

اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف منگنز، روی و بور در مراحل مختلف رشدی بر خصوصیات کمی ارقام گندم دیم

مجید احمدی^۱، ناصر محب‌علی‌پور*^۲، ولی فیضی اصل^۳ و ایرج اسکندری^۳

چکیده

به منظور مطالعه اثرات محلول پاشی عناصر کم مصرف منگنز، روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) به مدت یک سال زراعی (۱۳۸۷-۱۳۸۸) اجرا شد. ارقام آذر ۲ و هُما در کرت‌های اصلی، زمان محلول پاشی در سه مرحله پنجه‌زنی (GS32)، ساقه رفتن (GS37) و ظهور برگ پرچم (GS64) در کرت‌های فرعی و محلول پاشی عناصر کم مصرف (شاهد، آب خالص، سولفات منگنز به غلظت هفت در هزار، سولفات روی به غلظت پنج در هزار و اسید بوریک به غلظت سه در هزار) در کرت‌های فرعی در فرعی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن خشک برگ پرچم، شاخص برداشت، وزن تر برگ پرچم و وزن آب بافت معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که بیشترین مقدار این صفت به میزان ۱۴۱۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار اسید بوریک سه در هزار و کمترین آن به میزان ۱۲۸۵ کیلوگرم در هکتار از آب خالص به دست آمد. مطابق این نتایج محلول پاشی سولفات منگنز هفت در هزار و سولفات روی پنج در هزار اثر معنی داری در افزایش عملکرد دانه گندم دیم نداشت. بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح از محلول پاشی سولفات منگنز هفت در هزار و بیشترین میزان وزن تر و خشک برگ پرچم از اسید بوریک سه در هزار حاصل گردید. مناسب‌ترین مرحله برای محلول پاشی، مرحله پنجه‌زنی بود که بیشترین عملکرد دانه (۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. رقم آذر ۲، از لحاظ عملکرد بیولوژیک و دانه به ترتیب به میزان ۳۲ درصد (۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳۶ درصد (۶۴۸ کیلوگرم در هکتار) برتر از رقم هما بود.

واژه‌های کلیدی: گندم دیم، محلول پاشی، عناصر کم مصرف، سولفات منگنز، سولفات روی، اسید بوریک.

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران.

۲- عضو هیأت علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران.

*نویسنده مسئول: n.mohebalipour@ yahoo.com

۳- عضو هیأت علمی، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران.

مقدمه

رشد مطلوب گیاه و حصول حداکثر کیفیت محصول نیازمند وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر پرمصرف و کم مصرف در خاک است. در صورتی که عنصر یا عناصر غذایی در خاک وجود نداشته باشد، باید به صورت کود به خاک اضافه شود. در مواردی عنصر مورد نظر به مقدار زیادی در خاک یافت می شود، اما به فرم غیرقابل استفاده بوده و یا جذب آن به دلیل وجود مقدار زیادی از یک عنصر به خوبی انجام نمی شود. در این موارد ممکن است از طریق تغییر در وضعیت شیمیایی خاک و یا محلول پاشی^۱ به رفع مشکل پرداخت (Hotz and Brown, 2004; Yassen et al., 2010). در ایران کمبود عناصر کم مصرف به ویژه روی، منگنز و بور در مزارع و باغ ها به دلیل حاکمیت شرایط آهکی، کمی مواد آلی، خشکی، حلالیت کم این عناصر در pH آهکی، وجود بی کربنات در آب های آبیاری و مصرف بالای فسفر عمومیت دارد. استفاده از محلول پاشی کودها به ویژه کودهای عناصر کم مصرف یکی از اقتصادی ترین روش های مصرف کود می باشد که در مقایسه با مصرف خاکی آن هفت برابر کارایی بیشتری داشته و گیاه نیز پاسخ سریع تری به مصرف کود نشان می دهد (Malakoti and Geibi, 2000). دلیل این امر، تعادل در فرمولاسیون و کلاته شدن^۲، دقت در زمان مناسب مصرف کود، پخش یکنواخت محلول غذایی در سطوح برگ ها و کارایی بالا در جذب عناصر می باشد (Afshar-Monsef et al., 2012).

یکی از شناخته شده ترین روش های مدیریت مناسب محلول پاشی علاوه بر تعیین مقدار مناسب برای محلول پاشی، تعیین زمان مناسب محلول پاشی می باشد که با استفاده از این روش می توان کارایی مصرف عناصر را افزایش داده و به عملکردهای بهینه از لحاظ کمی و کیفی دست یافت. محلول پاشی عناصر غذایی می تواند تعادل مواد غذایی را در گیاه بهبود بخشد. محلول پاشی روشی مناسب برای افزایش مقدار این عنصر در بافت های هوایی گیاهان می باشد (Welch and Graham, 2004; Shahrokhi et al., 2012). کوهنورد و همکاران (Kohnward et al., 2012) اظهار داشتند که در مناطق خشک و نیمه خشکی همچون ایران، محلول پاشی

عناصر غذایی مطلوب تر از کاربرد خاک مصرف این کودها است، زیرا تحت این شرایط جذب مواد غذایی کاهش می یابد. عناصر ریز مغذی مانند آهن، مس، روی، مولیبدن و منگنز اگر به صورت نمک به کار برده شوند، به سرعت در خاک به فرم غیر محلول در می آیند، بنابراین جذب آن ها توسط گیاه کاهش می یابد (Datir et al., 2012; Weggler, 2003). میزان کلروفیل و تجمع متابولیت ها در اندام های هوایی تحت تاثیر روی افزایش می یابد. تغییرات در میزان کلروفیل می تواند ناشی از تأثیر روی بر فرایندهای نموی که منجر به سنتز کلروفیل می شود، باشد (Arif et al., 2012).

منگنز نیز به عنوان عامل فعال کننده در بسیاری از آنزیم ها به ویژه آنزیم های درگیر در فرایندهای فتوسنتزی گیاهان نقش دارد. کمبود منگنز باعث کاهش رشد، نکروزه شدن و ریزش زودتر از موعد برگ ها می شود (Kabata-Pendias and Pendias, 1999).

روی نقش بسیار مهمی در ساختمان بسیاری از آنزیم ها و عملکرد آن ها به عنوان کوفاکتور دارد (Grotz and Guerinot, 2006). مطالعات انجام گرفته توسط فیضی اصل و ولی زاده (Feizi-Asl and Valizadeh, 2003) نشان می دهد که در گندم دیم به طور متوسط سه درصد از کود روی به کار رفته در خاک در پایان سال زراعی جذب و ۹۷ درصد آن در خاک باقی می ماند. ایلماز و همکاران (Yilmaz et al., 1997) در ترکیه مصرف خاکی و محلول پاشی سولفات روی را روی گندم مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد گندم با مصرف خاکی و محلول پاشی به ترتیب ۱۹ و ۴۰ درصد و غلظت روی در دانه به میزان هشت میلی گرم در کیلوگرم افزایش یافت.

قادری و ملکوتی (Ghaderi and Malakoti, 1999) نشان دادند که حداکثر عملکرد و افزایش غلظت پروتئین و غنی سازی با مصرف توام خاکی و محلول پاشی به دست آمد. نتایج آزمایش های متعدد نشان داد که اگر برای افزایش عملکرد، غلظت بالای عناصر کم مصرف و بهبود کیفیت (پروتئین دانه) مطرح باشد، مصرف توام خاکی و محلول پاشی توصیه می گردد. ایلماز و همکاران (Yilmaz et al., 1997) نیز نتایج مشابهی را در ترکیه به دست آوردند. سادانا و همکاران (Sadana, et al., 1991) نتیجه گرفتند که مصرف خاکی و محلول پاشی کودهای سولفات منگنز در گندم، رشد گندم را نسبت به شاهد افزایش داده و مقدار منگنز در دانه و کاه

¹ Foliar application

² Chelation

افزایش یافت. مارالیان (Maralian, 2009) اثر محلول پاشی روی و آهن را در مرحله پنجه زنی و خوشه دهی بر عملکرد و خصوصیات کیفی گندم نان بررسی نمودند. نتایج نشان داد که محلول پاشی این عناصر باعث افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کیفی گندم در مقایسه با شاهد گردید و کاربرد توام آهن و روی دارای بیشترین عملکرد بود.

اثر مثبت استفاده از محلول پاشی عناصر ریز مغذی در افزایش میزان رشد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی سایر گیاهان مانند سیب زمینی (Mosavi et al., 2007)، لوبیا (Seifi, 2011)، سویا (Nadergholi et al., 2002)، نخود (Bozoglou et al., 2007) نیز گزارش شده است. این تحقیق با هدف تعیین اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف منگنز، روی و بور در مراحل مختلف رشدی بر خصوصیات کمی دو رقم گندم دیم انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) به مدت یک سال زراعی (۱۳۸۷-۱۳۸۸) اجرا شد. ارقام آذر ۲ و هُما در کرت‌های اصلی، زمان محلول پاشی در سه مرحله پنجه‌زنی^۱ (GS32)، ساقه رفتن^۲ (GS37) و ظهور برگ پرچم^۳ (GS64) در کرت‌های فرعی و محلول پاشی عناصر کم مصرف (شاهد، آب خالص، سولفات منگنز به غلظت ۷ در هزار، سولفات روی به غلظت پنج در هزار و اسید بوریک به غلظت سه در هزار) در کرت‌های فرعی در فرعی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۲۰ ردیف کشت با فاصله ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متر و طول ۱۰ متر بود. میزان بذر مصرفی بر اساس ۴۰۰ دانه در متر مربع بود که بر اساس وزن هزار دانه محاسبه و پس از ضد عفونی با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار با استفاده از بذرکار هاسیای مجهز به سیستم جایگذاری کود در پاییز کشت شد. مصرف کودهای نیتروژنی مورد نیاز گندم دیم بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم به میزان ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره (۱۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار) تماماً در پاییز و به صورت جایگذاری انجام شد

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین رقم، نوع محلول پاشی و زمان محلول پاشی از لحاظ عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و تعداد سنبله در واحد سطح اثر متقابل معنی داری وجود داشت. از نظر شاخص برداشت نیز بین نوع محلول پاشی و زمان محلول پاشی اثر متقابل معنی داری مشاهده شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برای عملکرد دانه نشان داد که بیشترین مقدار این صفت به میزان ۱۴۱۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار اسید بوریک سه در هزار و کمترین آن به میزان ۱۲۸۵ کیلوگرم در هکتار از آب خالص به دست آمد. مطابق این نتایج محلول پاشی سولفات منگنز هفت در هزار و سولفات روی پنج در هزار، عملکرد دانه گندم دیم را افزایش داد. همچنین استفاده از محلول پاشی آب خالص باعث شد عملکرد دانه گندم دیم به میزان ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یابد که می‌تواند به دلیل اثرات سال غیر نرمال و داشتن بارندگی‌های بیش از حد نرمال باشد (جدول ۲). یاسین و همکاران (Yassen et al., 2010) گزارش کردند که محلول پاشی عناصر کم مصرف آهن، منگنز و روی اثر معنی داری در افزایش عملکرد و اجزای آن نداشت. این در حالی است که محلول پاشی تلفیقی (توأم) این عناصر

¹ Tillering

² Stem elongation

³ Flag leaf emerging

اثرات مثبت و معنی داری را بر صفات یاد شده داشتند. نتایج مشابهی نیز توسط سلسی پور (Seilsepour, 2007) و المجید و همکاران (El-Majid et al., 2000) گزارش شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای محلول پاشی اثر چندانی بر تعداد سنبله در واحد سطح نداشتند، هر چند که تعداد سنبله در واحد سطح (۴۵۶) در محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله ساقه رفتن در رقم آذر ۲ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. کمترین تعداد سنبله در واحد سطح نیز (۳۳۷/۳) در تیمار شاهد و در رقم هما مشاهده شد.

در بین تیمارهای آزمایشی تیمار شاهد (۰/۳۸) و محلول پاشی اسید بوریک سه در هزار (۰/۳۶) بیشترین مقدار شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. محلول پاشی سولفات منگنز هفت در هزار و سولفات روی پنج در هزار شاخص برداشت کمتری از اسید بوریک تولید نمود. این دو تیمار از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند. به غیر از تیمارهای آب خالص و تیمار شاهد بین سایر تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین شاخص برداشت از تیمار آب خالص (۰/۳۰) به دست آمد (جدول ۲). بنابراین در تیمار آب خالص نسبت انتقال مواد فتوسنتزی به بخش های اقتصادی گیاه (دانه) کمتر از تیمارهای دیگر بوده و تجمع مواد فتوسنتزی در بخش های غیر اقتصادی گیاه (کاه و کلش) در مقایسه با سایر تیمارها از نسبت بیشتری برخوردار بوده است (Feizi-Asl

نتایج مقایسه میانگین وزن تر برگ پرچم نشان داد که محلول پاشی اسید بوریک و سپس سولفات منگنز هفت در هزار توانستند به ترتیب بیشترین وزن خشک برگ پرچم را به خود اختصاص دهند، اما در این میان تنها افزایش حاصل از محلول پاشی اسید بوریک (۱۳ درصد) از لحاظ آماری نسبت به تیمار شاهد معنی دار بود. اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک برگ پرچم نیز مشابه با وزن تر برگ پرچم بود، به طوری که بیشترین مقدار این صفت از محلول پاشی اسید بوریک به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش (۱۵ درصد) معنی داری را نشان داد (جدول ۲).

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که محلول پاشی سولفات منگنز هفت در هزار و سولفات روی پنج در هزار اثر معنی داری در افزایش عملکرد دانه گندم دیم نداشت، ولی رقم آذر ۲ بهتر از رقم هما بود، به طوری که به ترتیب ۳۲ و ۳۶ درصد عملکرد بیولوژیک و دانه بیشتری نسبت به رقم هما تولید کرد.

Table 1. Analysis of variance of the studied traits

S. O. V.	D.F.	Mean of squares						
		Dry weight of flag leaf	Fresh flag leaf weight	Spike number per m ²	Harvest Index	Straw yield	Grain yield	Biological yield
Block	2	54.16 ^{ns}	78.3 ^{ns}	3632.4 ^{ns}	0.013472 ^{ns}	2873549 ^{ns}	1044299 ^{ns}	7084907 ^{ns}
Cultivar	1	643.58 ^{ns}	125.2 ^{ns}	10379.1 ^{ns}	0.006804 ^{ns}	22542058*	9468576**	61229886**
Error 1	2	265.79	721.2	1740.2	0.022136	960445	26196	670267
Foliar application time	2	13.01 ^{ns}	253.4 ^{ns}	1130.1 ^{ns}	0.035593*	441124 ^{ns}	1078234 ^{ns}	154174 ^{ns}
Cultivar × Foliar application time	2	104.37 ^{ns}	1133 ^{ns}	4365.5 ^{ns}	0.002763 ^{ns}	562077 ^{ns}	141708 ^{ns}	503164 ^{ns}
Error 2	8	75.23	1031.6	2243.5	0.011396	727030	412564	1234302
Foliar application	4	142.85**	551.8*	2904.9**	0.014187*	284805 ^{ns}	337170**	387580 ^{ns}
Foliar application × Cultivar	4	110.52*	485**	1816**	0.002077 ^{ns}	558546 ^{ns}	256065**	1432349 ^{ns}
Foliar application × Foliar application time	8	122.5**	569.9**	2442.9**	0.014245*	719723 ^{ns}	211779**	724729 ^{ns}
Foliar application × Foliar application time × Cultivar	8	74.03 ^{ns}	585.8**	1573.9**	0.004249 ^{ns}	1464138**	277027**	2823340**
Error 3	48	44.27	171.9	418/8	0/005477	491595	75992	657521
C.V. (%)		20.1	17.1	5.2	21.4	25.1	18.8	19

ns: non significant , * and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۲- میانگین صفات زراعی و عملکرد ارقام گندم تحت تاثیر سطوح مختلف محلول پاشی عناصر کم مصرف

Table 2. Means of wheat cultivars agronomic characteristics and yield under effects of foliar application of microelements

Cultivars	Foliar application time	Foliar application	Spike number per m ²	Straw yield	Grain yield	Biological yield
				Kg/ha		
Azar2	GS32	control	337.3 ^c	2943 ^{ab}	2430 ^a	5372 ^{a-e}
Azar2	GS32	Pure water	368.6 ^{abc}	3248 ^{ab}	1933 ^{a-e}	5181 ^{a-e}
Azar2	GS32	manganese sulfate	403.6 ^{abc}	2563 ^b	1881 ^{a-f}	4444 ^{a-e}
Azar2	GS32	zinc sulfate	330.6 ^c	3557 ^{ab}	1998 ^{a-d}	5554 ^{a-e}
Azar2	GS32	boric acid	376.6 ^{abc}	2823 ^{ab}	1578 ^{a-f}	4400 ^{a-e}
Azar2	GS37	control	414 ^{abc}	3676 ^{ab}	2096 ^{abc}	5772 ^{a-d}
Azar2	GS37	Pure water	390.7 ^{abc}	3522 ^{ab}	1067 ^{b-f}	4589 ^{a-e}
Azar2	GS37	manganese sulfate	365.3 ^{bc}	5059 ^a	1717 ^{a-f}	6776 ^a
Azar2	GS37	zinc sulfate	378.7 ^{abc}	2657 ^{ab}	1200 ^{b-f}	3858 ^{b-e}
Azar2	GS37	boric acid	396.7 ^{abc}	2744 ^{ab}	1479 ^{a-f}	4222 ^{a-e}
Azar2	GS64	control	404.7 ^{abc}	3006 ^{ab}	1700 ^{a-f}	4706 ^{a-e}
Azar2	GS64	Pure water	394.7 ^{abc}	3335 ^{ab}	1838 ^{a-f}	5173 ^{a-e}
Azar2	GS64	manganese sulfate	384.7 ^{abc}	3668 ^{ab}	2215 ^{ab}	5883 ^{abc}
Azar2	GS64	zinc sulfate	394.7 ^{abc}	2930 ^{ab}	1543 ^{a-f}	4473 ^{a-e}
Azar2	GS64	boric acid	398 ^{abc}	3700 ^{ab}	2232 ^{ab}	5932 ^{ab}
Homa	GS32	control	377.3 ^{abc}	2111 ^b	1643 ^{a-f}	3754 ^{b-e}
Homa	GS32	Pure water	404.7 ^{abc}	2490 ^b	1159 ^{b-f}	3650 ^{b-e}
Homa	GS32	manganese sulfate	437.7 ^{ab}	2380 ^b	1379 ^{a-f}	3758 ^{b-e}
Homa	GS32	zinc sulfate	401.3 ^{abc}	2174 ^b	1141 ^{b-f}	3314 ^{b-e}
Homa	GS32	boric acid	428.7 ^{ab}	2507 ^b	1161 ^{b-f}	3667 ^{b-e}
Homa	GS37	control	434 ^{ab}	1786 ^b	900 ^{def}	2686 ^e
Homa	GS37	Pure water	432 ^{ab}	2533 ^b	908 ^{def}	3441 ^{b-e}
Homa	GS37	manganese sulfate	456 ^a	2284 ^b	709 ^f	2993 ^{cde}
Homa	GS37	zinc sulfate	363.3 ^{bc}	1972 ^b	1236 ^{b-f}	3208 ^{b-e}
Homa	GS37	boric acid	356.3 ^{bc}	2981 ^{ab}	1291 ^{a-f}	4271 ^{a-e}
Homa	GS64	control	389.3 ^{abc}	2794 ^{ab}	1197 ^{b-f}	3992 ^{a-e}
Homa	GS64	Pure water	420.7 ^{abc}	2202 ^b	806 ^{ef}	3008 ^{cde}
Homa	GS64	manganese sulfate	402.7 ^{abc}	1841 ^b	965 ^{c-f}	2806 ^e
Homa	GS64	zinc sulfate	384 ^{abc}	2731 ^{ab}	1380 ^{a-f}	4111 ^{a-e}
Homa	GS64	boric acid	372.7 ^{abc}	1631 ^b	1299 ^{a-f}	2930 ^{de}

در هر ستون میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

In each column, means with same character(s) have no significant difference at 5% of probability level
GS32: tillering GS37: stem elongation GS64: flag leaf emerging

References

- Ahangari A (2007) Evaluation of effective traits on drought resistance in wheat. *Journal of Agricultural and Natural Resources Engineering Organization* 5(18): 42-46. [In Persian with English Abstract].
- Arif M, AsifShehzad M, Bashir F, Tasneem M, Yasin G, Iqbal M (2012) Boron, zinc and microtone effects on growth, chlorophyll contents and yield attributes in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology* 11(48): 10851-10858.
- Berglund DR (2002). Soybean production field guide for north Dakota and northwestern Minnesota. Published in cooperative and with support from the North Dakota Soybean Council, 136p. Available online at: <http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/ha>
- Bozoglu H, Ozcelik H, Mut Z, Pesken E (2007) Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to zink and molybdenum fertilization. *Bangladesh Journal of Botany* 36(2): 145-149.
- Datir RB, Apparao BJ, Laware SL (2012) Application of amino acid chelated micronutrients for enhancing growth and productivity in chili (*Capsicum annum* L.). *Plant Sciences Feed* 2(7): 100-105.
- El-Majid AA, Knany RE, El-Fotoh HGA (2000) Effect of foliar application of some micronutrients on wheat yield and quality. *Annal Agricultural Science* 1: 301-313.
- Fageria NK (1992) Maximizing crop yields. Marcel Dekker, New York. 274 pp.
- Feizi-Asl V, Valizadeh G (2003) Effect of time and nitrogen on yield of raifed wheat. *Jornal of Soil and Water* 17(1): 29-38. [In Persian with English Abstract].
- Ghaderi J, Malakoti MJ (1999) Effect of method and time of application of manganese sulfate and microelements on yield and quality of wheat. *Journal of Soil and Water* 12(6): 45-52.
- Grotz N, Guerinot ML (2006) Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homestasis in plants. *Biochimistry and Biophys Acta* 1763(7): 595-608.
- Hotz C, Brown KH (2004) Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrient Bulletin* 25: 94-204.
- Kabata-Pendias A, Pendias H (1999) Biogeochemistry of trace elements, Second Edition, Wyd. Nauk. PWN, Warsaw, Poland.
- Kohnaward P, Jalilian J, Pirzad A (2012) Effect of foliar application of micronutrients on yield and yield components of safflower under conventional and ecological cropping systems. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3(7): 1460-1469.
- Malakoti MJ, Geibi MN (2000) Determining critical limit of effective nutrient elements in soil, plant and fruit (second ed). Nashre Amozesh Keshavarzi. [In Persian with English Abstract].
- Maralian H (2009) Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. *African Journal of Biotechnology* 8(24): 6795-6798.
- Mosavi SR, Galavi M, Ahmadvand M (2007) Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Plant Science* 6(8): 1256-1260.
- Reynolds MP, Ortiz-Monasterio JI, McNab A (2001) Application of physiology in wheat breeding. *International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)*, 240 pp.
- Sadana US and Nayyar VK (1991) Response of wheat on manganese deficient soils to the methods and rates of manganese sulphate application. *Fertilizer News* 36: 55-70.
- Seifi-Nadergholi M, Yarnia M, Rahimzade Khoei F (2011) Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. CV. Khomein). *Middle-East Journal of Science Resarch* 8(5): 859-865.
- Seilsepour M (2007) The study of Fe and Zn effects on quantitative and qualitative parameters of winter wheat and determination of critical levels of these elements in Varamin plain soils. *Pajouhesh and Sazandegi* 76: 123-133. [In Persian with English Abstract].
- Shahrokhi N, Khourgami A, Nasrollahi H, Shirani-Rad AH (2012) Effect of iron sulfate spraying on yield and some qualitative characteristics in three wheat cultivars. *Annals of Biological Research* 3(11): 5205-5210.
- Swarup A, Sharma DP (1993) Influence of top dressed nitrogen in alleviating adverse effects of flooding on growth and yield of wheat in a sodic soil. *Field Crops Research* 35: 93-100.
- Wegler BR, Graham D, Melaugin MJ (2003) The influence of low rates of arid-dried on yield and phosphorus and zinc nutrition of wheat (*Triticum durum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.). *Australian Journal of Soil Research* 41:293-308.
- Welch RM, Graham RD (2004) Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany* 55: 353-364.
- Yassen A, Abou El-Nour EAA, Shedeed S (2010) Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. *Journal of American Science* 6 (9): 14-22.
- Yilmaz A, Ekiz H, Torun B, Gultekin I, Karanlik S, Bagci SA, Cakmak I (1997) Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. *Journal of Plant Nutrient* 20 (4-5): 461-471.
- Zadoks JC, Chang TT, Kanzal CF (1974) A decimal code for the growth stages in cereals. *Weed Research* 14: 415-421.