

مقایسه کود آبیاری و مصرف خاکی عناصر غذایی در زراعت گندم

عبدالحسین ضیائیان^{۱*}

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ ziaeyan_39@yahoo.com

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق مقایسه اثرات دو روش کود آبیاری و مصرف خاکی نیتروژن، آهن، منگنز و روی بر تولید گندم و پارامترهای رشد آن بود. این آزمایش با استفاده از پنج خط لوله به صورت آبیاری بارانی سه شاخه‌ای در قالب طرح آماری نواری اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از: T1 = کود آبیاری در فاصله ۳ متری از خط تزریق کود، T2 = کود آبیاری در فاصله ۶ متری از خط تزریق، T3 = کود آبیاری در فاصله ۹ متری از خط تزریق و T4 = مصرف خاکی عناصر در فاصله ۳ متری از خط لوله آبیاری، T5 = مصرف خاکی عناصر در فاصله ۶ متری از خط لوله آبیاری و T6 = مصرف خاکی عناصر در فاصله ۹ متری از خط لوله آبیاری. در روش کود آبیاری، نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم و آهن، منگنز و روی از منبع کلاتی به وسیله یک دستگاه ونتوری به خط لوله میانی سیستم تزریق شدند. در روش مصرف خاکی به ترتیب ۴۲۵، ۱۱۰، ۱۰۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی در خاک مصرف شدند و با سیستم بارانی آبیاری شدند. مصرف کودها بر اساس آزمون خاک بود. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نیترات آمونیوم عملکرد کل، عملکرد دانه و وزن هزار دانه افزایش یافت. با مصرف ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم، بیشترین عملکرد دانه (۷۶۲۳ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین وزن هزار دانه (۳۶/۳ گرم) و بالاترین میزان پروتئین دانه (۱۵/۴ درصد) از تیمار کود آبیاری در فاصله ۳ متری از خط تزریق کود به دست آمد. نتایج همچنین نشان داد بین میزان نیترات مصرفی در کود آبیاری و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد کل همبستگی بالایی وجود داشت. برگشایی روی و منگنز در مقایسه با مصرف خاکی آن‌ها اثر بخش‌تر بود. بررسی‌های دقیق‌تری به خصوص از دیدگاه اقتصادی لازم به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: برگشایی، نیتروژن، عناصر کم مصرف، سیستم آبیاری بارانی سه شاخه‌ای

مقدمه

علت کاهش ایجاد روان آب در سطح مزرعه و نفوذ بهتر آب در خاک، راندمان مصرف کودهای شیمیایی نیز افزایش یابد (پاپادوپولوس^۲، ۱۹۹۲). هنکس و همکاران^۳ (۱۹۷۶) روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای^۴ برای ایجاد رژیم‌های مختلف رطوبتی در شرایط آزمایشات مزرعه‌ای را پیشنهاد داده که به دلیل دقت و سهولت مورد توجه قرار گرفته است. او با استفاده از یک خط آبیاری بارانی به همراه تعداد ۸ آبپاش به فاصله ۶/۱ متر توانست شیب

توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار از جمله آبیاری بارانی جزء اصلی برنامه افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی است. استفاده از این سیستم‌ها نه تنها کارایی مصرف آب را در تولید محصولات کشاورزی بهبود بخشیده است بلکه رقم‌های روشنی را در استفاده صحیح و مناسب از کودهای شیمیایی نوید می‌دهد. استفاده از آبیاری بارانی می‌تواند کارایی مصرف آب آبیاری را تا حدود ۷۰ درصد یا بیشتر افزایش داده و به

^۱ نویسنده مسئول، آدرس: فارس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، صندوق پستی ۶۱۷-۷۱۵۵۵، شیراز، ایران.

* دریافت: آذر ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۱

^۲ Papadopoulos

^۳ Hanks et al.

^۴ line source sprinkler irrigation system

روش های دیگر در زراعت ذرت افزایش معنی دار داشت، لیکن در مورد کودهای منگنز، مس و بر معنی دار نگردید. پاپادوپولوس (۱۹۹۲) بیان کرد که با کاهش اثر فاکتورهای محدود کننده رشد، کارایی مصرف آب را می توان افزایش داد. در این راستا کود آبیاری مهمترین نقش را ایفا می کند به طوری که با کود آبیاری می توان کارایی مصرف آب را ۲ تا ۳ برابر افزایش داد. راندل و همکاران^۶ (۱۹۸۵) نشان دادند که کود آبیاری کلات روی (Zn-EDTA) نسبت به مصرف خاکی سولفات روی تحرک آن را در خاک شنی لومی تا ۲ برابر افزایش می دهد. سیدنو و ساندنو^۷ (۱۹۹۲) با مطالعه بر روی جو بالاترین وزن دانه و غلظت نیتروژن برگ و راندمان جذب آب را در تیمار مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از طریق سیستم آبیاری بدست آوردند. انگل^۸ (۱۹۹۷) سیستم آبیاری بارانی تک شاخه ای را همراه با ۶ سطح نیتروژن صفر، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بر روی جو آزمایش کرد. نتایج نشان داد که با افزایش آب آبیاری، میزان عملکرد جو و پاسخ آن را به نیتروژن افزایش می دهد. در شرایط تنش آبی پاسخ به نیتروژن محدود بود. ایشان نتیجه گرفتند که با افزایش یک اینچ به عمق آبیاری، میزان نیاز به نیتروژن ۸ کیلوگرم در هکتار افزایش می یابد. هیل و همکاران^۹ (۲۰۰۰) سیستم آبیاری بارانی تک شاخه ای را همراه با ۳ سطح نیتروژن صفر، ۱۰۳ و ۲۰۶ کیلوگرم در هکتار بر روی علف مرغزار آزمایش کردند. نتایج نشان داد که با افزایش آب آبیاری عملکرد تمام رقم ها افزایش یافته است. همچنین مصرف ۱۰۳ و ۲۰۶ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب باعث افزایش ۲۶ تا ۳۵ و ۴۰ تا ۵۲ درصدی عملکرد نسبت به سطح صفر گردید. به منظور بررسی اثرات کاربرد نیتروژن و سه عنصر کم مصرف آهن، روی و منگنز بر تولید و پارامترهای رشد گندم در دو سیستم کود آبیاری و مصرف خاکی، این طرح اجرا گردید.

روش کامل اجرای تحقیق

به منظور بررسی اثرات دو روش کود آبیاری و مصرف خاکی بر مصرف نیتروژن، آهن، منگنز و روی در زراعت گندم و یافتن غلظت های مناسب برای تزریق نیتروژن و عناصر کم مصرف در آبیاری بارانی، طی سال های ۸۴ تا ۸۶، آزمایشی دو ساله در اراضی ایستگاه تحقیقات زرقان با نام علمی fine, carbonatic, termic Typic Haploxerepts این تحقیق در قالب طرح

رطوبتی را در طرفین آبیاش به صورت الگوی تقریباً مثلثی ایجاد کند که شعاع پاشش هر آبیاش حدود ۱۵/۲۵ متر بود و مقدار تجمعی آبیاری با فاصله از خط آبیاری الگوی تقریباً مثلثی داشت. در ادامه کار هنکس و همکاران (۱۹۸۰) طرح آماری آبیاری بارانی تک شاخه ای در ارتباط با رژیم های مختلف رطوبتی و ارقام گندم ارائه نمودند که ارقام گندم در کرت اصلی و رژیم آبیاری در کرت فرعی بررسی شد. از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه یا چند شاخه، استفاده های متعددی از جمله بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، بررسی اثرات متقابل آب و کود و بهینه سازی کارایی مصرف این دو پارامتر به عمل می آید. مطالعات متعددی در ارتباط با اثرات متقابل آب و کود و بهینه سازی کاربرد آن ها با استفاده از سیستم آبیاری بارانی صورت گرفته است (موسه و همکاران^۱، ۲۰۰۶ و پائلو و رینالدی^۲، ۲۰۰۸). گزارش شده است که استفاده از آبیاری بارانی می تواند کارایی مصرف آب آبیاری را حدود ۷۰ درصد یا بیشتر افزایش داده و به علت کاهش ایجاد روان آب در سطح مزرعه و نفوذ بهتر آب در خاک، راندمان مصرف کودهای شیمیایی نیز افزایش دهد (پاپادوپولوس^۳، ۱۹۹۲). هافل و همکاران^۴ (۲۰۰۸) با استفاده از سیستم آبیاری بارانی اثرات متقابل دو سطح آب و دو سطح نیتروژن را در ۱۹ ژنوتیپ برنج مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که در شرایط دیم، کاربرد نیتروژن عملکرد دانه را ۳۲ تا ۶۹ درصد کاهش داد. قیصری و همکاران^۵ (۲۰۱۰) با انجام یک آزمایش ۴ ساله، اثرات متقابل سه سطح نیتروژن (صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و چهار سطح آبیاری (۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۱۳ درصد تخلیه رطوبتی خاک) را با استفاده از آبیاری بارانی بر روی ذرت علوفه ای در ورامین تحقیق نمودند. نتایج آن ها نشان داد که افزایش نیتروژن مصرفی راهکار مناسبی برای جبران کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب نبوده و این که اثر نیتروژن مصرفی بر عملکرد تابعی از فراهمی آب در خاک است و با افزایش تنش بایستی مقدار نیتروژن کاربردی را کاهش داد. در روش کود-آبیاری امکان مصرف نوبتی عناصر غذایی، براساس نیاز گیاه در طول دوره رشد وجود دارد بنابراین هدر رفت کود کم بوده و کارایی مصرف آن بیشتر است. در پژوهشی که توسط واعظی (۱۳۷۹) انجام شد بازده مصرف کودهای نیتروژن، پتاسیم، آهن و روی در روش کود آبیاری نسبت به

6. Randall et al.
7. Sidnu and Sandnu
8. Engel
9. Hill

1. Mose et al.
2. Paolo and Rinaldi
3. Papadopoulos
4. Hafel et al.
5. Gheysari et al.

پاشیده می‌شد. قبل از تزریق کود، سیستم به مدت یک ساعت کار کرده و آب آبیاری در ظروف مخصوص جمع آوری گردید تا یکنواختی پاشش آبپاش‌ها امتحان گردد (شکل ۲). براساس طرح کلات‌های آهن، روی و منگنز به ترتیب به میزان ۵۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ گرم در ۱۰۰ لیتر آب در هر بار آبیاری مصرف گردید. بذر مورد استفاده گندم رقم پیشتاز بود که با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع در اوایل آبان ماه کاشت گردید. مراقبت‌های زمان داشت براساس یافته‌های تحقیقاتی انجام شد. در زمان داشت، بعد از هر آبیاری، میزان آب جمع شده در قوطی‌های جمع آوری آب (Catch can) که در وسط هرپلات قرار گرفت، اندازه‌گیری و غلظت عناصر در آن‌ها تعیین گردید. قبل از کرده افشانی از برگ کلیه تیمارها نمونه برگ تهیه و بر اساس دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات خاک و آب (امامی، ۱۳۷۵) تجزیه شدند. با توجه به خصوصیات فیزیکی خاک و با استفاده از رابطه $I = [(\theta_F - \theta) \rho_b \cdot D] / 100$ مقدار آب مورد نیاز محاسبه و از طریق سیستم آبیاری بارانی مصرف گردید. در رابطه فوق $I =$ ارتفاع (عمق) آب مصرفی (سانتی‌متر)، $\theta_F =$ درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، $\theta =$ درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، $\rho_b =$ نسبت چگالی خاک به چگالی آب یا همان وزن مخصوص ظاهری خاک و $D =$ عمق مؤثر ریشه است. در آخر فصل صفات زراعی شامل عملکرد، درصد پروتئین دانه و غلظت عناصر در دانه‌ها اندازه‌گیری شدند. سپس با استفاده از آزمون t-Test و نمونه‌برداری از داخل کرت‌های مصرف خاکی نیتروژن و عناصر کم مصرف با کرت‌های کود آبیاری در سه تکرار مقایسه میانگین انجام شد تا اثرات روش کودآبیاری (fertigation) و روش مصرف خاکی بر تولید گندم و تأمین نیتروژن، آهن، منگنز و روی مورد نیاز گندم مطالعه گردد.

نتایج

الف- نتایج تجزیه خاک و آب

براساس نتایج به دست آمده خاک‌های مورد نظر بدون محدودیت شوری با کربن آلی کم، درصد مواد خنثی شونده متوسط تا بالا، فسفر کم و پتاسیم متوسط بود. خاک‌های مزارع مورد مطالعه از نظر عناصر کم مصرف متوسط بودند. (جدول یک).

نتایج تجزیه آب نیز نشان داد که واکنش شیمیایی آب قلیائی و کیفیت آب از لحاظ شوری و قلیائیت متناسب بود میزان کلر و سدیم پائین و مناسب برای استفاده در سیستم آبیاری بارانی بود (جدول ۲).

آماری نواری (Strip) و با استفاده از یک سیستم آبیاری سه شاخه برای بررسی کودآبیاری و دو شاخه برای مصرف خاکی کود اجرا گردید (شکل ۱). تیمارها عبارت بودند از: T1= کود آبیاری در فاصله ۳ متری از خط تزریق کود، T2= کود آبیاری در فاصله ۶ متری از خط تزریق، T3= کود آبیاری در فاصله ۹ متری از خط تزریق و T4= مصرف خاکی عناصر در فاصله ۳ متری از خط لوله آبیاری، T5= مصرف خاکی عناصر در فاصله ۶ متری از خط لوله آبیاری و T6= مصرف خاکی در فاصله ۹ متری از خط لوله آبیاری. در روش کود آبیاری، نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم و آهن، منگنز و روی از منبع کلاتی به وسیله یک دستگاه ونتوری به خط لوله میانی سیستم تزریق شدند. در روش مصرف خاکی نیز مصرف کود تیمارها بر اساس آزمون خاک محاسبه و با سیستم آبیاری بارانی آبیاری شدند. برای این منظور در هر سال قبل از اجرای آزمایش از خاک محل مورد آزمایش نمونه خاک مرکب تهیه و براساس روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۳) تجزیه و سپس بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقدار کودهای مورد نیاز تعیین گردید. بر اساس آزمون خاک به نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی نیاز بود که به ترتیب از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی به میزان به ترتیب ۴۲۵، ۱۱۰، ۱۰۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار تأمین گردید. در کل آزمایش، کودهای فسفر و پتاسیم و یک ثلث میزان نیتروژن توصیه شده به روش خاکی قبل از کاشت مصرف شد. علاوه بر این کودهای میکرو شامل آهن، روی و منگنز نیز برای قطعات مصرف خاکی قبل از کاشت مصرف گردید. آبیاری اول (خاک آب) و آبیاری دوم (پی آب) به صورت نواری انجام شد. سیستم آبیاری بارانی در اسفند ماه در زمین پیاده شد. در این سیستم، فاصله خطوط از همدیگر ۱۲ متر بود. بر روی هر خط ۵ آبپاش بارانی به فاصله ۶ متر از هم تعبیه گردید. آبپاش‌ها از نوع رین برد (Rain bird) با دبی ۰/۴۹ لیتر در ثانیه و شعاع پاشش تقریباً ۱۲/۱ متر بود. پلات‌های آزمایشی نیز به موازات لوله‌های فرعی به طول ۳ متر انتخاب گردید. فاصله دو آبپاش اول و دو آبپاش آخر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و فاصله باقیمانده به سه قسمت تقسیم شده و هر یک، یک تکرار منظور شد (مساحت هر کرت ۲۴ متر مربع بود). دو سوم باقی مانده نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم همراه با کودهای حاوی آهن، منگنز و روی با بنیان کلات EDTA، از طریق تزریق کود توسط ونتوری تعبیه شده در خط سوم و آبیاری به صورت آبیاری بارانی مصرف شد. فقط در خط لوله وسط کودها تزریق شدند و در دیگر خطوط فقط آب

در بر گهای گندم هر سه تیمار کود آبیاری کمتر از تیمارهای مشابه در مصرف خاکی بود. اما کود آبیاری در مقایسه با مصرف خاکی تأثیر بیشتری بر غلظت روی و منگنز در برگها داشت.

روابط بین میزان نیترات آمونیوم مصرفی با برخی صفات مورد مطالعه

بر اساس نتایج به دست آمده همبستگی بالایی بین میزان نیترات آمونیوم مصرفی و عملکرد دانه وجود داشت (سال اول $R^2=0.91$ و سال دوم $R^2=0.88$) (شکل ۴). چنین نتایج در مورد عملکرد کل و وزن هزار دانه نیز وجود داشت.

جمع بندی و بحث

هدف اصلی از اجرای این تحقیق مقایسه اثرات دو روش مصرف کود (کود آبیاری و مصرف خاکی) بر تولید گندم و پارامترهای رشد آن بود. به همین منظور یک سیستم آبیاری بارانی ۵ شاخه تعبیه گردید که در آن کودهای مورد نظر از طریق یک ونتوری به خط لوله وسط (خط تزریق کود) تزریق می گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که بین تیمارهای کود آبیاری و روش مصرف خاکی، به جز میزان پروتئین دانه، اختلاف معنی داری در سایر صفات مورد مطالعه مشاهده نشد. اگرچه در مورد صفت میزان پروتئین دانه اختلاف معنی دار بین تیمار کود آبیاری و روش مصرف خاکی مشاهده شد اما کمیت عملکرد تحت تأثیر قرار نگرفت. در این تحقیق مصرف ۱۷۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد کل، عملکرد دانه و وزن هزار دانه نشان داد که در تیمار T1 (فاصله از خط تزریق ۳ متر) مشاهده شد. نتایج همچنین بیانگر اثر بخشی بیشتر برگپاشی روی و منگنز در مقایسه با مصرف خاکی آن ها بود. این نتیجه با نتایج یلماز و همکاران^۱ (۱۹۹۷) مطابقت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به خصوصیات خاک محل آزمایش، در هر نوبت آبیاری ۲۸ متر مکعب آب در ۷۵۰ متر مربع زمین یا تقریباً معادل ۴۰۰ متر مکعب در هکتار آب مصرف گردید. با توجه به ۶ نوبت آبیاری، جمعاً ۲۴۰۰ متر مکعب در هکتار آب مصرف شد که با احتساب آبیاری اول و دوم حدود ۳۲۰۰ متر مکعب آب مصرف گردید. مطالعات انجام شده توسط نیازی^۲ و همکاران (۲۰۰۵) بر روی گندم رقم مرودشت در منطقه حاکی از مصرف ۶۷۴ میلیمتر آب به صورت سطحی بوده است. پاپادوپولوس (۱۹۹۲) گزارش نمود که به علت کاهش

در خاک مزرعه مورد مطالعه میزان رطوبت در حد ظرفیت مزرعه ۲۱٪، در نقطه پژمردگی دائم ۱۱٪ و جرم مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب بود. بدین ترتیب میزان آب قابل استفاده ۱۰٪ بود که با توجه به دور آبیاری در زمان ۵۰٪ کاهش رطوبت از FC، مقدار رطوبت در زمان آبیاری بین ۱۶ تا ۱۷ درصد متغیر بود. عمق مؤثر ریشه گندم ۳۰ سانتیمتر نیز لحاظ گردید. با توجه به مساحت هر تیمار که ۷۲۰ متر مربع بود، میزان آب مصرفی محاسبه گردید و در هر بار حدود ۲۸ متر مکعب آب با کنتور اندازه گیری و از طریق سیستم آبیاری بارانی مصرف گردید (جدول ۳). این میزان آب تقریباً معادل ۴۰۰ متر مکعب در هکتار است. در جمع با توجه به ۶ نوبت آبیاری و با احتساب آبیاری اول و دوم حدود ۳۲۰۰ متر مکعب آب مصرف شد.

ب- نتایج عملکرد و صفات مورد اندازه گیری

نتایج تجزیه واریانس مرکب و میانگین دو ساله داده های آزمایش (جدول ۵، ۶ و ۷) نشان داد که در تیمارهای کود آبیاری، با فاصله گرفتن از خط تزریق، عملکرد کل، عملکرد دانه، میزان پروتئین دانه و غلظت های نیتروژن، آهن، منگنز و روی کاهش می یابد به طور نمونه با فاصله گرفتن از خط تزریق (فواصل ۳، ۶ و ۹ متری از خط تزریق) عملکرد دانه به ترتیب از ۷۶۲۳ به ۶۸۹۹ و سپس به ۵۸۹۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. دلیل این کاهش تولید می تواند این باشد که با فاصله گرفتن از خط تزریق، میزان عناصر غذایی کمتری در اختیار گیاه قرار می گیرد (شکل ۴) به عبارت دیگر در تیمارهای دورتر از خط تزریق، میزان عناصر غذایی دریاقتی برای تولید کافی نیست. مقایسه دو روش کود آبیاری و مصرف خاکی نشان داد که تفاوت فاحشی بین تیمارهای مشابه کود آبیاری و مصرف خاکی از لحاظ صفت وزن هزار دانه وجود نداشت.

مقایسه صفات اندازه گیری شده در کرت های مجاور خطوط آبیاری در دو روش مورد مطالعه نشان داد که در نزدیکترین فاصله از خط آبیاری در روش کود آبیاری، اکثریت صفات مورد مطالعه از جمله عملکرد کل، عملکرد دانه، غلظت منگنز، غلظت روی و میزان پروتئین دانه برتر از همین صفات در روش مصرف خاکی بود. اما با فاصله گرفتن از خطوط آبیاری، صفات مورد مطالعه در روش کود آبیاری در مقایسه با روش مصرف خاکی افت شدیدتری داشتند به طوری که در فواصل دورتر از خطوط آبیاری، پارامترهای اندازه گیری شده در روش مصرف خاکی در بیشتر موارد برتر از پارامترهای مشابه در روش کود آبیاری بود. در مجموع غلظت نیتروژن و آهن و مس

¹. Yilmaz et al.

². Niazi et al.

هیل و همکاران (۲۰۰۰) همخوانی دارد. تحقیقات پاپادوپلوس (۱۹۹۲) نشان داده است که به علت کاهش ایجاد روان آب در سطح مزرعه و نفوذ بهتر آب در خاک راندمان مصرف کودهای شیمیایی افزایش می‌یابد. داده‌ها نشان دادند که غلظت نیتروژن و آهن و مس در برگ‌های گندم هر سه تیمار کود آبیاری کمتر از تیمارهای مشابه در مصرف خاکی بود. اما کود آبیاری در مقایسه با مصرف خاکی تأثیر بیشتری بر غلظت روی و منگنز در برگ‌ها داشت. این موضوع بیانگر اثر بخشی بیشتر برگپاشی روی و منگنز در مقایسه با مصرف خاکی آن‌هاست. نتایج فوق نشان می‌دهد که احتمالاً مقادیر در نظر گرفته شده برای تزریق در آبیاری کم بوده است. بررسی‌های دقیق‌تری در این زمینه و به خصوص از دیدگاه اقتصادی لازم به نظر می‌رسد.

ایجاد روان آب در سطح مزرعه و نفوذ بهتر آب در خاک، استفاده از آبیاری بارانی می‌تواند کارایی مصرف آب آبیاری را حدود ۷۰ درصد یا بیشتر افزایش دهد. از طرف دیگر با توجه به غلظت عناصر توصیه شده در کود آبیاری، در هر نوبت آبیاری به ترتیب ۵۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ گرم کلات‌های آهن، روی و منگنز در هر نوبت مصرف شد که با توجه به پنج نوبت آبیاری بارانی، مقدار کل کودهای مصرف شده به ترتیب ۲۵۰۰، ۱۲۵۰ و ۱۵۰۰ گرم در هر هکتار بود که در مقایسه با مقادیر توصیه شده در شرایط مصرف خاکی (به ترتیب حدود ۲۵، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کلات آهن، سولفات روی و سولفات منگنز)، در روش کودآبیاری به میزان قابل ملاحظه‌ای در میزان کودهای مصرفی صرفه جویی می‌گردد. این نتیجه با نتایج به دست آمده از تحقیق انجام شده توسط پاپادوپلوس (۱۹۹۲)، انگل (۱۹۹۷) و

جدول ۱- میانگین نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در فارس

کود مصرفی در روش مصرف خاکی (کیلوگرم در هکتار)	Zn	Fe	Mn	K	P	O.C	T.N.V	Ec	pH	سال
۲۰	۰/۷۰	۵/۸	۷/۹	۳۳۱	۹/۶	۰/۶۵	۳۳/۰	۱/۲۵	۸/۱	۸۴-۸۵
۲۰	۰/۶۲	۴/۲	۸/۶	۲۵۵	۱۱/۴	۰/۵۵	۳۱/۰	۱/۳۶	۸/۰	۸۵-۸۶
۲۰	۰/۶۶	۵/۰	۷/۷	۲۴۲	۱۰/۵	۰/۶۰	۳۲/۰	۱/۳۱	۸/۱	میانگین

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مزرعه مورد آزمایش

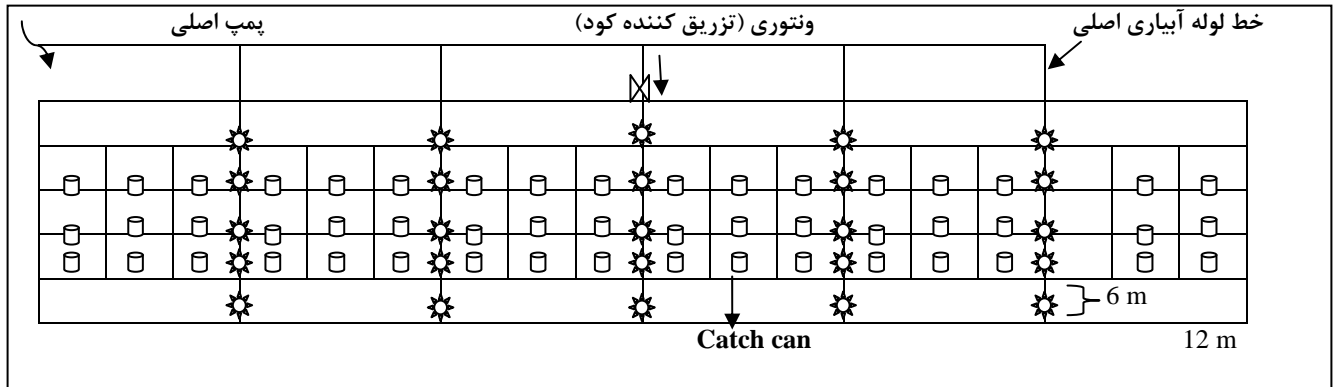
SAR	مجموع کاتیون‌ها	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	مجموع آنیون‌ها	SO ₄ ⁻	HBO ₃ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	EC	pH	سال
۰/۳۵	۴/۵	۰/۵	۴/۵	۰/۵	۴/۳	۱/۲	ناچیز	۰/۷	۲/۴	۰/۴۲	۷/۹	۸۴-۸۵
۰/۸۸	۵/۳	۳/۰	۰/۸	۱/۵	۴/۸	۱/۰	۰/۲	۱/۴	۲/۲	۰/۵۴	۸/۱	۸۵-۸۶
۰/۶۲	۵/۰	۱/۸	۲/۲	۱/۰	۴/۵	۱/۱	ناچیز	۱/۱	۲/۳	۰/۴۸	۸/۰	میانگین

جدول ۳- مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm ³)	بافت	میزان آب قابل استفاده	رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (PWP) (درصد وزنی)	رطوبت در نقطه ظرفیت مزرعه (FC)	عمق (cm)
۱/۵	سیلتی رسی لوم	۱۰	۱۱	۲۱	۰-۳۰

جدول ۴- تاریخ و دفعات آبیاری و تزریق کود در سال‌های زراعی ۸۶-۸۴

نوبت ششم	نوبت پنجم	نوبت چهارم	نوبت سوم	نوبت دوم	پس از کاشت (خاک آب)	نوبت‌های آبیاری
۸۵/۳/۸	۸۴/۲/۲۶	۸۴/۲/۱۶	۸۵/۲/۵	۸۴/۱/۲۱	۸۴/۸/۱۸	سال اول
۸۶/۳/۱۰	۸۵/۲/۲۹	۸۶/۲/۱۸	۸۶/۲/۷	۸۵/۱/۲۵	۸۵/۸/۲۲	سال دوم



شکل ۱- نقشه طرح و نحوه اجرای سیستم آبیاری بارانی و موقعیت تیمارها در طرح

شکل ۲- شدت پاشش آب در طرفین خط تزریق کود در سه تکرار آزمایش (اعداد بر حسب میلی لیتر در ساعت و فاصله ظروف از لوله و آبپاش ها به ترتیب ۳، ۶ و ۹ متر می باشند)

R1	۸/۸	۱۲/۷	۱۶/۸	*	۱۶/۳	۱۲	۹/۲
R2	۸/۵	۱۱	۱۵/۶	*	۱۶	۱۱/۷	۹
R3	۸/۷	۱۱/۸	۱۶/۵	*	۱۷	۱۳	۸/۳

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس دو ساله صفات مورد اندازه گیری در فاصله ۳ متری از خط تزریق

روى برگ	مگنيز برگ	آهن برگ	پتاسيم برگ	فسفر برگ	نیتروژن برگ	پروتئين دانه	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد کل	فاصله از خط تزریق (۳ متر)	واریانس اختلاف میانگین ها
۸/۰۳	۱۷/۲۱	۷/۷۱	-۰/۴۳	-۰/۰۵	-۰/۲۸	-۰/۸۹	۱/۰۳	۲۴۶	۱۰۵۰		واریانس اختلاف میانگین ها
۳/۲۸	۷/۰۲	۳/۱۵	-۰/۱۸	-۰/۰۲	-۰/۱۱	-۰/۳۶	-۰/۴۲	۱۰۰	۴۲۸		انحراف معیار اختلاف
۱/۲۲	۱/۴۲	-۰/۴۸	-۲/۲۵	-۰/۵۵	-۰/۱۶	۱/۷۰	۱/۹۸	۳/۶۵	-۱/۰۰		مقدار t
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵		درجه آزادی موثر
-۰/۲۷۷	-۰/۲۱۴	-۰/۶۵۴	-۰/۰۷۴	-۰/۶۰۸	-۰/۸۷۹	-۰/۱۵۰	-۰/۱۰۵	-۰/۰۱۵	-۰/۳۶۵		احتمال t
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		نتیجه فرضیه T

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس دو ساله صفات مورد اندازه گیری در فاصله ۶ متری از خط تزریق

۱۱/۵۱	۱۸/۶۷	۹/۵۴	-۰/۴۶	-۰/۰۴	-۰/۳۳	-۰/۹۸	-۰/۹۳	۵۵۰	۷۸۲		واریانس اختلاف میانگین ها
۴/۷۰	۷/۶۲	۳/۸۹	-۰/۱۹	-۰/۰۲	-۰/۱۴	-۰/۴۰	-۰/۳۸	۲۲۴	۳۱۹		انحراف معیار اختلاف
-۰/۴۳	-۰/۶۸	-۰/۴۷	-۰/۸۶	-۰/۸۰	-۱/۸۲	-۰/۲۵	-۰/۴۴	۱/۵۷	-۱/۰۶		مقدار t
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵		درجه آزادی موثر
-۰/۶۸۸	-۰/۵۲۸	-۰/۶۵۸	-۰/۱۲	-۰/۴۶	-۰/۱۲۹	-۰/۸۱	-۰/۶۷۹	-۰/۱۷۸	-۰/۳۳۶		احتمال t
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		نتیجه فرضیه T

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس دو ساله صفات مورد اندازه گیری در فاصله ۹ متری از خط تزریق

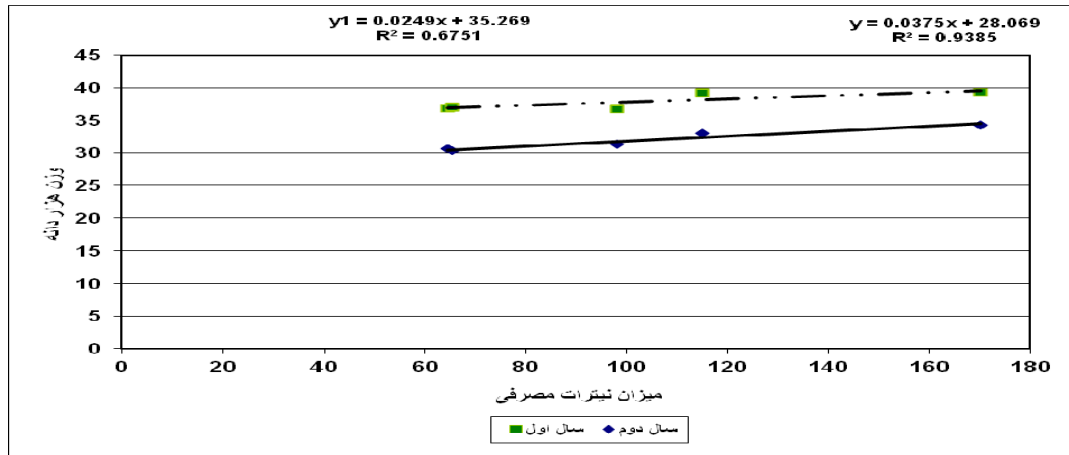
واریانس اختلاف میانگین‌ها	۱۲۳۰	۱۰۷۶	۱/۶۷	۱/۱۸	۰/۴۳	۰/۰۴	۰/۶۶	۹/۱۸	۹/۲۳	۱۰/۱۱
انحراف معیار اختلاف	۵۰۲	۴۳۹	۰/۶۸	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۲۳	۳/۷۷	۳/۷۵	۴/۱۳
مقدار t	۰/۱۹	-۰/۵۰	-۱/۴۶	-۳/۱۱	۰/۱۷	-۰/۷۶	-۰/۰۶	-۰/۹۳	۱/۱۱	۰/۶۹
درجه آزادی موثر	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
احتمال t	۰/۸۶	۰/۶۴	۰/۲۰	۰/۰۳	۰/۸۷	۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۵۲
نتیجه فرضیه T	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

جدول ۸- نتایج میانگین دو ساله تیمارهای مختلف بر پارامترهای مطالعه شده

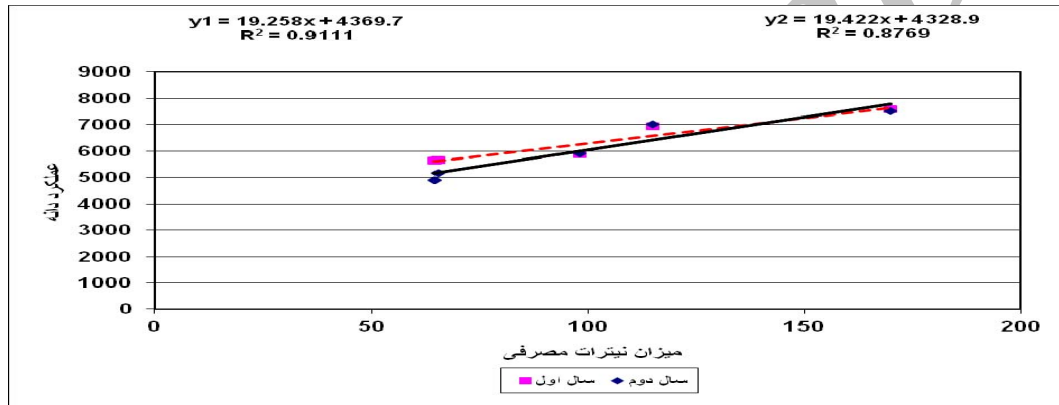
تکرار	تیمارها	فاصله از خط تزریق (m)	عملکرد کل (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (g)	وزن هزار دانه (g)	پروتئین دانه (%)	غلظت عناصر غذایی در برگ های پرچم (ug.g ⁻¹)					
							نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی
اول	کود	۳	۱۱۸۵۶	۷۷۶۱	۳۶/۳	۱۵/۴	۲/۷۸	۰/۳۳	۳/۰۳	۶۸	۳۸	۸/۴
	آبیاری		۱۳۵۵۹	۷۴۲۹	۳۶/۰	۱۴/۰	۲/۵۲	۰/۳۰	۲/۵۰	۶۳	۳۷	۸/۹
	مصرف خاکی		۱۳۲۳۲	۷۶۷۹	۳۶/۰	۱۴/۱	۲/۲۴	۰/۳۲	۲/۵۴	۴۶	۲۹	۶/۷
			۱۳۳۵۸	۷۷۸۶	۳۵	۱۳/۸	۲/۷۰	۰/۳۹	۲/۶۲	۴۱	۲۶	۷/۹
			۱۲۸۵۷	۷۲۸۶	۳۶	۱۳/۴	۲/۷۲	۰/۳۲	۲/۵۴	۵۳	۳۷	۸/۸
۱۱۷۱۵	۷۴۶۴	۳۸	۱۳/۶	۲/۷۲	۰/۳۳	۲/۶۴	۴۱	۳۴	۸/۱			
دوم	کود	۶	۱۱۵۷۲	۶۵۵۴	۳۵/۳	۱۳/۵	۲/۶۱	۰/۳۳	۳/۰۳	۶۱	۳۵	۸/۴
	آبیاری		۱۱۵۱۸	۷۳۲۲	۳۶/۰	۱۲/۹	۲/۴۵	۰/۳۵	۲/۵۳	۵۵	۳۲	۷/۹
	مصرف خاکی		۱۰۱۰۸	۶۸۲۲	۳۸/۳	۱۳/۰	۲/۱۵	۰/۳۰	۲/۵۳	۳۲	۲۴	۶/۹
			۱۲۰۰۰	۷۴۲۹	۳۵	۱۳/۶	۲/۵۲	۰/۳۷	۲/۴۸	۲۴	۲۳	۶/۵
			۱۲۲۸۶	۶۸۹۳	۳۵	۱۳/۲	۲/۶۴	۰/۳۲	۲/۴۳	۳۳	۲۷	۸/۸
۱۰۴۲۹	۷۳۵۷	۳۸	۱۳/۳	۲/۷۰	۰/۳۴	۲/۵۶	۴۲	۳۴	۷/۸			
سوم	کود	۹	۱۰۸۴۰	۶۲۸۶	۳۳/۵	۱۲/۵	۲/۰۵	۰/۳۴	۳/۰۲	۵۴	۳۲	۶/۹
	آبیاری		۱۰۳۲۲	۵۹۲۹	۳۴/۵	۱۱/۲	۲/۲۰	۰/۳۰	۲/۵۴	۲۶	۳۲	۷/۹
	مصرف خاکی		۱۰۰۷۳	۵۴۸۳	۳۴/۰	۱۱/۳	۲/۰۱	۰/۳۵	۲/۵۸	۱۶	۲۴	۶/۲
			۱۰۲۱۵	۶۳۳۲	۳۴	۱۳/۶	۲/۱۲	۰/۳۷	۲/۴۸	۲۲	۲۳	۶/۳
			۱۰۶۴۳	۵۶۴۳	۳۵	۱۳/۱	۲/۴۵	۰/۳۱	۲/۴۲	۲۸	۲۰	۷/۷
۱۰۱۹۱	۶۸۹۳	۳۷	۱۲/۷	۲/۶۴	۰/۳۵	۲/۴۲	۳۸	۳۲	۹/۹			

جدول ۹- مقایسه میانگین نتایج دو ساله تیمارهای کود آبیاری و مصرف خاکی

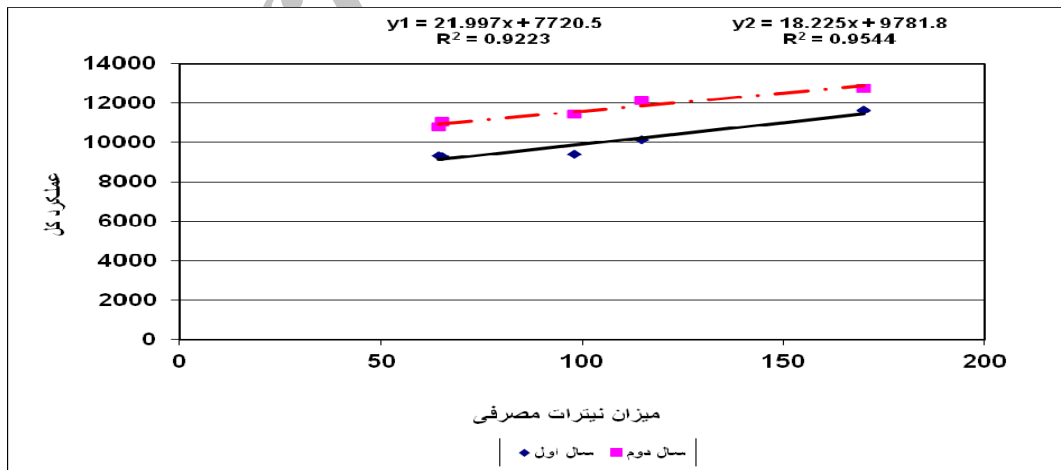
تیمارها	فاصله از خط تزریق (m)	عملکرد کل (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (g)	وزن هزار دانه (g)	پروتئین دانه (%)	غلظت عناصر غذایی در برگ های پرچم (ug.g ⁻¹)					
						نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی
کود آبیاری	۳	۱۲۸۸۲	۷۶۲۳	۳۶/۱	۱۴/۵	۲/۵۱	۰/۳۲	۳/۳۶	۳۲/۳	۵۹/۰	۳۴/۷
مصرف خاکی		۱۲۶۴۳	۷۵۱۹	۳۶/۳	۱۳/۶	۲/۷۱	۰/۳۱	۳/۶۰	۳۶/۰	۴۶/۳	۳۲/۳
کود آبیاری	۶	۱۱۰۶۶	۶۸۹۹	۳۶/۵	۱۳/۱	۲/۳۴	۰/۳۳	۳/۰۳	۲۸/۳	۵۰/۰	۳۰/۳
مصرف خاکی		۱۱۵۷۲	۷۲۲۶	۳۶	۱۳/۴	۲/۶۲	۰/۳۴	۳/۴۹	۳۳/۰	۴۲/۰	۲۸/۰
کود آبیاری	۹	۱۰۴۱۲	۵۸۹۹	۳۴/۰	۱۱/۷	۲/۱۲	۰/۳۳	۳/۰۵	۲۳/۰	۳۱/۷	۲۹/۳
مصرف خاکی		۱۰۳۵۰	۶۲۸۶	۳۵/۳	۱۳/۱	۲/۴۰	۰/۳۴	۳/۴۴	۲۹/۳	۳۷/۰	۲۵/۰



شکل ۳- رابطه بین میزان وزن هزار دانه با میزان نیترات آمونیوم مصرفی در کود آبیاری



شکل ۴- رابطه بین میزان عملکرد دانه با میزان نیترات آمونیوم مصرفی در کود آبیاری



شکل ۵- رابطه میزان عملکرد کل با میزان نیترات آمونیوم مصرفی در کود آبیاری

فهرست منابع:

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران، ۱۲۸ صفحه.
۲. علی‌احیایی، م. و بهبهانی زاده، ع. ا. ۱۳۷۳. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، جلد ۱، نشریه شماره ۸۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب تهران، ایران، ۱۲۸ صفحه.
۳. واعظی، ع. ر. ۱۳۷۹. اثر مصرف کودهای شیمیایی به روش کود آبیاری بر بازده مصرف کودها، کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت علوفه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
4. Engel, R. 1997. Response of oat to water and nitrogen. *Fertilizer facts*, 15:1-2.
5. Gheysari, M., Mirlatifi, S. M., Bannayan, M., Homae, M. and Hoogenboom, G. 2010. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. *Agricultural Water Management*. 97: 1411-1710.
6. Haefele, S. M., Jabba, S.M.A., Siopongco, J.D.L.C., Tirol-Padre, A., Amarante, S.T., StaCruz, P.C. and Cosico, W.C. 2008. Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crops Research*. 107: 137-146.
8. Hanks, R. J., J. Keller, V. P. Rasmussen and B. D. Wilson 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. *Soil sci. soci. Am. J.*, 40:426-429.
9. Hanks, R. J., D.V. Sisson, R. L. Hurst, and K.G. Hubbard. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line source sprinkler system. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:886-888.
10. Hill, R. W., R. Newhall A. brain and N. Sheridan. 2000. Grass pastures response to water and nitrogen. *Utah State University Extension, USA*.
11. Mose, S. B., Feil, B., Jampatong, S and Stamp, P. 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*. 81: 41-58.
13. Niazi, J., Fooladmand, H. R. Ahmadi, S. H. and Vaziri, J. 2005. "Water requirement and crop coefficient of wheat in Zarghan area Fars Province." *J. Sci. & Technol. Agric. & Nature. Resour.* 9(1): 1-8.
14. Papadopoulos, I. 1992. Fertigation of vegetables in plastic houses present situation and future prospects. *Acta Hort.*, 233, 151-179.
15. Paolo, E. D. and Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 105: 202-210.
- Randall, G. W., Wells, K. L. and Hanway, J. J. 1985. Modern techniques in fertilizer application. In: *fertilizer technology and use*, England, O.P., P.P., 521-556. *Soil Sci. Soci. Am. Inc. Madison, USA*.
17. Sidnu, A. and K. Sandnu 1992. Effect of method of urea application on barley. *J. Research Pungab Agricultural University*, 29:3:338-340.
18. 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. *J.Plant Nutrition*. 20 (4 &5): 461- 471.