

اثر روش‌های کاربرد عناصر ریزمغذی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم

اصغر فرج‌نیا^۱ و محمدباقر خورشیدی بنام^۱

چکیده

این تحقیق به منظور مقایسه‌ی تأثیر روش‌های کاربرد کودهای شیمیایی حاوی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه، کاه، میزان پروتئین و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار روش کاربرد کود شامل: مصرف خاکی، محلول‌پاشی، آغشته نمودن بذر، مصرف خاکی به‌علاوه محلول‌پاشی و آغشته نمودن به‌علاوه محلول‌پاشی، در سه تکرار در ایستگاه تیمکمه‌داش آذربایجان شرقی اجرا شد. پس از آماده‌سازی زمین و تهیه‌ی کرت‌ها، کودهای اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم براساس آزمون خاک و توصیه کودی منطقه از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌صورت یکسان در تمام کرت‌ها اعمال گردید. در روش مصرف خاکی، سولفات روی، سولفات منگنز، سولفات مس، سکوسترین آهن و اسید بوریک هر کدام به‌ترتیب به میزان ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار، قبل از کاشت در سطح کرت پخش و با خاک مخلوط شدند. در روش محلول‌پاشی، عناصر ریزمغذی هر کدام با غلظت دو در هزار به همراه نیم درصد اوره در سه مرحله‌ی ساقه رفتن، خوشه رفتن و یک هفته بعد از گل‌دهی به‌صورت محلول‌پاشی اعمال گردید. در روش آغشته نمودن بذر، یک لیتر محلول ۳۰ درصد از کودهای مذکور تهیه و بر روی ۱۰ کیلوگرم بذر گندم پاشیده و به‌دقت مخلوط شدند. در روش توأم مصرف خاکی به‌علاوه محلول‌پاشی تلفیق دو روش مذکور و در روش آغشته نمودن بذر به‌علاوه محلول‌پاشی، تلفیق دو روش مربوطه اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تأثیر تیمارهای فوق بر عملکرد دانه گندم در سطح ۱ درصد و بر غلظت روی در دانه‌ی گندم در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بر اساس گروه‌بندی به‌عمل آمده، روش مصرف خاکی + محلول‌پاشی از سایر روش‌ها بهتر بود، در صورتی که سه تیمار شامل روش‌های محلول‌پاشی، آغشته نمودن بذر + محلول‌پاشی و مصرف خاکی + محلول‌پاشی، پروتئین دانه گندم را بیشتر افزایش دادند. از نظر تأثیر تیمارها بر وزن هزاردانه نیز روش آغشته نمودن بذر نسبت به سایر تیمارها ارجحیت داشت اما هیچ‌یک از روش‌ها اثر معنی‌داری روی عملکرد کاه گندم نداشتند. بنابراین روش مصرف خاکی توأم با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، به‌دلیل افزایش قابل ملاحظه در عملکرد دانه و نیز بالا بردن میزان پروتئین و غلظت عناصر در دانه گندم در مقایسه با سایر روش‌ها در زراعت گندم ارجحیت دارد.

کلمات کلیدی: گندم، روش‌های مصرف، کود، عناصر ریزمغذی، عملکرد دانه، میزان پروتئین

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۲۸

۱- اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

فرج‌نیا، ا. اثر روش‌های کاربرد عناصر ریزمغذی بر خصوصیات...

مقدمه

گندم از محصولات مهم و استراتژیک است که در سطح وسیعی از اراضی دنیا از جمله ایران کشت می‌شود، اما به دلیل تغذیه نامناسب و به خصوص نادیده گرفتن نقش عناصر کم مصرف در برنامه‌های توصیه کودی آن، عملکرد گندم در مقایسه با میانگین جهانی پایین است (۷). در دنیا کاربرد کودهای حاوی عناصر ریزمغذی با معرفی منابع تازه و ابداع روش‌های جدید مصرف، وارد مرحله‌ی تازه‌ای شده است. در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته تحقیقات زیادی در زمینه‌ی منابع و روش‌های مصرف عناصر کم مصرف صورت گرفته و به پیشرفت‌های قابل توجهی نایل شده‌اند. از جمله بیلماز و همکاران (۱۹۹۷) با استفاده از روش‌های مختلف مصرف کاربرد سولفات روی در ارقام مختلف گندم به این نتیجه رسیدند که مصرف این کود نه تنها عملکرد گندم را افزایش داد (۱۵) بلکه غلظت روی در دانه گندم را نیز افزایش داد. مورتوت و همکاران (۱۹۷۸) در کالیفرنیا گزارش نمودند که ذرت به دو مرحله محلول‌پاشی با ۹ کیلوگرم در هکتار سولفات روی با غلظت ۵ در هزار عکس‌العمل بهتری از مصرف حاکی ۱۲ کیلوگرم در هکتار سولفات روی نشان داد (۱۴). هم‌چنین چاوداری و همکاران گزارش نمودند که مصرف سولفات روی علاوه بر افزایش عملکرد، غلظت کادمیم را در دانه، برگ، ساقه و ریشه گندم کاهش داد (نقل از ۱۴). در یک بررسی که در جنوب غربی کانزاس بر روی ذرت خوشه‌ای صورت گرفت، معلوم گردید که مصرف حاکی آهن به لحاظ اقتصادی میسر نیست، در حالی که پاشیدن محلول ۴ درصد سولفات آهن به میزان ۲۸۰ لیتر در هکتار در افزایش عملکرد دانه مؤثر بوده است (۱۴). هم‌چنین گزارش شده است که حداکثر محصول گلرنگ با

کاربرد ۵۰ گرم منگنز در هکتار به صورت محلول‌پاشی به دست آمده است (۱۴). هیو و اشمیت (۲۰۰۱) گزارش نمودند که با مصرف عناصر کم مصرف قدرت تحمل گندم به شرایط شور افزایش می‌یابد (۹). این پژوهشگران معتقدند که در شوری متوسط خاک (هدایت الکتریکی ۸-۴ دسی زیمنس بر متر) استفاده از روش مصرف حاکی، و در شوری‌های بالاتر، روش محلول‌پاشی محصول گندم را افزایش می‌دهد. مجیدی و ملکوتی (۱۳۷۷) در آزمایشات متعدد خود در مزارع گندم در استان کردستان به این نتیجه رسیدند که با مصرف سولفات روی غلظت روی در خاک و در دانه گندم به طور معنی‌داری افزایش یافت (۶). سیادت و همکاران (۱۳۷۸) گزارش نمودند که اثر کودهای حاوی عناصر کم مصرف بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود، در حالی که عنصر روی سبب افزایش پروتئین دانه گندم گردید (۳). سداری و ملکوتی (۱۳۷۷) گزارش نمودند که با مصرف سولفات روی، سکوسترین آهن و سولفات مس علاوه بر افزایش ۲۰ درصدی عملکرد، غلظت آهن، روی و مس نیز در دانه گندم افزایش معنی‌داری یافت (۲). با توجه به این که نتایج تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف دنیا در طی سال‌های اخیر حاکی از تأثیر مثبت عناصر غذایی کم مصرف بود، تعیین بهترین روش کاربرد این عناصر در زراعت گندم هدف اساسی این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای آزمایش ابتدا قطعه زمینی در ایستگاه تیکمه‌داس واقع در ۷۵ کیلومتری شرق تبریز، انتخاب و سپس اقدام به تهیه نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری شد. تجزیه‌های معمول و اندازه‌گیری نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگنز، مس و بور

روش آغشته نمودن بذر، یک لیتر محلول ۳۰ درصدی از کودهای حاوی عناصر ریزمغذی با غلظت نیم درصد تهیه و بر روی ۱۰ کیلوگرم بذر گندم پاشیده و با دقت مخلوط و سپس کشت صورت گرفت. در روش توأم مصرف خاکی به علاوه محلول پاشی، تلفیق دو روش و در روش محلول پاشی به علاوه آغشته نمودن بذر تلفیق، دو روش مربوطه اجرا شد (۸). بذر کشت شده رقم نوید MV-۱۷ بود. در طول دوره رشد، آبیاری در ۵ نوبت یک مرتبه در پاییز پس از کشت و ۴ بار در بهار و تابستان در تیمارها اعمال گردید. پس از رسیدن محصول، برداشت از سطح ۱۰ متر مربع به صورت کفبر انجام و عملکرد دانه، عملکرد کاه و وزن هزاردانه تعیین شدند. از هر تیمار ۳۰۰ گرم دانه جهت اندازه گیری غلظت عناصر نیتروژن، روی، آهن، منگنز، مس و بور و میزان پروتئین دانه گندم به آزمایشگاه منتقل شد. میزان پروتئین دانه گندم پس از اندازه گیری از کل آن به روش کجالدال از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$Pr = 5.7 * Nt * D.M$$

در این فرمول Pr درصد پروتئین، Nt درصد ازت کل و D.M درصد ماده خشک می باشند، اندازه گیری عناصر ریزمغذی در دانه گندم با روش سوزاندن خشک با ترکیب HCl صورت گرفت (۵). مقایسه ی میانگین تیمارها از طریق آزمون دانکن در سطوح یک و پنج درصد صورت گرفت.

قابل جذب طبق دستورالعمل مؤسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت (۱) که نتایج در جدول شماره ۱ آورده شده است.

در اوایل مهر ماه پس از شخم و دیسک، کرت‌هایی به ابعاد ۵×۶ متر تهیه و مقدار کودهای اصلی نیتروژن^۱، فسفر^۲ و پتاسیم^۳ براساس آزمون خاک و توصیه کودی منطقه که توسط مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی ارائه شده است، از منابع کودی اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم مصرف گردید. سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و نصف اوره به هنگام تهیه بستر در سطح خاک پخش و سپس با خاک مخلوط شدند. بقیه اوره در دو قسمت مساوی در زمان ساقه رفتن و خوشه رفتن به صورت سرک مصرف گردید (۸). در این آزمایش پنج روش مصرف کودهای ریزمغذی شامل ۱- مصرف خاکی ۲- محلول پاشی ۳- آغشته نمودن بذر ۴- مصرف خاکی به علاوه محلول پاشی ۵- محلول پاشی به علاوه آغشته نمودن بذر، در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی جمعاً در ۱۵ کرت مقایسه شدند. در روش مصرف خاکی، در هر هکتار ۴۰ کیلوگرم سولفات روی، ۳۰ کیلوگرم سولفات منگنز، ۲۰ کیلوگرم سولفات مس، ۱۰ کیلوگرم سکوسترین آهن و ۲۰ کیلوگرم اسید بوریک قبل از کاشت مصرف گردید. در روش محلول پاشی، کودهای حاوی عناصر ریزمغذی به صورت محلول پاشی، هر کدام با غلظت دو در هزار به طور مخلوط و به همراه نیم درصد اوره در سه مرحله ساقه رفتن، خوشه رفتن و یک هفته بعد از گلدهی و به مقدار ۷۰۰ لیتر در مرحله ساقه رفتن و ۱۰۰۰ هزار لیتر در مراحل بعد مصرف شدند. در

1- N110
2- P60
3- K60

فرج‌نیا، ا. اثر روش‌های کاربرد عناصر ریزمغذی بر خصوصیات...

محققین دیگر از جمله ییلماز و همکاران (۱۹۹۷) هم خوانی دارد. او نتیجه گرفته است که مصرف خاکی توأم با محلول‌پاشی روی، نسبت به سایر روش‌های کاربرد بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد و غلظت این عنصر در دانه گندم داشته است (۱۵). مورگان و مسکانگی (۱۹۹۱) گزارش داد که محلول‌پاشی روی کم‌تر از مصرف خاکی آن در رفع کمبود این عنصر مؤثر است و هم‌چنین آغشته نمودن بذر به روی در رفع کمبود آن بی‌تأثیر است (۱۳).

بین تیمارهای مختلف به لحاظ تأثیر بر عملکرد گاه گندم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). این نتایج با نتایج سدیری و ملکوتی (۱۳۷۷) که گزارش نمودند کاربرد عناصر ریزمغذی بر عملکرد گاه و کلس گندم در هیچ‌کدام از سطوح آماری معنی‌دار نبوده است هم‌خوانی دارد (۲).

اثر آغشته نمودن بذر بر وزن هزاردانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که این تیمار نسبت به روش مصرف خاکی به‌علاوه محلول‌پاشی، وزن هزار دانه را حدود ۶ گرم افزایش داد. در یک بررسی، کاربرد ۳ گرم مس از منبع سولفات جهت تیمار یک کیلوگرم بذر گندم مقدار محصول را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (۱۴). هم‌چنین گزارش شده است که آغشته نمودن بذور سیب‌زمینی با سولفات روی قبل از کاشت، میزان محصول، فتوسنتز و میزان نشاسته را افزایش می‌دهد (۱۰).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتیمتر)

| مقدار | خصوصیت خاک |
|------------------------------|--|
| ۷/۹ | pH (کل اشباع) |
| ۰/۴ دسی زیمنس بر متر | EC (قابلیت هدایت الکتریکی گل اشباع) |
| ۰/۸۵ درصد | O.C (کربن آلی) |
| ۱۰/۵ درصد | CCE (کربنات کلسیم معادل) |
| ۰/۰۹ درصد | Nt (ازت کل به روش کج‌دلال) |
| ۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | P (فسفر قابل جذب به روش اولسن) |
| ۳۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | K (پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم) |
| ۰/۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | Zn (روی قابل عصاره‌گیری با DTPA) |
| ۴/۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | Fe (آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA) |
| ۲/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | Mn (منگنز قابل عصاره‌گیری با DTPA) |
| ۰/۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | Cu (مس قابل عصاره‌گیری با DTPA) |
| ۰/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک | B (بور قابل عصاره‌گیری با آب) |
| رسی (Clay) | بافت (هیدرومتری) |
| ۶۱ درصد | درصد اشباع (SP) |

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای روش کاربرد عناصر ریز مغذی بر صفات کمی و کیفی گندم نشان داد که بین آن‌ها در عملکرد، وزن هزاردانه، درصد پروتئین و غلظت روی در دانه گندم اختلاف معنی‌دار وجود دارد، اما اختلاف بین تیمارهای فوق بر عملکرد گاه و غلظت آهن، مس، منگنز و بور معنی‌دار نبود. اثر مصرف خاکی توأم با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه گندم در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، به طوری که میزان محصول را نسبت به محلول‌پاشی به همراه آغشته نمودن بذر (با کمترین عملکرد)، ۶۹ درصد افزایش داد (جدول ۲). این نتایج با نتایج

جدول ۲- اثر تیمارها بر عملکرد و خصوصیات کیفی دانه‌ی گندم

| تیمار | میانگین عملکرد دانه Kg/ha | میانگین عملکرد کاه Kg/ha | وزن هزاردانه gr | پروتئین دانه % | Fe PPm | Zn PPm | Cu PPm | Mn PPm | B PPm |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | | | | | | | | |
| مصرف خاکی | ۴۴۴۲ | ۸۶۰۰ | ۴۶/۱۳ | ۱۴/۹۳ | ۶۳/۳ | ۳۸/۹۷ | ۸/۶۳ | ۵۴ | ۱/۶۵ |
| محلول پاشی | ۴۵۸۴ | ۸۹۰۹ | ۴۳/۸۷ | ۱۷/۸۴ | ۷۱ | ۷۴/۳۳ | ۱۳/۴۷ | ۶۲ | ۱/۶۹ |
| آغشته نمودن بذر | ۴۱۲۵ | ۸۲۰۰ | ۴۸/۶۳ | ۱۲/۳۵ | ۶۷ | ۶۸/۳۳ | ۱۱/۱۷ | ۵۸ | ۱/۶۱ |
| مصرف خاکی + محلول پاشی | ۵۷۷۵ | ۹۸۵۵ | ۴۲/۴۷ | ۱۶/۹۱ | ۷۱/۶ | ۷۸/۳۳ | ۱۴/۶۷ | ۵۸ | ۱/۸۸ |
| آغشته نمودن بذر + محلول پاشی | ۳۹۸۷ | ۷۹۵۹ | ۴۶/۲ | ۱۷/۲۵ | ۸۸/۶۷ | ۷۹ | ۱۳/۷۷ | ۶۳ | ۱/۷۲ |

مصرف خاکی به همراه محلول پاشی و آغشته نمودن بذر توأم با محلول پاشی عناصر ریزمغذی، غلظت روی در دانه گندم را نسبت به سایر روش‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش داده و در گروه آماری a قرار گرفت (۷۹ قسمت در میلیون). بیلماز و همکاران (۱۹۹۷) نتیجه گرفتند که با مصرف سولفات روی، بدون توجه به روش مصرف، علاوه بر افزایش عملکرد کمی و کیفی، به میزان روی در دانه‌ی گندم افزوده می‌شود.

غلظت آهن در دانه‌ی گندم همانند غلظت روی، در روش مصرف خاکی نسبت به سایر روش‌ها در پایین‌ترین حد و معادل ۶۳/۳ قسمت در میلیون بود (جدول ۲). غلظت مس در دانه‌ی گندم در روش مصرف خاکی توأم با محلول پاشی نسبت به سایر روش‌ها بیشتر بود (۴/۶۷ قسمت در میلیون). غلظت مس نیز در روش مصرف خاکی نسبت به سایر روش‌ها در پایین‌ترین حد بود (۸/۶۳ قسمت در میلیون). به

میزان پروتئین دانه‌ی گندم در روش‌های محلول پاشی، مصرف خاکی توأم با محلول پاشی و محلول پاشی توأم با آغشته نمودن بذر نسبت به روش آغشته نمودن بذر به ترتیب ۴۱/۵، ۳۶/۹ و ۳۹/۷ درصد بیشتر بود، به طوری که به لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و در گروه آماری a قرار گرفته است (جدول ۲). این نتایج با گزارشات محققین زیادی هم‌خوانی دارد از جمله کاپور و همکاران (۱۹۷۷) گزارش داد که کاربرد روی بر میزان پروتئین و اسید ریبونوکلیک سویا مؤثر بوده است (۱۱). سدري و ملکوتی (۱۳۷۷) گزارش کردند که مصرف خاکی سولفات روی، پروتئین دانه گندم را ۳/۶ درصد افزایش داد (۲). به گزارش فرج‌نیا و اردلان (۱۳۷۷)، مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم روی از منبع سولفات روی، میزان پروتئین غده سیب‌زمینی را به‌طور معنی‌داری بالا برد (۴).

فرج‌نیا، ا. اثر روش‌های کاربرد عناصر ریزمغذی بر خصوصیات...

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱- کاربرد عناصر کم مصرف باعث افزایش عملکرد محصول گندم شد ولی چون کمبود این عناصر در همه جا وجود ندارد، لذا آزمون خاک جهت توصیه کودی باید همگانی شود.

۲- روش مصرف خاکی توأم با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، به دلیل افزایش قابل ملاحظه در عملکرد دانه و کاه و نیز بالا بردن میزان پروتئین و غلظت عناصر روی، آهن و مس در دانه گندم در مقایسه با سایر روش‌ها در زراعت گندم ارجحیت دارد و توصیه می‌شود.

۳- از آن‌جا که آغشته نمودن بذر تأثیری بر کمیت و کیفیت محصول گندم نداشت، لذا این روش در زراعت گندم توصیه نمی‌شود.

۴- محلول‌پاشی علاوه بر رفع کمبود، به دلیل غنی سازی بذر بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

نظر می‌رسد قلیایی بودن خاک و میزان نسبتاً زیاد آهک در عمق توسعه‌ی ریشه، مانع جذب این عناصر می‌شود.

روش‌های مختلف مصرف عناصر ریزمغذی بر میزان عناصر منگنز و بور اثر معنی‌داری نداشته به طوری که تأثیر هیچ‌کدام از تیمارها از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (جدول ۲). مینگ و چونگرن (۱۹۹۵) با کاربرد ترکیبات روی و منگنز، غلظت روی به مقدار قابل توجهی افزایش یافت (۱۲). سداری و ملکوتی (۱۳۷۷) در یک آزمایش مزرعه‌ای به این نتیجه رسیدند که با مصرف سولفات روی، سکوسترین آهن و سولفات مس، غلظت آهن، روی و مس در دانه گندم افزایش یافت (۲). فرج‌نیا و اردلان (۱۳۷۷) گزارش نمودند که مصرف خاکی سولفات روی، غلظت روی در غده‌های سیب‌زمینی را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۴).

منابع

- ۱- احيائي، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه‌ی شیمیایی خاک. نشریه‌ی فنی شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، صفحات ۲۵-۸۰.
- ۲- سداری، م. ح. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۷. بررسی تأثیر مصرف آهن، روی و مس در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی. مجله‌ی خاک و آب، نشریه‌ی علمی پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جلد ۱۲، صفحات ۱۹ تا ۳۱.
- ۳- سیادت، س. ع.، س. ا. هاشمی دزفولی، م. رادمهر و غ. ع. لطف علی آدینه. ۱۳۷۸. تأثیر عناصر کم مصرف بر عملکرد و روند جذب ازت، فسفر و پتاسیم توسط گندم. خلاصه مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه مشهد، صفحه ۴۵۳.
- ۴- فرج‌نیا، ا. و م. اردلان. ۱۳۷۷. بررسی اثرات منبع و میزان روی مصرفی بر کیفیت و کمیت سیب‌زمینی. مجله‌ی خاک و آب، نشریه علمی و پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جلد ۱۲، صفحات ۳۷ تا ۴۱.
- ۵- ماجدی، م. ۱۳۷۳. روش‌های آزمون شیمیایی مواد غذایی. جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، صفحات ۱۳ تا ۶۵.
- ۶- مجیدی، ع. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۷. بررسی اثرات مقادیر و منابع کود روی در عملکرد و غنی‌سازی آن. مجله‌ی خاک و آب، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جلد ۱۳، صفحات ۷۸ تا ۸۷.

۷- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. تغذیه‌ی متعادل گندم، راهی به‌سوی خودکفایی در کشور و تأمین سلامت جامعه (مجموعه مقالات). اولین کنگره‌ی توسعه‌ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده‌ی بهینه از سم و کود. نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات وزارت کشاورزی، کرج، ۵۴۴ صفحه.

۸- ملکوتی، م. ج. ا. بای بوردی، ز. خادمی، م. آ. لطف الهی. ۱۳۷۹. توصیه بهینه‌ی کودی برای محصولات زراعی و باغی استان آذربایجان شرقی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۱۹۷.

- 9- HU, Y. and U. Schmidhalter. 2001. Effect of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. *J. Plant Nutr.* 24(2):273-281.
- 10- Ganyuskina, L. G. 1963. Effect of zinc and 2, 4 dichloro phenoxy butyric acid on the growth, development and yield of potatoes. *Uch. Zap. Petrozavod kago. Gos uni.* 11 (4):16.
- 11- Kapur. O. C., M. S. Gangwar, S. K. Sharma, S. S. Masnad. 1977. Influence of zinc application on yield and protein content of soybean. *Food farming Agr.* 8:53.
- 12- Ming, C. and Y. Chungren. 1995. Effect of manganese and zinc fertilizer on nutrient balance and deficiency diagnosis of winter wheat crops in pot experiment. Beijing Agric University.
- 13- Morghan, J. T., and H. J. Mascangi. 1991. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. *J. plant Nutr.* 25(3): 301-304.
- 14- Mortvedt, J. J., P. M. Giordano, W. L. Lindsay. 1978. *Micronutrient in agriculture.* Soil Science, Society of America.
- 15- Yilmaz, A., H. Ekiz, B. Torun, I. Gultekin, S. Karanlik, S. A. Bagci, and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. *S.J. Plant Nutrition.* 20: 461-471.

