یافته های نوین کشاورزی
سال چهارم- شماره۱- پاییز ۱۳۸۸

غربالگری و ارزیابی اثر پذیری محیطی تجمع عناصر آهن، روی، مس و منگنز در دانه نخود

فرزاد بابایی*، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام
حسین عسکری، عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی تهران
عباس ملکی، استادیار علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام
حامد چهارسوقی امین، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام

چکیده

هدف از انجام این تحقیق غربالگری و ارزیابی اثرپذیری محیطی تجمع عناصر آهن، روی، مس و منگنز در دانه نخود جهت تعیین میزان تاثیرپذیری از جنبه ژنتیکی یا محیطی فرایند انتقال عناصرمی‌باشد. این تحقیق بدلیل تعدد ژنوتیپ های مورد بررسی در قالب دو آزمایش، باطرح آگمنت و با طرح آماری بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. محل مطالعات در مزارع تحقیقات کشاورزی استان ایلام و در دو منطقه مناسب کشت و مختلف از نظر آب و هوایی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸٦ انجام شد. نتایج نشان داد که ۸۵ درصد ژنوتیپ ها رفتار مشابهی در مورد انتقال ٤ یون آهن، روی، مس و منگنز دارند. انتقال عناصر تحت کنترل ژنتیکی بود و کمتر تحت تأثیر محیط قرار گرفت. هنگامی‌که تیمار نمک سولفات آهن، روی، مس و منگنز استفاده شد، انتقال عناصر به دانه در ۱۵ درصد ژنوتیپ‌ها بیشتر شد و وقتی از نمک مذکور استفاده نشد، انتقال عناصر بر اساس توان ژنتیکی، ژنوتیپ صورت پذیرفت. همچنین اصلاح نخود بر پایه درصد خاکستر بذر منجر به افزایش کلیه عناصر مورد بررسی گردید و این افزایش به ترتیب برای عنصر روی، مس، منگنز و آهن بود. بین تجمع بذری عناصر مورد بررسی اثر تشدیدکنندگی دیده شد که بالاترین اثر مذکور در دو عنصر روی و مس با ضریب ۰/۷۸ بود. محتوای معدنی عناصر در بین ژنوتیپ‌ها در دامنه وسیع، ٤ تا ۳۵ درصد در نوسان بود. همبستگی بین درصد خاکستر بذر و وزن بذر ۰/۸٤ و بین درصد خاکستر و کل عناصر مورد بررسی ۰/۵۱ بود که در سطح ۱ درصد معنی دار شدند. در نهایت ژنوتیپ -1 12/54721/D از نظر محتوای عناصر آهن، روی، مس، منگنز و درصد خاکستر مناسب ترین ژنوتیپ در مجموع دو آزمایش بود.

واژه های کلیدی: غربالگری، تجمع عناصر، اثرپذیری محیطی، نخود

---

* نویسنده مسئول: E-mail: Farzad_Babaee_609@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۷/۱۵

مقدمه

گیاهان نیازمند ۱٤ عنصر ضروری درقالب دو گروه پر مصرف و کم مصرف N، P، K، S، Ca، Mg، Cl، Fe، Mn، Zn، Cu، B، Mo و Ni هستند که این عناصر بر حسب شرایط محیطی و توانائی ژنتیکی گیاه جذب و منتقل می گردند. همچنین رابطهٔ مثبت و مستقیم بین مواد آلی خاک و کل مواد کم مصرف وجود دارد که این امر نیز در انتقال عناصر کم مصرف در گیاه موثر است (۱). تمامی غذاهای گیاهی حاوی سطوح مختلفی از این عناصردر بافت های خود هستند و این تفاوت درغلظت مواد تجمع یافته در بافت های گیاه ناشی از اشکال مختلف سیستم های مولکولی درگیر در جذب عناصر معدنی از محیط خاک و غلظت این مواد در محیط ریزوسفر خواهد بود (۱۲). همچنین نلسن (۱۹۹٦) بیان کرد که در مجموعهٔ این عناصر، فقط دلایل کافی برای جایگاه تغذیه ای Ni, B در تغذیه انسان وجود ندارد. از طرف دیگر عناصر I، Se، Na و Cr مورد نیاز انسان است، اما در مجموعه عناصر ضروری گیاه جایگاهی ندارد. این در حالی است که گیاهان بدون داشتن سیستم جذب اختصاصی برای این عناصر از طریق سیستم های موجود قادر به جذب این عناصر از محیط خاک هستند (۱٤). در تحقیق کرامر و بایر (۱۹۹۵) اعلام شد که برای تجمع یک یون در سلول گیاه نیاز به سیستم پیچیده، و تلفیقی از فرآیندهای بافتی و غشایی می‌باشد، تا یک یون از سطح سلول های ریشه جذب و به سلول مورد نظر انتقال یابد. آوند چوب از مجموعه سلول های استوانه ای ایجاد شده است که غیر زنده بوده و یک مسیر باز را برای انتقال توده ای آب و عناصر معدنی فراهم می‌نماید. کراساک (۲۰۰۲) گزارش نمود، مقصد شیره آوند چوب با توجه به جهت نیروی تعرقی که برآن اعمال می شود، تعیین می گردد به عبارت دیگر میزان تعرق بافت تعیین کننده مقدار دریافت شیره آوند چوب خواهد بود. این بافتها عمدتاً برگها و برخی قسمت های بافتهای زایشی مانند دیواره غلاف در گونه‌های لگوم را شامل می‌شوند. از طرف دیگر ساختارهای گیاهی پنهان (مانند بسیاری از دانه های درحال نمو و برگهای خیلی متراکم) و یا اندام های با تعداد و تراکم محدودی از سوراخ های روزنه‌ای (بسیاری از میوه ها) دارای مقدار بسیار کم و یا حتی بدون جریان تعرقی هستند، این موضوع توسط کراساک و پومر(۱۹۹۹) بیان گردید. لیبیتس و پالزیل (۱۹۹۷) به این نتیجه رسیدند که تحویل مواد موجود در شیره آوند چوب به این اندام ها بسیار محدود و یا وجود نخواهد داشت. بنابراین برمبنای گزارش زیگلر (۱۹۷۳)، چنین بافت هایی مواد و ترکیبات آلی و معدنی مورد نیاز خود را طریق جریان فلوئمی دریافت خواهند کرد. غالب مواد محلول موجود در شیره آوند آبکش مولکول های قندی (عمدتاً ساکارز) هستند و به جز پتاسیم مواد معدنی جزو مواد محلول فرعی در شیره آوند آبکش محسوب می شوند. بنابراین و با توجه به تأثیر عمده مواد قندی در ایجاد فشار هیدرواستاتیک درآوند آبکش مسیر حرکت شیره آوندی با توجه به نیاز مخزن به مواد معدنی تعیین نخواهد شد و نیاز مخزن های گیاهی به مواد قندی و رابطه بین مخزن و مبدأ تعیین کننده جهت حرکت

شیره آوند آبکش است. به بیان دیگر گیاهان کنترل جهت داری را برروی حرکت مواد معدنی در فلوئم نخواهند داشت (۱۳). ابوو و همکاران (۲۰۰۰) اعلام کردند که تراکم مواد معدنی در بین گونه ها و ارقام گیاهی و همچنین در بین بافت های مختلف گیاهان همچون بافت های برگی و بارور تفاوت زیادی را نشان می دهند. این تحقیقات نشان می دهند تفاوت در جذب و تسهیم مواد در درون گیاهان مبنای ژنتیکی دارد.

محققین بسیاری روی اثر افزایش کیفیت دانه گیاهان زراعی با استفاده از کاربرد کودهای مختلف تلاش نموده اند (۲). استفاده از کودهای آهن بر اساس مطالعات فروسارد و همکاران (۲۰۰۰)، بر روی سورگوم و کود منگنز، توسط گزارش ییلماز و همکاران (۱۹۹۷)، بر روی گندم با هدف ارتقای میزان این عناصر در دانه گیاه نتایج نسبتاً خوبی را برای ارتقاء مقدار این عنصر در بافت های دانه ای شده است. این در حالی است که به جهت تثبیت این عناصر در محیط خاک هایی با pH بالا ضرورت کاربرد مقادیر بسیار بالایی از این کودها مورد نیاز است و این خود امکان اثرات مخرب بر رشد گیاه که توسط چانی (۱۹۹۳)، و فلور میکروبی، که توسط مک گراس (۱۹۹٤) گزارش شد را در بر خواهد داشت. پریس وهندری (۱۹۹۱) در مطالعات خود اعلام نمودند سیمت آهن در بافت های گیاهی بیشتر در ارتباط با ایجاد رادیکال های آزاد و در بافت های گیاهی به ویژه درنواحی خشک و نمیه خشک است. این درحالی است که توسط والهوس (۱۹۹۰) بیان گردید که بخشی از سمیت عنصری همچون روی، در ارتباط با رقابت جذبی با عناصر آهن، منگنز و منیزیم است. استفاده از کودهای حاوی منگنز تأثیر بالایی در افزایش غلظت یون منگنز در بسیاری از گیاهان از جمله حبوبات داشته است. بر مبنای نتایج مطالعات فروسارد و همکاران (۲۰۰۰) چنین تأثیری در مورد کودهای آهن قابل انتظار نخواهد بود. نتایج تحقیق کاکمک و همکاران (۱۹۹۹) بر روی ٥٤ رقم گندم زمستانه نشان داد که افزایش غلظت روی در دانه در نتیجه استفاده از کودهای حاوی روی تأثیر چندانی بر قابلیت دسترسی زیستی[1] این یون در مقایسه با گیاهان کنترل در حیوانات تک معده ای نداشته است. در رابطه با افزایش غلظت آهن و روی در بخش های خوراکی گیاهان زراعی یک پروژۀ بزرگ در در گروه مشاور پژوهشی بین المللی کشاورزی (CGIAR)[2] تدوین شده است، گزارش هایی که از نتایج پروژه توسط فروسارد و همکاران (۲۰۰۰) منتشر شده است، نشان می‌دهد، تنوع وسیعی در بخش‌های خوراکی گونه های گیاهان زراعی اصلی از نظر تجمع آهن وروی وجود دارد. تحقیقات انجام شده توسط گریگوری و همکاران (۱۹۹۹) بر روی برنج نشان می دهد، بیشترین تنوع در مقدار آهن ذخیره شده در دانه مربوط به جزء ژنتیکی است و محیط تأثیر اندکی بر روی آن دارد. نتایج بیبی و همکاران (۱۹۹۹)، نشان داد اختلاف های ژنتیکی در تجمع آهن و روی در لوبیا در فصول و محیط های مختلف قابل شناسایی و تشخیص است. این در حالی است که این وضعیت در دانه گیاه ذرت وجود ندارد و تغییرات بیشتر تابع عوامل محیطی بوده است که این موضوع

1- Bioavailability
2- Consultative Group for International Agricultural Research

توسط لانگ و بنزیگر (۱۹۹۹) تایید شد. مطالعه گریگوری و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد واریته های مدرن گندم و برنج نسبت به واریته ها وارقام سنتی حاوی مقادیر اندکی از عناصر آهن و روی هستند و این می تواند به سبب فشار انتخاب برنامه های اصلاحی برای دست یابی به ارقامی با مقادیر بالای عملکرد و مقاومت به بیماری ها باشد. لذا این موضوع شاید ممکن باشد که یکی از اجزا برنامه های اصلاحی برای انتخاب ارقامی باشد که حاوی سطوح بالاتری از مواد معدنی به ویژه میکروالمای آهن، روی، منگنز و مس هستند. مطابق با نظرگراهام و ولچ (۱۹۹٦) افزایش غلظت ترکیب میکروالمان هایی همچون آهن، روی و منگنز در تغذیه انسان مفید می‌باشد. اطلاعات موجود برمبنای نتایج فروسارد و همکاران (۲۰۰۰) نشان می دهد، پتانسیل ژنتیکی مناسبی جهت افزایش تراکم عناصر معدنی در بذور گیاهان زراعی به ویژه حبوبات وجود دارد.

مواد و روش ها

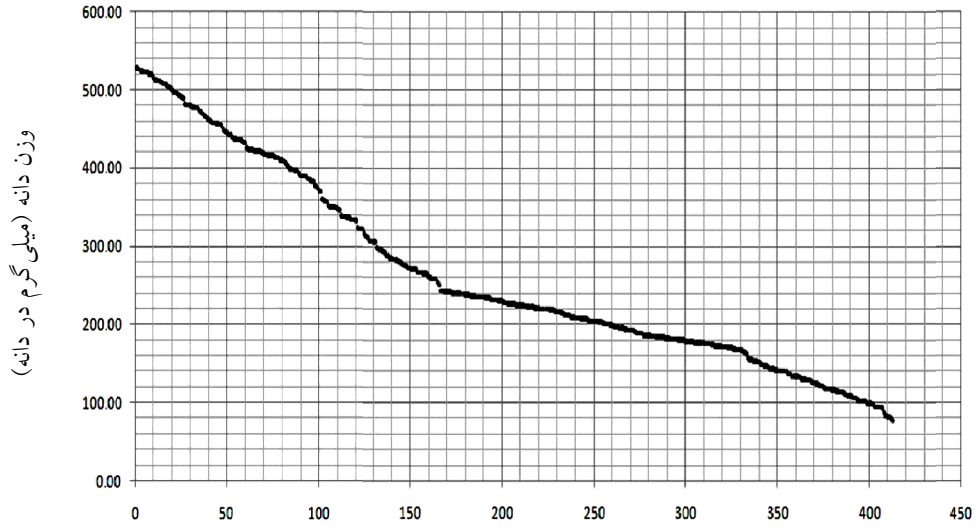
به منظور غربالگری و ارزیابی اثر پذیری محیطی تجمع عناصر آهن، روی، مس و منگنز در دانه نخود آزمایشی در مزارع تحقیقاتی جهاد کشاورزی استان ایلام در دو منطقه مناسب کشت و متفاوت از نظر آب و هوائی در سال زراعی ۸٦-۱۳۸۷ به اجرا درآمد. با توجه به وجود تنوع ژنتیکی در انتقال عناصر به دانه، گزینش ارقام اولین و ساده ترین فرآیند پژوهش محسوب می شود. بدین منظور اقدام به جمع آوری و ارزیابی مهم ترین عناصر معدنی آهن، روی، مس و منگنز در کلکسیون تهیه شده از دانه نخود تحقیقی در قالب دو آزمایش مجزا اجرا شد.آزمایش اول بر پایه آزمون آگمنت با توالی ۵ ژنوتیپ در فاصله هر ۱۰ لاین اجرا شد. بدین ترتیب هر ژنوتیپ شاهد ۸ بار در مجموع آزمایش تکرار شد. در این طرح به دلیل افزایش خطای ناشی از تعداد ژنوتیپ ها ناگزیر به انتخاب و محاسبه واریانس درون نمونه های تعداد اندکی از ژنوتیپ ها امکان پذیر بود. بدین سبب از مجموع ٤١٦ ژنوتیپ، ۵ ژنوتیپ به عنوان نماینده انتخاب و با ۸ بار توالی به عنوان منبع خطای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش دوم در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی بر روی ۷ گروه ژنوتیپی (گروه اول 1-12-23200/D با ٤٣ عضو، گروه دوم 1-12-23200/K با ۳۷ عضو، گروه سوم 12/54721/DK -1 با ٦٦ عضو، گرو چهارم D12/K22//763-K با ۸٤ عضو، گرو پنجم Des12/1000-K با ٦۹ عضو، گروه ششم D//K/ZZ12/129376144 با ۷۲ عضو، گروه هفتم PaREN12/423//k با ٤۵ عضو) در محیط کشت ماسه (که با اسید کلریدریک ۱۰٪ شستشو داده شده بود) و با آبیاری پیوسته توسط محلول غذایی کامل هوگلند و در نظر گرفتن ۲۵٪ زهکش اجرا شد. تیمار های مورد نظر با دو سطح غلظت پایه میکرو المان در محلول هوگلند و غلظت سه برابر نمک سولفاتی آن ها اجرا گردید. تعداد ۵ عدد بذر از هر تکرار در هاون چینی به طور کامل پودر و از پودر به دست آمده، مقدار یک گرم پس از توزین به داخل کروزه

چینی انتقال یافت. کروزه‌ها پس از شماره گذاری به کوره الکتریکی منتقل شدند. به منظور جلوگیری از تخریب بافت، دمای کوره به تدریج و در طی ٤ ساعت به ۵۵۰ درجه سانتی گراد رسانده شد و تا سفید شدن کامل بافت ها در درون کوره نگه داری شدند، پس از سرد شدن، مقدار ٤ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به کروزه اضافه شد و سپس با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۲ صاف گردیدند، جهت آنالیز عصاره به دست آمده دستگاه جذب اتمی (تعیین غلظت عناصر بر اساس طول موج ناشی از انتقال الکترون) مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی از لامپ های اختصاصی عناصر استفاده شد، همچنین به ترتیب $FeSo_4$، $CuSo_4$، $MnSo_4$ و $ZnSo_4$ به عنوان استانداردهای اندازه گیری عناصر استفاده شد. بدین منظور نمک های مورد نظر پس از خشک شدن در آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱ ساعت و سرد شدن در دسیکاتور به مدت ۳ ساعت برای ایجاد محلول ۱۰۰۰ پی .پی .ام یون های آهن، مس، منگنز و روی توزین و حجم محلول مادری به ۲۵۰ میلی متر در بالن ژوژه رسانده شد. در روش بلوک هضم، جهت استخراج ابتدا مواد گیاهی توزین و در حضور ترکیبی از سلنیوم – اسید سولفوریک به مدت ٤ ساعت در دمای ۳۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده و به منظور حذف مواد آلی از پراکسید هیدروژن استفاده شد. پس از تکمیل فرآیند هضم عصاره حاصل تصفیه و مقدار غلظت عنصر با روش جذب اتمی با توجه به دستور العمل کارخانهٔ سازنده، اندازه‌گیری شد. مقدار عناصر با واحد میلی مول بر گرم ماده خشک بذر گزارش گردید. در نهایت محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن انجام شد. شکل ها و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل نشان دهنده این است که دامنه گسترده ای از وزن بذر در ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد (شکل۱). این دامنه از محدوده ۵۰۰ میلی‌گرم تا زیر ۱۰۰ میلی گرم بود. نتایج حاکی از آن است که پتانسیل ژنتیکی بسیار ارزشمندی در گونه‌های بومی نخود برای ارتقای ژنتیک بر مبنای وزن بذر وجود دارد. بر این اساس ارتباط بین وزن بذر و گروه های نژادی (۷ گروه) تا حدود زیادی رعایت شده است. همچنین اختلاف آماری معنی‌دار در محتوای عناصر مورد بررسی در بذر برای دو منطقه مشاهده نگردید. تحقیقات وانگ و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده است دانه گیاهان مخزن قدرتمندی برای جذب و بیوسنتز مواد آلی ذخیره ای می باشند، این در حالی است که تا کنون تعریف قابل قبولی برای جایگاه خاکستر، مجموعه کامل عناصر معدنی در قدرت مخزن دانه تعریف نشده است، به عبارت دیگر دانه بر اساس کشش هورمونی مورد نیاز برای دریافت ترکیبات آلی، امکان جذب و دریافت منابع معدنی از

بافتهای گیاهی را ندارد. مواد معدنی از منبع عناصر آوند چوب در بافت های گیاهی توزیع می شود و بر اساس مقدار جریانات تعرقی مواد در بافت ها توزیع خواهند شد.



شکل ۱ – روند تغییرات در ژنوتیپ های نخود بر اساس وزن بذر

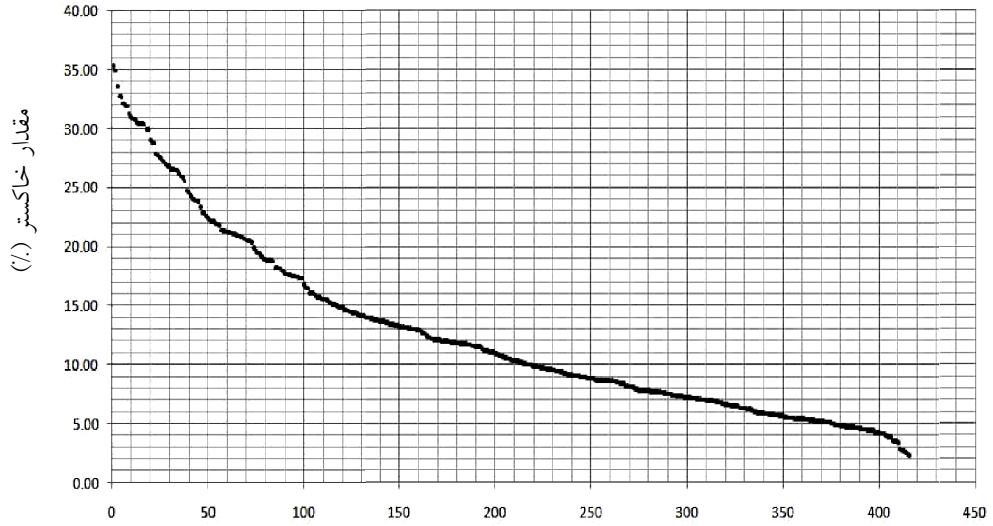
با توجه به این که از نظر تئوری جریان تعرقی به دانه حبوبات به صفر می رسد، به دلیل وجود پوشش غلاف دانه که رطوبت نسبی حدود ۱۰۰٪ را بر روی دانه در حال رشد حاکم می کند. لذا جریان مواد معدنی از مسیر آوند چوب نمی تواند تأثیر معنی داری بر محتوای مواد معدنی دانه داشته باشد.

بر این مبنا نهاده های کودی که منجر به افزایش غلظت عناصر معدنی جریان تعرقی می شوند، نمی توانند باعث ارتقاء مواد معدنی دانه شوند و این تنها در صورتی امکان پذیر است که این مواد بتوانند در مسیر جریان تعرقی وارد مسیر جریان فلوئمی که حامل مواد فتوسنتزی برای دانه است، گردند.

اطلاعات موجود در جدول ۱ مقدار عناصر آهن، منگنز، روی و مس و درصد خاکستر را بر حسب میکرو مول بر گرم وزن خشک دانه نشان می دهد، به طوری که تنوع مقدار این عناصر در هر ژنوتیپ نخود وجود دارد. مطابق شکل ۲ تعداد ٤١٦ ژنوتیپ نخود بر اساس وزن بذر مرتب شده اند. بر پایه اطلاعات ارایه شده توزیع وسیعی از نظر اندازه بذر در محدود ۸۰ تا ۵۲۰ میلی گرم در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شده است. با توجه به این که کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مشابه و ایده‌آل رشد کشت شده اند، این نتایج به خوبی پتانسیل بالای گیاه نخود در تأمین اندازه بذر بالا را نشان می دهد. همان طوری که در شکل ۲ مشاهده شد دامنه وسیعی از مقدار کل مواد معدنی در بذور مورد بررسی، به ازای مقدار خاکستر، در محدوده ٤ تا ۳۵ ٪ در نوسان است. پتانسیل بالای دانه نخود در ذخیره سازی مواد معدنی با توجه به اینکه مواد معدنی قدرتی برای انتقال به دانه نخود ندارند، نشان می دهد،

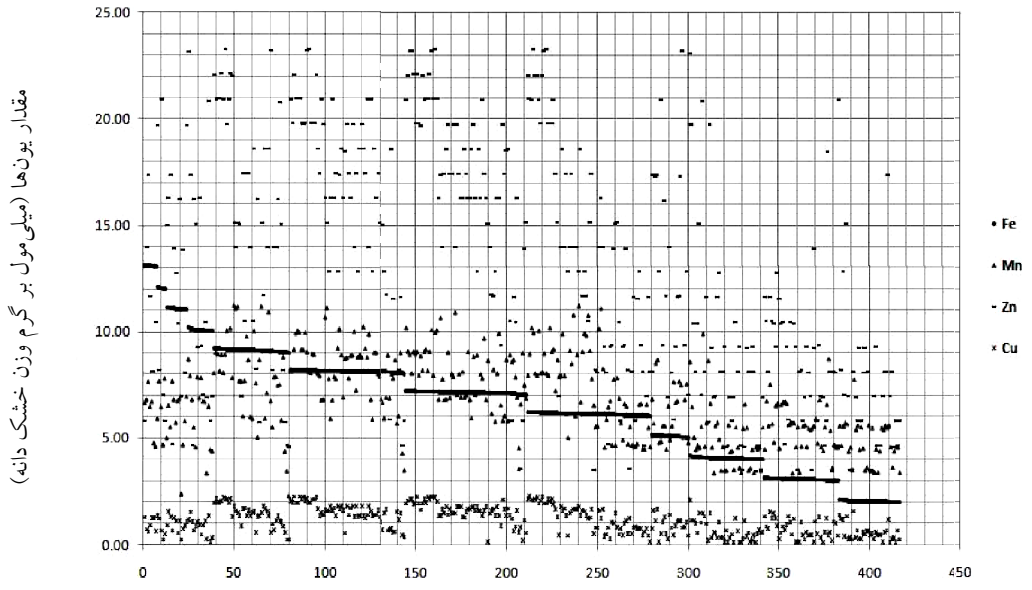
وضعیت ژنتیکی این گیاه برای ذخیره سازی عناصر بسیار غنی و قابل اتکا است. به عبارتی مشاهده گردید که پتانسیل ژنتیکی، ذخیره سازی‌عناصر را تحت تأثیرقرار داد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالعات فروسارد و همکاران(۲۰۰۰) مطابقت دارد.

فرآیند انتقال تحت کنترل ناقل های سلولی و به تبع آن ژنتیک سلولی می باشد(۳). نتایج این تحقیق نشان داد درصد محتوای معدنی عناصر در دانه به طور چشم گیر در بین ژنوتیپ ها در دامنه ٤ تا ۳۵ ٪ در نوسان است (شکل۲). این پدیده نشان می دهد ژنوتیپ های مورد بررسی کاندیدهای بسیار ارزشمندی در اصلاح نخود برای ارتقاء سطح مواد معدنی در دانه می باشند.



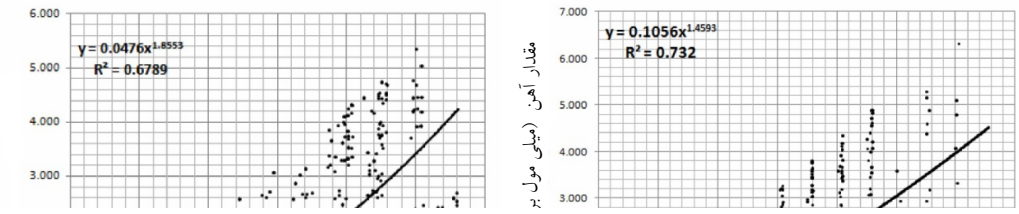
شکل ۲– روند تغییرات در ژنوتیپ های مورد بررسی بر حسب مقدار کل خاکستر به ازای وزن کل دانه

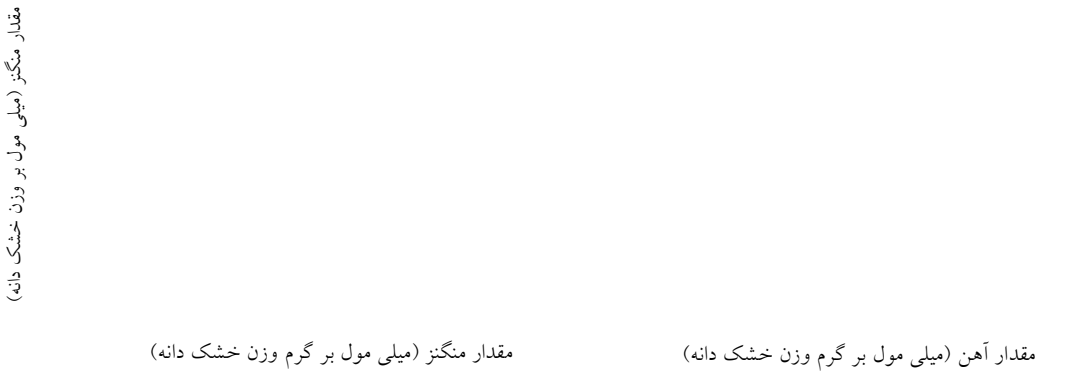
عناصر معدنی نظیر آهن، مس، روی و منگنز به جهت افزایش تمایل به رسوب (به تبع عدم جذب توسط گیاه) در اراضی با خاک قلیایی، عمدتاً در دانه های نخود بافقر بالایی مواجه هستند (٤). بنابراین وجود پتانسیل ژنتیکی در جذب و انتقال این مواد به دانه بسیار حائز اهمیت خواهد بود. اطلاعات به دست آمده بر پایه مقادیر (برحسب میلی مول) یون های مورد بررسی، نشان داد تنوع قابل ملاحظه ای در محتوای این عناصر در دانه نخود با واریانس معنی دار وجود دارد (شکل ۳). این یافته با نتایج حاصل از گزارش ابوو و همکاران (۲۰۰۰) هماهنگ است.



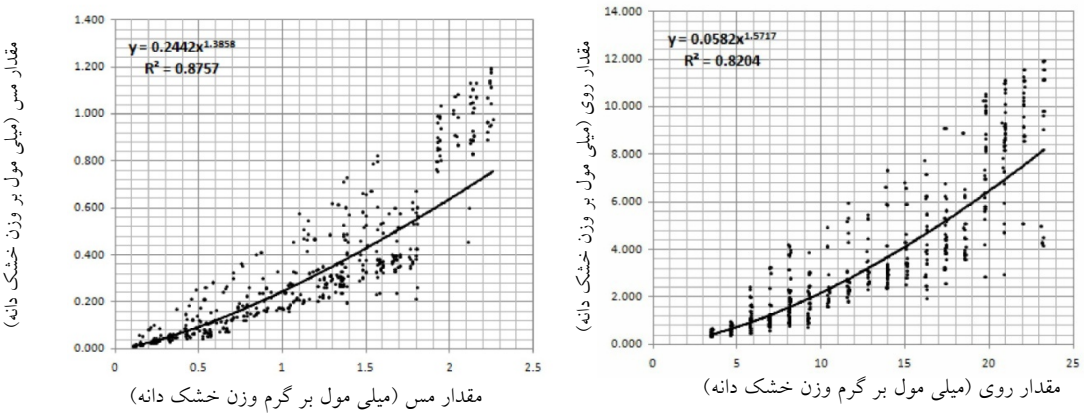
شکل ۳– روند تغییرات مقادیر یون های مورد بررسی در ارتباط با یون آهن

نتایج به دست آمده در شکل ۳ که در آن ژنوتیپ ها بر اساس مقادیر آهن طبقه بندی شده اند، نشان می دهد، تنوع آهن و منگنز در محدوده نسبتاً مشابهی می باشد، این در حالی است که مقادیر مس در کمترین سطح و مقادیر روی با بالاترین واریانس در بیشترین سطح قرار دارند. با این توصیف برنامه ریزی برای به دست آوردن مقادیر بالای روی از پیچیدگی بیشتری نسبت به عناصر دیگر برخوردار است. شکل های ٤ و ٥ ارتباط بین مقدار مطلق عناصر به ازای تک بذر را در قالب نمودار همبستگی با مقدار محتوای همان عنصر به ازای واحد وزن بذر، نشان می دهند. بر اساس این نتایج ضریب همبستگی در محدوده ۰/٦٨ تا ۰/۸۷ به ترتیب برای عناصر منگنز و مس وجود دارد. به طوری که محتوای بذری عناصر مورد بررسی از وزن بذر تبعیت می نماید، به عبارتی با افزایش وزن بذر، مقدار تجمع عناصر در دانه افزایش نشان می دهد. یافته فوق با نتایج مارت ودت (۱۹۹۹)، هماهنگ است. این درحالی است که مقدار افزایش برای یون مس نسبت به منگنز ۲۰ ٪ بیشتر است، علت آن را می‌توان به بالا بودن pH خاک محل آزمایش و تأثیر آن روی میزان منگنز قابل جذب خاک توسط گیاه مرتبط دانست، زیرا کمبود منگنز در خاک‌های با pH بالا رخ می‌دهد، به عبارت دیگر ارتقای وزن بذر در ذات خود منجر به بهبود کیفیت مواد معدنی نیز خواهد شد.





شکل ٤- میزان همبستگی بین مقدار آهن و منگنز به ازای واحد وزن و مقدار محتوای بذری این عناصر



شکل ۵- میزان همبستگی بین مقدار روی و مس به ازای واحد وزن و مقدار محتوای بذری این عناصر

جریان انتقال عناصر به بذر از مسیر آوند آبکش و یا به عبارتی مسیر انتقال مواد آلی در این بخش از نتایج نیز قابل استنباط است. در یک جمع بندی کلی نشان می دهد که همبستگی بین مقدار خاکستر بذر و وزن بذر بیش از ۰/۸٤ و در سطح ۱ ٪ معنی دار است (جدول۱).

جدول ۱: نتایج ضرایب همبستگی بین محتوای بذری عناصر و خاکستر

ضریب همبستگی	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷
۱- آهن	۱						
۲- منگنز	۰/٤۲	۱					
۳- روی	۰/٤۰	۰/٦۳*	۱				
٤- مس	۰/۳۸	۰/٦۹	۰/۷۸*	۱			
٥- مجموع یون‌ها	۰/٦٥*	۰/۷۸*	۰/۹۳**	۰/۸۲**	۱		
٦- خاکستر	۰/۲٦	۰/۳۷	۰/٥۰*	۰/٤۹	۰/٥۱*	۱	
۷- وزن دانه	۰/۳۳	۰/٤۸	۰/٥۹*	۰/٥۸*	۰/٦۱*	۰/۸٤*	۱

*و**: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح آماری ٥ درصد و ۱ درصد می باشند

ارتباط بین درصد خاکستر و کل عناصر مورد بررسی ۰/۵۱ و در سطح ۱٪ معنـی دار بـود. ایـن در حـالی است که محتوای آهن بذر و درصد خاکستر در محدوده ۰/۲٦ معنی دار نشد و بعـد از آن محتـوای یـون منگنز با ضریب همبستگی ۰/۳۷ در سطح ۵ ٪ معنی دار بود. این نتایج نشان مـی دهـد، انتخـاب اصـلاح نخود بر پایه ی درصد خاکستر می تواند منجر به افزایش کلیه عناصر مورد بررسی گردد و این افزایش به ترتیب برای عناصر، روی، مس، منگنز و آهن اثر گذار خواهد بود، به عبارتی این عناصر افزایش می یابد. نتایج این بررسی نشان داد، بین تجمع بذری عناصر معدنی مورد بررسی اثر تشدید کنندگی (سینرژیستی) وجود دارد، این در حالی است که منابع تأکید دارند که در فرآیند جذب ریشه ای این عناصر اثـر رقـابتی (آنتاگونیستی) دیده می شود. در این بررسی (جدول۱) بالاترین ضریب اثـر تعـاونی بـین غلظـت بـذری یون های مورد بررسی در دو عنصر روی و مس با ضریب ۷۸ /۰ مشاهده شد.

بر اساس گزارش های کرافورد (۱۹۹۰) معلوم شد یک اثر آنتاگونیستی برای نسبت $\frac{Mn}{Zn}$ وجود دارد که منجر به کاهش یا افزایش دو جانبه این دو عنصر می‌شود و بایستی به تعادل این دو عنصر توجه داشت زیرا که هر یک می‌تواند کمبود دیگری را تشدید کند.

جدول ۲ حاکی از آن است که دامنه وسیعی از تغییرات در محدوده وزن خاکستر و ترکیب عناصر معدنی در بین ژنوتیپ ها وجود دارد. چنانچه اطلاعات بدست آمده از ژنوتیپ ها را در قالب گروه های ژنوتیپی (۷ گروه)، طبقه بندی نماییم، تنوع معنی داری بر حسب گروه های مختلف به دست می آید. نتایج نشان داد گروه ژنتیکی 1-12/54721/DK بالاترین و گروه //Des12/1000-K21 حداقل وزن دانه را در بر می گیرد، بالاترین تنوع وزن دانه در گروه ژنتیکی اول 1-12/54721/DK مشاهده شد که معادل ۱۱۱/۱۷ بود. همچنین مشاهده گردید مقدار خاکستر همراه با افزایش وزن بذر افزایش نشان داد. گروه ژنتیکی-1 12/54721/DK بالاترین مقدار خاکستر و گروه //Des12/1000-K21 پائین ترین درصد خاکستر را به خود اختصاص داد، بر این مبنا گروه ژنتیکی اول همراه با بالاترین مقدار خاکستر، بیشترین محتوای عناصر مس، روی، منگنز و آهن را داشت.

این نتیجه برای گروه ژنتیکی//Des12/1000-K21 در خصوص عناصر مس و روی مشابه بود، به عبارت دیگر در این مورد حداقل مقادیر نیز متعلق به همین گروه ژنتیکی بود. عنصر مس علاوه بر آن که در کانی های اولیه به خصوص قرار دارد، بیشتر به صورت جذب سطحی، به ویژه به وسیله مواد آلی نگه داری می‌شود، جذب سطحی مس بیش از رسوب آن اتفاق می‌افتد. بنابراین توزیع پروفیلی مس از توزیع پروفیلی مواد آلی تبعیت می کند. قسمت عمده مس در خاک به شکل نامحلول بوده و فقط توسط عوامل شیمیایی قوی، می‌توانند عصاره‌گیری شوند. کمبود مس معمولاً در خاک های خیلی اسیدی مشاهده می‌شود. زیرا pH، هم کنش با سایر عناصر غذائی، مواد آلی و بقایای گیاهی و عامل های گیاهی باعث تغییر در میزان تحرک و قابلیت جذب مس می‌شوند. در pH بالاتر از ۷، قابلیت جذب مس کاهش

می‌یابد، جذب مطلوب مس در pH برابر ٦/٥ انجام می گیرد. میزان تحرک مس در خاک غالباً با افزایش pH، محدود می‌شود و تأمین آن برای گیاه به دلیل کاهش حلالیت و افزایش جذب توسط کلوئیدهای معدنی، کاهش می یابد. افزایش غلظت عناصر در این آزمایش نشان دهنده توان بالا در انتقال عناصر و اختلافات ژنتیکی است که احتمالاً به دلایل اختلاف در میزان مس جذب شده توسط ریشه، طویل بودن ریشه و دسترسی بیشتر به مس در خاک به واسطه تماس بیشتر با خاک به کمک ریشه های موئین، احتمالاً تغییر پتانسیل احیائی و نیاز کمتر بافت ها به مس و انتقال مؤثر و بیشتر مس از ریشه‌ها به قسمت های هوایی و افزایش قابلیت دسترسی به مس به کمک ترشحات ریشه بر وضعیت تغذیه ای مس، در ژنوتیپ های مورد آزمایش تأثیر گذاشته است.

بالاترین مقدار غلظت عنصر آهن مربوط به گروه ژنتیکی PaREN12/423//k بود. بالاترین مقدار منگنز نیز علاوه بر گروه ژنتیکی 1-12/54721/DK به گروه ژنتیک-D//K/ZZ12/129376144 اختصاص یافت. این نتایج نشان داد امکان ایجاد تلاقی و ارتقای ژنتیکی محتوای خاکستر و به تبع آن، عناصر معدنی در ژنوتیپ های ارقام نخود وجود دارد.

جدول ۲- مقایسه میانگین و انحراف استاندارد در گروه های مختلف ژنوتیپی

گروه‌های ژنوتیپی	یون‌ها (mmol/g seed DM)								خاکستر (٪)		وزن دانه (mg/seed)	
	Fe		Mn		Zn		Cu					
	Mean	Stdv	Mean	Stdv	Mean	Stdv	Mean	Stdv	Mean	Stdv	Mean	Stdv
1-12-23200/D	٤/٤٨ c	١/٢٩	٥/٥٦cd	٠/٩١	٨/٧٩ de	٢/١٤	٠/٧٩c	٠/٣١	٩/٢٠ de	٢/٨١	١٩٨/٦ de	٢٨/٩٤
1-12-23200/K	٦/٧٠bc	١/٩٨	٧/١٧ b	١/٣٧	١٦/٢٥ b	٣/٩٩	١/٤٩b	٠/٢٣	١٤/١ bc	٥/٠٦	٢٩٩/٣٥ b	٤٣/٦٢
1-12/54721/DK	٧/٥١ b	١/٠٠	٨/٧٩ a	٠/٨٦	٢٠/٩٥ a	١/٦٨	٢/٠٢a	٠/٢٠	٢٠/٢٨ a	٨/٤٨	٤٢٢/١٤ a	١١١/٢
D12/K22//772-K	٧/٠٩ b	٢/٨٠	٦/٨٥bc	١/٤٤	١٣/٦bc	٥/١٨	١/٠bc	٠/٤٦	١/٨٢ ab	٧/١٧	٣٧٠/١ ab	٨٩/٥٨
Des12/1000-K21//	٣/٠٠ d	٠/٨٨	٤/٥٠ d	٠/٨٣	٦/٥٦ f	١/٩٦	٠/٣٨	٠/١٨	٥/٥٠ f	١/٦٧	١١٧/٦٢ f	١٩/٥٨
D//K/ZZ12/129376144-	٧/٥١ b	١/١٢	٨/٥٤ a	١/٧٧	١٥/١١ b	٢/٥٠	١/٥٤b	٠/١٧	١٠/٠ cd	٣/١٥	٢١٨/٥ cd	١٥/٢١
PaREN12/423//K	٩/١٦ab	٢/٤٢	٦/٠٠ c	١/٥٥	٩/٤٣ d	٤/٥١	٠/٧٩c	٠/٣٥	٨/١٦ de	٢/٥٨	١٧٨/٤ de	٦/٦١

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاق معنی دار در سطح ٥٪ براساس آزمون دانکن می باشد

علایم کمبود آهن شبیه کمبود مس است. زیرا هر دو عنصر در صورت عدم کفایت در گیاه باعث کاهش تولید کلروفیل می‌گردد که توسط نیجر(۱۹۹۰)، تاندون (۱۹۹۵) و کاتیال ورادهاوا (۱۹۸۹) گزارش شد. تحقیقات انجام شده توسط گریگوریو و همکاران (۱۹۹۹) بر روی برنج نشان داد بیشترین تنوع در مقدار آهن ذخیره شده در دانه مربوط به جز ژنتیکی است و محیط تأثیر اندکی بر روی آن دارد. اطلاعات به دست آمده در ارتباط با مقادیر یون های مورد بررسی بر اساس یون آهن مرتب شده است (شکل ۳). همان طور که در شکل۳ مشاهده می شود، مقادیر محتوای یون مس در دانه نخودهای مورد بررسی از عناصر دیگر کمتر است. این در حالی است که مقدار روی (Zn) از میانگین مقادیر آهن، مس و منگنز

بالاتر بود. به عبارت دیگر دانه نخود تمایل بالاتری در جذب و انتقال یون روی از خود نشان می دهد. این اطلاعات بخوبی تفکیک گروه های مختلف نژادی نخود را همان گونه که در نام گذاری آن ها قابل مشاهده است تا حدود زیادی وابستگی ژنتیکی محتوای این عناصر در دانه را نشان می دهد. شکل ۳ رگرسیون بین مقادیر عناصر آهن و منگنز به ازاء واحد وزن و مقدار محتوای بذری این عناصر را نشان می دهد. بر پایه اطلاعات ارائه شده مقدار عناصر مورد بررسی همبستگی بالایی با وزن دانه دارد. به عبارت دیگر با افزایش وزن دانه مقدار ذخیره عناصر افزایش می یابد. این یافته را می توان به اثرات متقابل عناصر خصوصاً تأثیر روی و آهن در افزایش وزن دانه نسبت داد. مشابه یافته فوق در گیاه کنجد توسط سینک و همکاران (۱۹۸٦) گزارش شده است. این درحالی است که دانه کشش خود را بر اساس مواد آلی و نه بر اساس مواد معدنی تنظیم می نماید.

شکل ۵ همبستگی بین مقادیر عناصر روی و مس به ازای واحد وزن و مقدار محتوای بذری این عناصر را نشان می دهد. بر پایه اطلاعات ارائه شده مقدار عناصر مورد بررسی همبستگی بالایی با وزن دانه دارد به عبارت دیگر با افزایش وزن دانه مقدار ذخیره عناصر افزایش می یابد. بر این اساس مقدار همبستگی بین عناصر مختلف متفاوت است و به نظر می رسد حضور این عناصر می تواند بر افزایش وزن دانه تاثیر داشته باشد.

جدول۱ نشان می‌دهد که به جز رابطه همبستگی بین مقدار خاکستر و محتوای آهن بذری، تمامی ضرایب همبستگی معنی دار می باشند. بر این اساس بالاترین ضرایب همبستگی بین جمع جبری کل چهار عنصر معدنی با یک یک عناصر بوده است که در این میان بالاترین ضریب همبستگی متعلق به یون روی بود. از طرف دیگر عناصر مس و روی بالاترین ارتباط آماری را با وزن دانه به خود اختصاص دادند. مقدار خاکستر و وزن دانه بیشترین تاثیر را بر یکدیگر داشته اند. جدول۳ اطلاعات ارائه شده بر اساس گروه های مختلف ژنوتیپی طبقه بندی شده اند. بدون در نظر گرفتن افراد موجود در هر خانواده میانگین گروه ها و انحراف استاندارد محاسبه و ارائه شده است.

بر مبنای اطلاعات ارائه شده در جدول ٤، ژنوتیپ 12/54721/DK -1 و Des12/100K21 به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار تجمع عناصر آهن، روی، مس، منگنز، وزن بذر و درصد خاکستر را دارند. با توجه به بالا بودن درصد خاکستر و وزن بذر در گروه ژنوتیپی D12K22//772-K احتمالاً پتانسیل ژنتیکی متفاوت بذر یا توانایی ژنتیکی متفاوت انتقال عناصر به دانه و اختلاف سرعت رشد و شاخص های مورفولوژیکی و اثر متقابل عناصر بر یکدیگر باعث اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در میانگین این ژنوتیپ و دیگر ژنوتیپ های مورد بررسی گردیده است. همچنین نتایج در آزمایش دوم حاکی از اختلاف معنی دار در بین ژنوتیپ ها از نظر تجمع عناصر آهن، روی، مس، منگنز، وزن بذر و درصد خاکستر در سطح ۱ ٪ در هفت گروه ژنوتیپی مورد بررسی می باشد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف در ژنوتیپ های نخود مورد مطالعه در آزمایش دوم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		آهن	منگنز	روی	مس	خاکستر	وزن دانه
ژنوتیپ	٦	١٥/٦٠٥**	٧/١١١**	٥٨/٦٥٤**	٠/٨٦٤**	١٢٨/٩٦**	٤٠٠٣٦**
تکرار	٢	٣٧/٤٩٥	١٩/٧٤	١٥٨/٨١٦	١/٩٨٩٨	٣٦٨/٥٢	٢٦٢٥٣
خطا	١٢	١/٧٨٤	٠/٦٣٢	٤/٥٣٣	٠/١٠٠٤	٢٤/٠٧	٢٤٩٠

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ٤- مقایسه میانگین ژنوتیپ های نخود از نظر صفات مختلف در آزمایش دوم

ژنوتیپ	آهن	منگنز	روی	مس	خاکستر	وزن دانه (g)
PaREN12/423//K	٩/٧٣ a	٦/٣١ dc	١٠/٧٣ cd	٠/٥٢١ c	٩/٢٤ c	١٨٠/٨٣ cd
1-12/54721/DK	٧/٨٥ ab	٩/٢٠ a	١٩/٨٣ a	١/٧٨٧ a	٢٢/٦٦ a	٤٠٢/٣٩ a
D//K/ZZ12/129376144-	٧/٨١ ab	٨/١٧ ab	١٥/٧ b	١/٥٨٠ a	٩/٠٢ c	٢٢١/٠٣ cb
D12/K22//772-K	٧/٦٤ ab	٦/٢٥ cd	١٣/٥٢ cb	٠/٩٢٠ bc	٢٠/٤٠ a	٤٢٥/٠٣a
1-12-23200/K	٥/٧٨ bc	٧/١٨ cb	١٤/١٦ cb	١/٤٧٠ ba	١٨/٠١ ba	٣٠١/٠٢ b
1-12-23200/D	٤/٥٨ dc	٥/٦٠ ed	٨/١٩ ed	٠/٨٦٠ c	١٠/٢٨ bc	١٩٧/٨٤ cd
Des12/1000-K21//	٣/٠٥ d	٤/٦٩ e	٦/٨٨ e	٠/٤١٠ c	٥/٩٠ c	١٢٠/٨٩ d

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ با هم اختلاف معنی دار ندارند

بر اساس نتایج حاصله، اختلافات موجود کاملا اشاره به تفاوت پتانسیل ژنتیکی گروه های مورد بررسی دارد. بر مبنای مفاهیم فیزیولوژیکی در خصوص انتخاب ژنوتیپ مناسب برای یک منطقه خاص، زمانی که اطلاعات چندانی از آن ها در دسترس نباشد، به عبارتی قوه نامیه و بنیه بذور نامعلوم باشند وزن بالای تک دانه و یا هزار دانه می‌تواند معیار مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها باشد. زیرا همواره بین خصوصیات مختلف شامل جوانه‌زنی، قوه نامیه، بنیه بذر و وزن دانه‌ها رابطه مستقیمی وجود دارد. در این راستا انتخاب ژنوتیپ مناسب که توانایی بالایی در انتقال عناصر نظیر میکروالمان های آهن، روی، مس و منگنز را به دانه دارند نه تنها منافعی را برای تغذیه انسان دارد بلکه می‌تواند واجد اثرات مثبت بر روی رفتار اگرونومیک گیاهان نیز باشد و این اثرات می‌تواند به تأثیر مثبت افزایش غلظت مواد معدنی در بهبود رشد گیاهچه خصوصاً در خاک‌های فقیر، افزایش قابلیت تحمل بیماری‌ها نهایتاً بهبود عملکرد گیاه در استفاده از محتوای رطوبتی خاک خصوصاًدر مناطق خشک و نیمه خشک گردد.

منابع

۱- **باقری، ع.، نظامی، ا.، گنجعلی، ع. و پارسا، م. ۱۳۷٦**. زارعت و اصلاح نخود، ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد .

۲- **رحیم زاده خوئی، ف. و کاظمی، ح. ۱۳٦۲**. شناخت نخود، انتشارات، دانشگاه تبریز.

۳- **سرمدنیا، غ. ۱۳۷۵**. تکنولوژی بذر. ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد .

٤- **علی آبادی‌زاده، ک. ۱۳٦۱**. حبوبات و موارد مصرف آن. انتشارات بخش تحقیقات حبوبات موسسه اصلاح تهیه نهـال و بذر.

5- Abbo, S., Grusak, M. A., Tzuk, T. and Reifen, R. 2000. Genetic control of seed weight and calcium concentration in chickpea seed. Plant Breeding 119:427–431, 2000.

6- Beebe, S., Gonzalez, A. V. and Rengifo, J. 1999. Research on trace minerals in common bean, in Improving human nutrition through agriculture: the role of international agricultural research. A workshop hosted by the International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines and organized by the International Food Policy Research Institute. 5-7 October.

7- Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H. J., Kilinc, Y. and Yilmaz, A. 1999. Zn deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-Science for stability project. Field Crop Res 60: 175–188

8- Chaney, R. L. 1993. Zinc phytotoxicity. In A.D. Robson (ed.) Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Publ., Dordrecht. pp. 135-150.

9- Frossard, E., Condron, L. M., Oberson, A., Sinaj, S. and Fardeau. J. C. 2000. Processes governing phosphorus availability in temperate soils. J. Environ. Qual., 29: 15-23.

10- Graham, R. D. and Welch, R. 1996. Breeding for staple food crops with high micronutrient density. Agricultural strategies for micronutrients. Working paper 3. International Food Policy Research Institute, Washington DC.

11- Gregorio, G. B., Senadhira, D., Htut, H. and Graham, R. D. 1999. Improving micronutrient value of rice for human health, in Im-proving human nutrition through agriculture: the role of international agricultural research. A workshop hosted by the International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines and organized by the International Food Policy Research Institute, 5-7 October.

12- Grusak, M. A. 2000. Strategies for improving the iron nutritional quality of seed crops: lessons learned from the study of unique iron-hyperaccumulating pea mutants. Pisum Genet 32: 1–5

13- Grusak, M. A. and Pomper, K. W. 1999. Influence of pod stomatal density and pod transpiration on the calcium concentration of snap bean pods. J. Am. Soc. Hort. Sci. **124,** 194–198.

14- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1992. Trace elements in soils and plants–Second edition: CRC Press, 365 p.

15 -katyal, S. C. and Rawdhawa, N. S . 1986. Microelements .ferilizer and plant nutrition bulletin, no 7.

16- Kramer, P. J. and Boyer, J. S. 1995. Water relations of plants and soils. Academy Press, Inc., San Diego, CA.

17- Long, J. and Ba Ènziger, M. 1999. The potential for increasing Fe and Zn density of maize through plant breeding, in Improving human nutrition through agriculture: the role of international agricultural research. A workshop hosted by the International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines and organized by the International Food Policy Research Institute, 5-7 October.

18- Martvedt, J. J, COX, F. R., Shuan, L. M. and Welch. R. M. 1991. Micronutrients in agireuture. Second Edition. Soil science society of American, Inc. Madisom, Wiseconisin , USA .

19- McGrath, S. 1994. Resource Information from the GIS. A report on soils, cropping, irrigation and watertables for the Warroo Landcare Group Area, 1990 – 1993. NSW Agriculture, Forbes, NSW.

20- Nielsen, F. H. 1996. How should dietary guidance be given for mineral elements with beneficial actions or suspected of being essential? J. Nutr. 126: 2377S-2385S.

21- Nijjar. G. S. and Chopra, H. R. 1990. Studies on the irrigation of grape (*Vitis venifera*) Variety anab- e-shahi. Punjab. Horticaltural Journal. 4. 218- 227.

22- Price, A. H. and Hendry, G. A. F. 1991. Iron-catalysed oxygen radicalformation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. Plant, Cell and Environment 14:477-484.

23- Singh, J. P., Karamanos, R. E. and Stewart, J. W. B. 1986. Phosphorus- induced zinc deficiency in wheat on residual phosphorus plots. Agronomy Jaurnal, 78: 668- 675.

24- Tondon, H. L. S. 1995. Micronutrients in Soil, Crop and Fertilizer. A sourcebook Driecter. Fertilizer Development and Consulation Organization, New Delhi, India.

25- Wang, T. L., Claire Domoney, C., Hedley, L., Casey, R. and Michael, A. 2003. Can We Improve the Nutritional Quality of Legume Seeds? 131: 886-891.

26- Woolhouse, H. W. 1983. Toxicity and tolerance of plants to heavy metals. Encycl. Plant Physiol., 12:246-300.

27- Yilmaz, A. H., Ekiz, B., Torum, I., Gullekin, S., Karanlik Bagei, S. A. and Cakmak, I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-defiecint calcureous soils. J. Plant Nutr.20(8&5):461-471

28- Ziegler, I. 1975. The effect of SO2 pollution on plant metabolism. Residue Rev. 56:79-105.