

بررسی اثر سولفات روی بر برخی شاخص های کیفی و غلظت روی دانه برنج رقم شیروودی

سید حسام‌الدین حسین‌زاده*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران
عبدالمجید مهدوی دامغانی، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
بابک دلخوش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران.
سلمان دستان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه کشاورزی، مازندران، ایران.

چکیده

محلول‌پاشی یکی از بهترین راه‌های غنی کردن دانه برنج می‌باشد و افزایش غلظت روی در دانه برنج و بهبود ویژگی‌های کیفی این گیاه یکی از مهم‌ترین اهداف تولید برنج برای دستیابی به امنیت غذایی پایدار می‌باشد. این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن با ۵ تیمار صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ در هزار محلول‌پاشی کلات سولفات روی با چهار تکرار در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا شد. محلول‌پاشی در مراحل (یک ماه پس از انتقال نشاء به مزرعه اصلی، پس از گلدهی و شیرینی شدن دانه) انجام شد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی سولفات روی تاثیر معنی‌داری بر آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن و غنی شدن دانه در سطح ۵٪ بر قوام ژل در سطح ۱٪ داشت. مهم‌ترین نقش روی، تبدیل گلوکز و ساکاروز به نشاسه می‌باشد که موجب تاثیر بر فاکتورهای کیفی می‌شود که بر آمیلوز، قوام ژل و درجه حرارت ژلاتینی شدن اثر می‌گذارد.

واژه های کلیدی: آمیلوز، برنج، قوام ژل، محلول‌پاشی، روی

* نویسنده مسئول: E-mail : hesamhoseinzadeh64@yahoo.com

مقدمه

کیفیت دانه برنج، یکی از عوامل مهم در انتخاب این گیاه در سبب غذایی مصرف کنندگان است. در بسیاری از موارد، عدم استقبال از برخی ارقام و رویکرد مصرف کننده به ارقامی خاص نشان می دهد که کیفیت بیش از عملکرد مورد توجه است. لازمه این امر، شناخت ترکیبات و خواص مؤثر در کیفیت و اصلاح آن از طریق به زراعی و به نژادی است (۱۷). کمبود روی یکی از رایج ترین کمبودهای عناصر ریز مغذی است که در مناطق تولید برنج مشاهده می شود (۱۱). نوع خاک، ژنوتیپ و تکنیک های زراعی نقش بسیار مهمی در تاثیر تیمار روی استفاده شده دارد (۱۴). همچنین کمبود روی در خاک یا عدم قابل استفاده بودن آن توسط گیاه باعث کاهش معنی دار عملکرد و غلظت روی در دانه می شود (۱۳). فاجریا (۲۰۰۱) اعلام کرد اسپری برگی سولفات روی به این دلیل که باعث افزایش غلظت روی در دانه و بالطبع افزایش وزن هزار دانه و همچنین بهبود فرآیند جذب سایر عناصر غذایی در گیاه و مخصوصا دانه می شود، اهمیت بیشتری نسبت به سایر روش های استعمال کود روی دارد. جیانگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند افزایش جذب روی در برنج منجر به افزایش و تجمع معنی دار غلظت روی در دانه شد. نشاسته ماده غذایی اصلی دانه برنج است که خود به دو ترکیب آمیلوز و آمیلوپکتین تقسیم می شود. اگرچه آمیلوپکتین ۶۵-۹۸٪ نشاسته درون دانه را شامل می شود، اما نقش آن در کیفیت دانه به خوبی روشن نیست و نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین یا در اغلب موارد فقط محتویات آمیلوز را به عنوان یکی از مهم ترین شاخص های فرآیند پخت مورد ارزیابی قرار می دهند (۸).

محتوای آمیلوز (AC)، قوام ژل (GC) و درجه حرارت ژلاتینی شدن (GT) سه فاکتور بسیار مهم در تعیین کیفیت می باشند و ارتباط آن ها با یکدیگر بسیار مهم است (۱۷). طبق گزارش های پوری (۱۹۸۰) یکی از مهم ترین نقش های روی، بهبود فعالیت کربونیک آنهیدراز (انتقال CO_2 از فتوستتوز) است که موجب افزایش محصول و میزان نشاسته آن می شود. گزارش کرد تاثیر روی بر ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز که نقش مهمی در تشکیل نشاسته دارد، می تواند یکی از دلایل اصلی موثر در افزایش نشاسته و آمیلوز و به نوبه خود دو فاکتور دیگر باشد (۱۷). روی در متابولیسم کربوهیدرات با تاثیر در فتوستتوز و تغییر شکل قند اثر دارد (۵). مارشنر (۱۹۹۵) اظهار داشت نقش اصلی روی در حفظ استحکام دیواره های سلولی است، همان طور که اساس ترکیبات غشا و دیواره سلولی از ترکیبات هیدرات کربن و نشاسته می باشد.

عنصر روی با محافظت از پروتئین های دیواره و لیپیدها از اثرات مخرب رادیکال های سوپراکسید و مشتقات واکنش های رداکس سوپراکسید دیسموتاز (SOD) که می تواند به میتوکندری آسیب جلوگیری کند. اگرچه مصرف کنندگان برنج با اصطلاح فنی GT آشنایی ندارند، اما وجود چنین خواصی را در مدت زمان پخت، یکنواختی و تفرقه دانه های در حال پخت و جدا ماندن دانه ها پس از پخت را به خوبی

احساس می کنند (۴). بنابراین با توجه به مطالب بیان شده، هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر محلول پاشی سولفات روی بر برخی شاخص های کیفی و غلظت روی دانه برنج رقم شیروودی بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی چپرسر تنکابن وابسته به موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. تنکابن بر اساس طبقه بندی دومارتن دارای اقلیم بسیار مرطوب و دارای اقلیم مرطوب با تابستان گرم و زمستان کمی سرد است. شهرستان تنکابن دارای طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه است، ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۴- متر و میانگین بارش سالانه آن ۱۲۳۴ میلی متر است. قبل از انجام آزمایش، از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی متر نمونه برداری شد و در جدول ۱ ارائه گردید. در آنالیز خاک، ماده آلی خاک به روش اکسیداسیون یا بیکربنات پتاسیم، pH خاک و عصاره گل اشباع به روش الکتروود شیشه ای، نیتروژن کل و قابل جذب به روش کجلدال، پتاسیم کل و قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال خنثی و بافت خاک به روش Text hydrometer سیلت درجه C به دست آمد.

جدول ۱: نتایج آزمون خاک مزرعه پیش از انجام آزمایش.

OM (%)	N _t (%)	pH	EC (ds/m)	S.P
۶/۸۲	۰/۳۴	۷/۶۵	۰/۵۳	۷۸/۱۲
P (ave) ppm	S ppm	SO ₄ -2	Fe ppm	Mn ppm
۳/۸۸	۱۳۷/۳	۴۱۲	۳۲	۱۸/۱۲
Cl-	Ca meq/lit	T.N.V%	Zn ppm	Cu ppm
۳/۷۵	۷/۶۸	۷/۵	۳۲	۴/۹۵

اندازه گیری روی خاک به روش DTPA انجام گرفت و مشخص گردید مزرعه دچار کمبود عنصر روی بوده است (۳۵ پی پی ام). تیمارها شامل ۵ سطح محلول پاشی سولفات روی شاهد (۰)، ۲ در هزار، ۴ در هزار، ۶ در هزار و ۸ در هزار کود به شکل (Zn EDTA) و در سه مرحله یک ماه پس از انتقال نشاء از خزانه به مزرعه اصلی، پس از گلدهی و مرحله شیری شدن دانه مصرف شد. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. ابعاد کرت های آزمایشی ۳×۶ متر بود. نشاءها در تاریخ ۶ خرداد به مزرعه اصلی انتقال داده و با تراکم توصیه شده منطقه (۲۵×۲۵ سانتی متر) کشت گردید.

اندازه گیری آمیلوز: مقدار ۱۰۰ میلی گرم آرد برنج با رطوبت ۱۲٪ به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری منتقل شد، سپس یک میلی لیتر الکل اتیلیک و ۹ میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام جوش قرار داده شد و پس از خارج کردن از این محیط و سرد شدن، با آب مقطر به حجم

مورد نظر افزایش داده شد. پس از ۲۴ ساعت، ۵ میلی لیتر از محلول را به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری منتقل نموده و یک میلی لیتر اسید استیک و دو میلی لیتر محلول ید به آن اضافه و حجم محلول به ۱۰۰ میلی لیتر افزایش داده شد. پس از ۲۰ دقیقه، نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر در ۶۲۰ نانومتر اندازه گیری شد.

اندازه گیری پیوستگی ژل: ۱۰۰ میلی گرم آرد برنج توزین شده و در لوله آزمایش قرار داده شد، در هر لوله مقدار ۰/۲ میلی لیتر معرف برموتیمول بلو افزوده و به طور یکنواخت مخلوط شد. سپس به هر لوله آزمایش دو میلی لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم ۰/۲ نرمال افزوده و لوله ها روی پایه قرار داده و در آب در حال جوش غوطه ور شد. پس از ۸ دقیقه، ژل آرد برنج تشکیل شد و لوله ها از آب جوش خارج و در دمای اتاق قرار داده شد. پس از خنک شدن، محلول به مدت ۲۰ دقیقه در مخلوط آب و یخ غوطه ور شد. سپس لوله ها به مدت ۶۰ دقیقه روی صفحه مدرج میلی متر به طور افقی قرار داده شد و مقدار طولی حرکت ژل آرد برنج در داخل لوله آزمایش برحسب میلی متر اندازه گیری شد.

روش اندازه گیری قوام ژل (GC): قوام ژل بر اساس طولی از لوله که ژل رنگی در لوله آزمایش مشاهده می شود، تعیین گردید. پیش از تعیین GC، نمونه برنج سفید به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد تا رطوبت همگی نمونه ها یکسان گردد. تعداد ۱۲ دانه برنج سالم با آسیاب آزمایشگاهی به آرد ریز ۱۰۰ مش تبدیل و مقدار 1 ± 100 میلی گرم آن توزین و وارد لوله آزمایش شد و ۰/۲ میلی لیتر الکل ۹۵٪ محتوی ۰/۲۵٪ معرف تیمول آبی تازه تهیه و به آن اضافه شد. سپس دو میلی لیتر محلول ۰/۲ نرمال KOH افزوده شد. یک عدد گلوله شیشه ای در دهانه ی لوله قرار داده و در حمام آب در حال جوش قرار داده شد تا پس از ۱۰ دقیقه کاملاً ژلاتینی شود. سپس لوله ها بیرون آورده و مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد و پس از آن، به مدت ۲۰ دقیقه در مخلوط آب و یخ قرار گرفت تا ژل به حالت نیمه جامد درآید. لوله ها به مدت یک ساعت روی کاغذ میلی متری در سطح افقی قرار داده شد تا ژل حرکت نماید و فاصله انتهای حرکت ژل تا انتهای لوله آزمایش یادداشت شد و از دستگاه اسپکتروفتومتر برای تعیین درصد عبور نور استفاده شد.

تعیین محتوای روی در دانه: از روش ASTM استفاده شد در این روش دو گرم برنج آسیاب شده در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. نمونه ها به وسیله محلول نیتریک پرکلریک اسید تجزیه شد. که این از روش استاندارد ASTM2000 صورت گرفت. سپس ۲/۵ میلی گرم اسید سولفوریک به ازای هر یک گرم نمونه به آن اضافه شد. بعد نمونه ها را در دستگاه مخلوط کن آزمایشگاهی به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده و بعد از آن نمونه ها را به وسیله اسید شسته و در مکان گرم قرار گرفت و به تدریج دما را افزایش یافت تا دمای محلول (مخلوط) به دمای بخار برسد. این افزایش دما را تا آنجا ادامه یافت تا بخار شدن پر کلریک مشاهده شود. بعد از آن آب دی یونیزه شده را به محلول

تجزیه شده اضافه شد تا مقدار آن به ۲۵ میلی لیتر برسد. محتوای روی دانه به وسیله روش Flame Atomic Absorption Spectrophotometry اندازه گیری شد. در این روش از دستگاه Chemtech و Alfa-4 ساخت کشور آلمان برای اندازه گیری روی در دانه استفاده شد و این دستگاه بر اساس واحد میلی گرم بر کیلوگرم بیان شد (۲). نتایج با استفاده از نرم افزارهای SPSS و MSTAT-C تجزیه و مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثرات مقادیر محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد برنج در جدول ۲ و نتایج مقایسه میانگین صفت ها در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج تیمارهای مختلف محلول پاشی سولفات روی بر میزان نشاسته و محتوای آمیلوز نشان داد بین محلول پاشی سولفات روی و میزان نشاسته یا درصد آمیلوز رابطه مثبت وجود دارد، به این ترتیب که بیشترین درصد آمیلوز در تیمار ۵ با غلظت ۸ در هزار و کمترین آن ۲۱/۲۵ در تیمار شاهد ثبت شد. همچنین کاربرد محلول پاشی سولفات روی توانست درصد آمیلوز را ۳٪ افزایش دهد. مقدار آمیلوز شاهد ۲۱٪ بود که از لحاظ کیفیت در رده متوسط و کمترین حد قابل قبول برای مصرف کنندگان ایرانی است. مقدار آمیلوز در تیمار ۸ در هزار به ۲۸/۷۵٪ رسید. آمیلوز ۷۵٪ و آمیلو پکتین ۲۰٪ از نشاسته برنج را تشکیل می دهند. یکی از مهم ترین نقش های فیزیولوژیک روی در متابولیسم کربوهیدرات و تبدیل ساکاروز به نشاسته است که این امر موجب افزایش درصد آمیلوز می شود. سولفات روی بر درصد آمیلوز تاثیر می گذارد (۱۷ و ۱۸). همچنین جولیانو (۱۹۸۵) و جولیانو و همکاران (۱۹۹۳) بین درصد آمیلوز و مقدار سولفات روی رابطه معنی دار و مستقیمی گزارش کردند. برفورد (۲۰۰۴) نیز اعلام کرد مهم ترین دلیل افزایش محتوای آمیلوز با کاربرد سولفات روی نقش برجسته روی در تبدیل ساکاروز به نشاسته است. همچنین ماوریس و جولیانو (۱۹۸۶) از احتمال افزایش محتوای آمیلوز با کاربرد روی گزارش کردند. سولفات روی با تحریک و بهبود هورمون اکسین و جیبرلین و افزایش فعالیت آنزیم ها باعث افزایش محتوای آمیلوز می شود (۱۵).

محلول پاشی سولفات روی بر قوام ژل (GC): در تیمار شاهد، مقدار قوام ژل ۳۸ بود که در گروه سخت قرار می گیرد، با این حال با کاربرد سولفات روی، این مقدار افزایش یافت و رقم شیروودی در گروه متوسط قرار گرفت. مقدار قوام ژل در تیمار ۲ در هزار و ۴ در هزار با ۴۷ و ۴۹ بیشترین مقدار ثبت شده بود، این امر پدیده ای ناشناخته است و دلایل آن روشن نیست. ممکن است اثرات روی بر محتوای آمیلوز و نشاسته موجب تغییراتی در قوام ژل شود. طول حرکت ژل تیمارهای ۲، ۳ و ۴ که بین ۴۱ تا ۶۰ میلی متر قرار گرفت، دارای درجه متوسط و از نظر مصرف کنندگان، خوش کیفیت محسوب می شود. کاگامپنگ (۱۹۷۳) گزارشی مبنی بر تاثیر سولفات روی بر GC ارائه نکرده است، ولی جولیانو (۱۹۸۵) اعتقاد دارد

فرآیندهایی که باعث تبدیل گلوکز و ساکاروز به نشاسته می شوند، اهمیت زیادی در تعیین قوام ژل دارند. محلول پاشی سولفات روی بر درجه حرارت ژلاتینی شدن (GT): بیشترین مقدار قوام ژل (۴/۶۲) در تیمار شاهد مشاهده شد.

تیمار دو (غلظت ۲ در هزار) بیشترین کاهش را نسبت به شاهد داشت و مقدار GT در آن به ۳/۹۴ رسید. کاربرد محلول پاشی سولفات روی توانست درجه حرارت ژلاتینی شدن را به شکلی معنی دار کاهش دهد. GT بین ۳ تا ۵ در گروه متوسط و مورد پسند مصرف کنندگان ایرانی می باشد. محمود و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی و اندازه گیری درجه حرارت ژلاتینی شدن به تاثیر عنصر روی اشاره کردند. این فاکتور کیفی معمولاً از طریق اصلاح ژنتیکی تغییر می یابد، اما در این آزمایش، عملیات به زراعی توانست مقدار GT را کاهش داده و موجب افزایش کیفیت شود. با وجودی که دلایل متابولیک این امر کاملاً شناخته نشده است، اما تبدیل گلوکز و ساکاروز به آمیلوز می تواند در این امر موثر باشد (۲۰).

غلظت روی دانه

اطلاعات موجود در جدول نشان می دهد که اثرات تیمارهای مختلف محلول پاشی کلات سولفات روی بر غلظت عنصر روی دانه قابل ملاحظه است. به این ترتیب که میانگین تیمار شاهد با ۰/۷ پی پی ام کمترین محتوای روی را در برنج آسیاب شده داشته است و تیمار ۲ با غلظت ۲ در هزار ۱۵/۱۰ داشت و در تیمار ۵، با ۱۸/۴۸ پی پی ام بیشترین مقدار غلظت روی ثبت شده بوده است. نکته ای که در این قسمت وجود دارد تیمارهای ۶ در هزار و ۸ در هزار بیشترین میزان روی در دانه را داشته اند و همچنین اندام های هوایی آن یعنی کاه و کلش آن به صورت تصاعدی نامنظم افزایش یافته است. می توان نتیجه گرفت که تیمار ۲، ۳ و ۴ با توجه به تاثیری که روی عملکرد آنزیم ها و فرآیند متابولیسم گیاه می گذارد باعث افزایش عملکرد می شود (۷). همچنین این محققان گزارش کردند افزایش روی می تواند بیوماس، عملکرد دانه و غلظت روی در خاک، دانه و کاه و کلش را افزایش دهد، همچنین در بین روش های مختلف استعمال روی، محلول پاشی بیشترین تاثیر را بر محتوای غلظت روی دانه برنج داشت.

کالماک (۲۰۰۸) توانست با محلول پاشی سولفات روی کلاته شده، غلظت روی در دانه را به ۳۲ پی پی ام برساند. ژئو و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند بین عملکرد و غلظت دانه رابطه مثبتی وجود دارد. افزایش مقدار غلظت بافت ها و اندام های گیاه در دانه به افزایش غلظت روی در دانه می انجامد، بنابراین یک رابطه نزدیکی بین غلظت روی بیرونی ترین لایه و آندوسپرم وجود دارد (۱۰). ولی نژاد و همکاران (۱۳۸۰) گزارش دادند روی علاوه بر افزایش عملکرد در خاک های مازندران، سبب غنی سازی روی در محصول برنج شود.

جدول ۲: میانگین مربعات اثرات محلول پاشی سولفات روی بر محتوای آمیلوز، قوام ژل و درجه حرارت ژلاتینی شدن برنج رقم شیروودی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
غلظت روی دانه	درجه حرارت ژلاتینی شدن (GT)	قوام ژل (GC)	آمیلوز (AC)		
۱/۳۹ ^{ns}	۰/۲۷۶ ^{ns}	۲۹/۰۷ ^{ns}	۱/۹۳۳ ^{ns}	۳	بلوک
۵۶/۷۵۲ ^{**}	۰/۳۳۴ ^{**}	۹۰/۶۰۳ [*]	۳۳/۷۰۰ ^{**}	۴	تیمار
۰/۶۶۱	۰/۱۳۵	۱۸/۷۷۲	۴/۷۶۷	۱۲	خطا
۵/۳۱	۸/۳۸	۹/۵۷	۸/۷۷	-	ضریب تغییرات (%)

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات محلول پاشی سولفات روی بر محتوای آمیلوز، قوام ژل و درجه حرارت ژلاتینی شدن برنج رقم شیروودی

تیمار	آمیلوز (AC)	قوام ژل (GC)	درجه حرارت ژلاتینی شدن (GT)	غلظت روی دانه (mg/kg)
تیمار شاهد	۲۱/۲۵ c	۳۸/۰۰ b	۴/۶۲۲ a	۸/۹۴ d
تیمار ۲ (غلظت ۲ در هزار)	۲۳/۷۵ bc	۴۷/۶۱ a	۳/۹۴۰ b	۱۵/۱۰ c
تیمار ۳ (غلظت ۴ در هزار)	۲۴ bc	۴۹/۴۷ a	۴/۶۰۲ a	۱۶/۵۶ b
تیمار ۴ (غلظت ۶ در هزار)	۲۶/۷۵ ab	۴۳/۰۱ ab	۴/۲۷۰ ab	۱۷/۴۴ ab
تیمار ۵ (غلظت ۸ در هزار)	۲۸/۷۵ a	۴۸/۳۵ a	۴/۵۲۵ ab	۱۸/۴۸ a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می باشد

نتیجه گیری

محلول پاشی سولفات روی توانست کیفیت و قابلیت بازاریابی برنج رقم شیروودی را به شکل قابل توجهی بهبود بخشد. اصلاح کیفیت دانه برای مصرف کنندگان، از اهداف اصلی تولید پایدار و امنیت غذایی به شمار می رود. نتایج نشان داد می توان با بهره گیری از عملیات به زراعی، به ویژه مدیریت پایدار عناصر غذایی، کیفیت دانه برنج را تا حد قابل ملاحظه ای بهبود بخشید، این در حالی است که در کنار مدیریت تغذیه خاک و گیاه، رابطه مثبت بین غلظت روی دانه و محتوای نشاسه آشکار می باشد. به عبارت دیگر غلظت با افزایش غلظت محلول پاشی روی، عوامل کیفی برنج نیز بهبود می یابد. با وجودی که راهبرد کلی عمومی در گذشته، تولید ارقام جدید با خصوصیات زراعی مطلوب و عملکرد بالاتر بوده است، در حال حاضر، توجه متخصصان معطوف به کیفیت دانه و افزایش ارزش غذایی آن می باشد.

منابع

- ۱- ولی نژاد، م. ۱۳۸۰. تعیین حد بحرانی پتاسیم و روی در برخی از شالیزارهای استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۰۵ صفحه.
- 2- **Anonymous. 2008.** Nutritional Disorders and Nutrient Management in Rice. Inter. Rice Res. Ins. Manila, Philippines.
- 3- **Anonymous. 1998.** Official Methods of Analysis of the AOAC International, 16th ed., supplement 1998. AOAC International, Washington, D.C., pp. 25-28
- 4- **Bemiller, J. N. 2007.** Carbohydrate chemistry for food scientists, 2nd ed. AACC International: St. Paul, MN. Pp. 389
- 5- **Bertoft, E. 2004.** Analyzing starch structure. In: Starch in food: Structure, function and applications, A.-C. Eliasson (Ed.), Wood head Publishing Ltd. And CRC Press LLC: Boca Raton, Fl. Pp. 57-96.
- 6- **Cagampang, G. B. 1973.** Age consistency test for eating quality of rice. Journal Sci. Food Agric. 24(12):1589-94.
- 7- **Cakmak, I. 2000.** Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. New Phytol 146:185-205
- 8- **Cakmak, I. 2008.** Enrichment of cereal grains with zinc Agronomic or genetic bio fortification. Plant and Soil 302: 1-17
- 9- **Chen, H. T. C. Chen, Siebenmorgen and Griffin, K, 1998.** Quality characteristics of long-grain rice milled in two commercial systems, Cereal Chemistry 75 (1998), pp. 560-565
- 10- **Ekiz H., S. A. Barci, A.S. Kiral, S. Eker I. Gultekin, Alkan, A. and Cakmak, I. 1998.** Effects of Zinc fertilization and irrigation on grain yield and zinc concentration of various cereals grown in zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 21, 2245-2256.
- 11- **Fageria, N. K. 2001.** Screening method of lowland rice genotypes for zinc uptake efficiency. Scientia Agricola 58, 623-626.
- 12- **Fageria, N. K., V.C. Baligar, and Clark, R. B. 2002.** Micronutrients in crop production. Advances in Agronomy. 77:185-268.
- 13- **Gao, XP., C.Q. Zou, F.S. Zhang, S.E.A. Vander Zee, and Hoffland, E. 2005.** Tolerance influenced by sources and times of zinc application. Indian Journal of Agricultural IRRI, Philippines, PPI, U.S.A., and PPIC,
- 14- **Hossain, M., and Fischer, K. S. 2003.** Rice Research for food security and sustainable agricultural development in Asia: Achievement and future challenge. Geo Journal. 35:186-289.
- 15- **Itani, T., M. Tamaki, E. Arai, and Horino, T. 2002.** Distribution of α -amylase, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 5326-5332.
- 16- **Jiang, W., P.C. Struik, L.N. Jin, H. Van Keulen, M. Zhao, and Stomph, T. J. 2008.** Uptake and distribution of root-applied or foliar-applied 65Zn after flowering in aerobic rice. Annals of Applied Biology 150, 383-391
- 17- **Juliano, B. O. 1985.** Criteria and tests for rice grain qualities. In: Rice chemistry and technology, B.O. Juliano (Ed.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. Pp. 443-524
- 18- **Juliano, B. O. and Villareal, C. P. 1993.** Grain Quality Evaluation of World Rice. International Rice Research Institute, Manila Philippines. 205 pp.
- 19- **Juliano, B.O. 1981.** Simplified assay for milled-rice amylase. Cereal Sci. Today. 16: 334-360.
- 20- **Ma, G., Y. Jin, J. Piao, F. Kok, G. Bonnema and Jacobsen, E. 2005.** Phytate, calcium, iron and zinc contents and their molar ratios in food commonly consumed in China, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53: 10285-10290
- 21- **Mahmood, T., Turner, M. A. and Stoddard, F. . 2007.** Comparison of methods for colorimetric α -amylase determination in cereal grains. Starch. 59: 357-365.
- 22- **Marchner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic press. 890 p.
- 23- **Maurice, T. J. and Juliano, B. O. 1986.** Thermal characterization of rice starches: A polymeric approach to phase transitions of granular starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry

24- Puri, R. P. and Siddiq, E. A. 1980. Inheritance of gelatinization temperature rice. Indian J. Genet. 40: 450-455

