروژن افزایش می یابد غلظت ترکیبات فنلی کاهش می یابد، چرا که افزایش نیاز گیاه به پروتئین، تجمع ترکیبات فنلی را کاهش می دهد. در واقع نیتروژن علاوه بر تاثیر بر رشد، عملکرد و کیفیت گیاه، بیوسنتز متابولیت های ثانویه مانند فلاونوئیدها، فنل و کارتنوئید و غیره را تعدیل می کند (٤٠). گزارش شده است که غلظت بالای روی می تواند محتوای فنل را در تمام قسمت های گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum L.*) از جمله برگ و ساقه، اما عمدتا در ریشه چه افزایش دهد (٥١). ریشه به عنوان مانع فیزیکی و شیمیایی در برابر عوامل استرس زای زنده و غیر زنده عمل می کند و آنتی اکسیدان هایی را برای از بین بردن تولید بیش از حد ROS تولید می کند (٥٢). این ترکیبات ممکن است به صورت هم افزایی عمل کنند و سبب افزایش ترکیبات فنلی و فعالیت های آنتی اکسیدانی شوند (٥٣). تیمار اکسید روی (٨٠ میلی گرم در لیتر) به طور قابل توجهی فنل کل را افزایش داد و محتوای آنتوسیانین، فسفر و روی و وزن دانه را کاهش داد (٥٤). در پژوهش حاضر کاربرد روی سبب افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در برگ، دانه و ابریشم ذرت گردید. کوددهی بهینه به ویژه با عنصر روی از طریق تأثیر بر غلظت هورمون های درون زاد گیاهی از جمله اکسین بر بیوسنتز فلاونوئیدها اثر می گذارد (٥٥).

نتیجه گیری:

در پژوهش حاضر کاربرد توام نیتروژن و روی اثر مثبت بر صفات ارتفاع کل بوته، ارتفاع تا اولین بلال و تعداد ردیف داشت و منجر به افزایش معنی داری در صفات ذکر شده نسبت به شاهد شد. میزان ترکیبات فنلی در برگ و ابریشم ذرت با کاربرد تکی نیتروژن افزایش معنی داری را به لحاظ آماری نسبت به شاهد نشان نداد. کاربرد روی سبب افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در برگ ، دانه و ابریشم ذرت گردید. با کاربرد توامان عناصر روی ، نیتروژن و پتاسیم افزایش معنی داری بر محتوای ترکیبات فنلی برگ، ابریشم و دانه ذرت مشاهده گردید. با توجه به پژوهش صورت گرفته کاربرد توامان کودهای مورد مطالعه توصیه می گردد.

تقدیر و تشکر:

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به انها یاری رسانده اند تشکر می کنند.

تعارض منافع:

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ تعارض منافعی وجود ندارد.

References

1. Gul H, Rahman S, Shahzad A, Gul S, Qian M, Xiao Q. Maize (Zea mays L.) productivity in response to nitrogen management in Pakistan. Am. J. Plant Sci 2021; 12, 1173-1179.
DOI: 10.4236/ajps.2021.1 28081

2. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2020. Rome: FAO.

3. Raei Y, Sayyadi Ahmadabad M, Ghassemi-Golezani K, Ghassemi S. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on pinto bean (Phaseolus vulgaris L.) and black mustard (Brasassica nigra L.) intercropping. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 2020; 30(3): 21-40.

4. Sandhu N, Sethi M, Kumar A, Dang D, Singh J, Chhuneja P. Biochemical and genetic approaches improving nitrogen use efficiency in cereal crops: a review. Frontiers in Plant Science. 2021; 12: 657629.
DOI: 10.3389/fpls.2021.657629

5. Saha BK, Rose MT, Van Zwieten L, Wong VNLL, Patti AF. Slow release brown coal-urea fertilizer potentially influences greenhouse gas emissions, nitrogen use efficiency, and sweet corn yield in oxisol. ACS Agricultural Science and Technology 2021; 1, 469-478.
DOI:10.1021/acsagscitech.1c00082

6. Saha BK, Rose MT, Van Zwieten L, Wong VNL, Rose T, Patti AF. Fate and recovery of nitrogen applied as slow release brown coal-urea in field microcosms: 15N Tracer Study. Environmental Science 2023; 648-658.
DOI:10.1039/D3EM00369H

7. Bashir S, Bashir S, Gulshan AB, Khan MJ, Iqbal J, Sherani J. The role of different organic amendments to improve maize growth in wastewater irrigated soil. Journal of King Saud University - Science. J. 2021; 33:101583.
DOI:10.1016/j.jksus.2021.101583

8. Coelho AE, Sangoi L, Balbinot Junior AA, Kuneski HF, Martins Júnior MC. Nitrogen use efficiency and grain yield of corn hybrids as affected by nitrogen rates and sowing dates in subtropical environment. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2022; 46, e0210087.
DOI: 10.36783/18069657rbcs20210087

9. Fahad S, Sonmez O, Saud S, Wang D, Wu C, Adnan M. Plant Growth Regulators for Climate-Smart Agriculture. Boca Raton, FL: CRC Press. 2021d.
DOI:10.1201/9781003109013

10. Chen Z, Xu J, Wang F, Wang L, Xu Z. Morpho-physiological and proteomic responses to water stress in two contrasting tobacco varieties. Scientific Reports 2019; 9(1): 1-15.
DOI: 10.1038/s41598-019-54995-1

11. Van Donk SJ, Shaver TM. Effects of nitrogen application frequency via subsurface drip irrigation on corn development and grain yield. Journal of Plant Nutrition 2018; 39(13):00-00
DOI: 10.1080/01904167.2016.1143506.

12. Huang T, Huang Q, She X, Ma X, Huang M, Cao H, Wang Z. Grain zinc concentration and its relation to soil nutrient availability in different wheat cropping regions of China. Soil and Tillage Research 2019;191: 57-65.
DOI:10.1016/j.still.2019.03.019

13. Marreiro DDN, Cruz KJC, Morais JBS, Beserra JB, Severo JS, de Oliveira ARS. Zinc and oxidative stress: current mechanisms. Antioxidants 2017; 6: 1-9.
DOI: 10.3390/antiox6020024.

14. Hassan MU, Aamer M, Chattha MU, Haiying T, Shahzad B, Barbanti L, Nawaz M, Rasheed A, Afzal A, Liu Y. The critical role of zinc in plants facing the drought stress. Agriculture 2020; 10, 396.
DOI: 10.3390/agriculture10090396

15. Subbaiah LV, Prasad TNVKV, Krishna TG, Sudhakar P, Reddy BR, Pradeep T. Novel effects of nanoparticulate delivery of zinc on growth, productivity, and zinc biofortification in maize (Zea mays L.). Journal Agric. Food Chem 2016; 64, 3778–3788.

DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00838

16. Noulas C, Tziouvalekas M, Karyotis T. Zinc in soils, water and food crops. Journal Trace Elem. Med. Biol 2018; 49, 252-260.

DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.02.009

17. Anees MA, Ali A, Shakoor U, Ahmed F, Hasnain Z, Hussain A. Foliar applied potassium and zinc enhances growth and yield performance of maize under rainfed conditions. International Journal of Agriculture. Biology. 2016. 18, 1025-1032.

DOI: 10.17957/IJAB/15.02

18. Shah AN, Wu Y, Iqbal J, Tanveer M, Bashir S, Rahman SU. Nitrogen and plant density effects on growth, yield performance of two different cotton cultivars from different origin. Journal of King Saud University - Science. 2021b; 33: 101512.

DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101512

19. Behtash F* , Fakhr Razi H, Hasanbarani M*. Interaction effects of different amounts of zinc(Zn) and boron(B) on growth and antioxidative enzymes activity in lettuce(Lactuca sativa L. cv. Paris Island) plant. Iranian Journal of Biological Sceinces. 2022; 17(1): 31-47.

DOI :10.30495/zisti.2022.1963256.1128

20. Karimi R. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticultura 2017; 215: 184-194.
DOI:10.1016/j.scienta.2016.12.018

21. Zamani S, Naderi MR, Soleymani A, Nasiri BM, Miransari M. Sunflower (Helianthus annuus L.) biochemical properties and seed components affected by potassium fertilization under drought conditions. Ecotoxicology and Environmental Safety 2020; 190: 110017-110025.

DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.110017

22. Ma D, Zhang J, Hou J, Li Y, Huang X, Wang C, Lu H, Zhu Y, Guo T. Evaluation of yield, processing quality, and nutritional quality in different□colored wheat grains under nitrogen and phosphorus fertilizer application. Crop Science 2018; 58: 402-415.
DOI:10.2135/cropsci2017.03.0152

23. Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture 1977; 28: 49-55.

DOI: 10.5344/ajev.1977.28.1.49

24. Nogues S, Baker NR. Effect of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Experimental Botany 2000; 51(348):1309-1317.

DOI: 10.1093/jxb/51.348.1309.

25. Asif M, Saleem MF, Anjum SA, Wahid MA, Bilal MF. Effect of nitrogen and zinc sulphate on growth and yield of maize (Zea mays L.). Agricultural and Food Sciences 2013; 51, 455-464.

26. Karki M, Panth BP, Subedi P, Aarty GC, Regmi R. Effect of different doses of nitrogen on production of spring Maize (Zea mays) in Gulmi, Nepal. Sustain. Sustainability in Food and Agriculture 2020; 1: 01-05.
DOI: 10.26480/taec.01.2020.01.06

27. Gul H, Rahman S, Shahzad A, Gul S, Qian M, Xiao Q. Maize (Zea mays L.) productivity in response to nitrogen management in Pakistan. American Journal of Plant Sciences 2021; 12: 1173-1179.

DOI: 10.4236/ajps.2021.1 28081

28. Yue K, Li L, Xie J, Liu Y, Xie J, Anwar S. Nitrogen supply affects yield and grain filling of maize by regulating starch metabolizing enzyme activities and endogenous hormone contents. Ournal .Frontiers in Plant Science 2022; 12:798119.

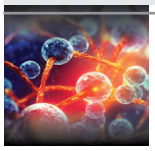
DOI: 10.3389/fpls.2021.798119

29. Hu F, Tan Y, Yu A, Zhao C, Fan Z, Yin W. Optimizing the split of N fertilizer application over time increases grain yield of maize-pea intercropping in arid areas. European Journal of Agronomy 2020; 119: 126117.

DOI: 10.1016/j.eja.2020. 12611

30. De Sousa MA, de Oliveira MM, Damin V Ferreira EPDB. Productivity and economics of inoculated common bean as affected by nitrogen application at different phenological phases. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 2020; 20: 1848-1858.

DOI:10.1007/s42729-020-00256-4



31. Liang X, Zhang T, Lu X, Ellsworth DS, BassiriRad H, You C, Wong D, He P, Liu H, Mo J, Ye Q. Global response patterns of plant photosynthesis to nitrogen addition: A meta-analysis. Global Change Biology 2020; 26: 3585-3600.

DOI:10.1111/gcb.15071.

32. Shah AN, Wu Y, Iqbal J, Tanveer M, Bashir S, Rahman SU. Nitrogen and plant density effects on growth, yield performance of two different cotton cultivars from different origin. Journal of King Saud University - Science. 2021b; 33: 101512.

DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101512

33. Fornari AJ, Caires EF, Haliski A, Tzaskos L, Joris HA. Nitrogen fertilization and potassium requirement for cereal crops under a continuous no-till system. Pedosphere 2020; 30: 747-758.

DOI:10.1016/S1002-0160(20)60035-2

34. Fan YF, Gao JL, Sun JY, Liu J, Su ZJ, Hu SP, Wang ZG, Yu XF. Effects of potassium fertilizer on dry matter accumulation and potassium absorption characteristics of maize (Zea mays L.) inbred lines with different yield types. bioRxiv preprint 2021;

DOI. 10.1101/2021.04.06.438571.

35. Wang Y, Meng G, Chen S, Chen Y, Jiang J, Wang YP. Correlation analysis of phenolic contents and antioxidation in yellow-and black-seeded Brassica napus. Molecules 2018; 23: 1815-1830. **DOI:10.3390/molecules23071815**

36. González-Caballo P, Barrón V, Torrent J, del Campillo, MC, Sánchez-Rodríguez AR. Wheat and maize grown on two contrasting zinc-deficient calcareous soils respond differently to soil and foliar application of zinc. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2022, □ 2, p. 1718-1731.

DOI: 10.1007/s42729-022-00766-3

37. Nava G, Dechen AR, Nachtigall GR. Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 2007; 39(1-2): 96-107.

DOI: 10.1080/00103620701759038

38. Hoque TS, Uraji M, Hoque MA, Nakamura Y, Murata Y. Methylglyoxal induces inhibition of growth, accumulation of anthocyanin, and activation of glyoxalase I and II in Arabidopsis thaliana, Journal Biochemical and Molecular Toxicology, Wiley Periodicals 2017; 1: 1-5.

DOI :10.1002/jbt.21901

39. Ebrahimian E, Bybordi A. Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. Middle-East Journal of Scientific Research.2011; 9(5): 621-627.

40. Taiz L, Zeiger, E. Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland 2010 ;782 p.

DOI: 10.4236/ojpp.2022.124038

41. Pessarakli M. Hand book of Plant and Crop Physiology, Third Edition, CRC Press 2014; 1031.

DOI :10.1201/b16675

42. Muller V, Lankes C, Zimmermann BF, Noga G, Hunsche M. Centelloside accumulation in leaves of Centella asiatica is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. Journal Plant Physiol. 2013; 170(13): 1165-1175.

DOI :10.1016/j.jplph.2013.03.010.

43. Nguyen PM, Kwee E, Niemeyer D. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (Ocimum basilicum L.) leaves. Food Chemistry 2010; 123: 1235-1241.

DOI:10.1016/j.foodchem.2010.05.092

44. Soares AG, Trugo LC, Botrel N, Souza LF. Reduction of internal browning of pineapple fruit (Ananas comusus L.) by preharvest soil application of potassium. Postharvest Biology and Technology 2005; 35: 201-207.

DOI: 10.1016/j.postharvbio.2004.07.005

45. Fawzy ZF, El-Nemr MA, Saleh SA. Influence of levels and methods of potassium fertilizer application on growth and yield of eggplant. Journal of Applied Sciences Research 2007; 3 (1): 42-49.

DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p21-26

46. Mirbagheri SM, Karimi R, Rasouli M. The combination effect of potassium and iron on fruit yield and quality, raisin and cold tolerance of grapevine. Agricultural Crop Management 2018; 20(3): 737-754.

DOI: 10.22059/jci.2018.251761.1933

47. Ghasemzadeh A, Jaafar HZE, Rahmat A, Wahab PEM, Halim MRA. Effect of different light intensities on total phenolics and flavonoids synthesis and anti-oxidant activities in young ginger varieties (Zingiber officinale Roscoe). International Journal of

Molecular Sciences.2011; 11: 3885-3897.

DOI: 10.3390/ijms11103885

48. Wang S, Li M, Liu K, Tian X, Li S, Chen Y, Jia Z. Effects of Zn, macronutrients, and their through foliar applications on winter wheat grain nutritional quality. PLoS One 2017; 12: e0181276.

49. Scagel CF, Lee J. Phenolic composition of basil plants is differentially altered by plant nutrient status and inoculation with mycorrhizal fungi. Horticultural Science 2012; 47(5): 660-671.

DOI: 10.21273/HORTSCI.47.5.660

50. Borowiak K, Gasecka M, Mleczek M, Dabrowski J, Chadzinikolau T, Magdziak Z, Golinski P, Rutkowski P, Kozubik T. 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 2015; 37: 155.

DOI :10.1007/s11738-015-1904-x

51. Marichali, A, Dallali, S, Ouerghemmi S, Sebei H, Hosni K. Germination, morpho-physiological and biochemical responses of coriander (Coriandrum sativum L.) to zinc excess. Industrial Crops and Products. 2014; 55, 248-257.

DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.02.033

52. Ramakrishna A, Ravishankar GA. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signaling & Behavior 6:11, 1720-1731; November 2011.

DOI: 10.4161/psb.6.11.17613

53. GhiassiTarzi B, Gharachorloo M, Baharinia M, Mortazavi SA. The effect of germination on phenolic content and antioxidant activity of chickpea. Iranian Journal of Pharmaceutical Research (2012); 11(4): 1137-1143.

54. Akhavan Hezaveh T, Pourakbar L, Rahmani F, Alipour H. Effects of ZnO NPs on phenolic compounds of rapeseed seeds under salinity stress. Journal of Plant Process and Function 2020; 8, 11-18.

55. Mirbagheri SM, Karimi R, Rasouli M. The combination effect of potassium and iron on fruit yield and quality, raisin and cold tolerance of grapevine. Agricultural Crop Management 2018; 20(3): 737-754
DOI: 10.22059/jci.2018.251761.1933