نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره6، جلد 12، بهمن - اسفند 1397، ص. 1539-1529

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1529-1539

اثر متقابل آب و نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری

مهساسادات طباطبایی[1]، مهدی قیصری[2*]، جهانگیرعابدی کوپایی[3]، زهرا امیری[4]

تاریخ دریافت: 1397/3/13 تاریخ پذیرش: 1397/6/23

چکیده

مدیریت مصرف آب و کود نیتروژن در راستای افزایش بهره‌وری مصرف آب، افزایش تولید محصول و کاهش مخاطرات زیست محیطی در سیستم‌های نوین آبیاری ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی بر هم‌کنش آب و کود نیتروژنی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری بود. چهار سطح آبیاری شامل دو سطح کم آبیاری (W1=0/86 ETc و W2=0/93 ETc) و یک سطح آبیاری کامل (W3=1 ETc) و یک سطح بیش آبیاری (W4=1/06 ETc) و سه سطح کودی صفر(N0)، 150 (N150) و200 (N200) کیلوگرم نیتروژن در هکتار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. شاخص‌های مورد بررسی ارتفاع و قطر ساقه و شاخص سطح برگ و زیتوده اندام هوایی طی دوره رشد بودند. مدیریت آبیاری بر اساس محاسبه تبخیر - تعرق گیاه با استفاده از رابطه فائو پنمن - مانتیث و اندازه‌گیری رطوبت در عمق توسعه ریشه قبل از آبیاری انجام شد. نتایج نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری ($P < 0.05$) و نیتروژن ($P < 0.01$) بر زیتوده و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. کم‌ترین مقدار زیتوده در تیمار W1N0 برابر14537کیلوگرم بر هکتار و بیش‌ترین مقدار زیتوده در تیمار W4N200 برابر 27893 کیلوگرم بر هکتار مشاهده شد. کم‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری برابر 3/09 کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری W2 و بیش‌ترین مقدار برابر 3/57 کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری W4 رخ داد. بطورکلی افزایش مقدار نیتروژن مصرفی سبب افزایش زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری شد. نتایج نشان داد روش آبیاری قطره‌ای - نواری از طریق افزایش راندمان آبیاری وکاهش تبخیر از سطح خاک سبب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش میزان محصول تولیدی ذرت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کارآیی مصرف آب آبیاری، کم آبیاری، کود نیتروژنی، عملکرد زیتوده

مقدمه

با توجه به بحران کمبود آب در کشور و واقع شدن ایران در کمربند خشک کره زمین، برای تولید محصول و امنیت غذایی در کشور ضرورت دارد بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی افزایش پیدا کند. یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای - نواری است که می‌تواند موجب صرفه‌جویی مصرف آب، کاهش تلفات تبخیر، نفوذ عمقی و رواناب شود. براساس مطالعات انجام شده می‌توان از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای‌نواری در مناطق خشک و نیمه‌خشک با توزیع مناسب آب و راندمان بالا به عنوان یک راه حل مطمئن برای تولید محصول در شرایط کمبود آب استفاده کرد (Jalali and Rowell., 2003)، اما بدون مدیریت صحیح آب و کود نیتروژنه سیستم‌های آبیاری مکانیزه نمی‌توانند به تنهایی سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب شوند (Kiani et al., 2016).

کم آبیاری یک مدیریت آگاهانه برای افزایش بهره‌وری مصرف آب است، که در آن مدیریت آب کاربردی کم‌تر از نیاز آبی گیاه است. در این مدیریت به گیاه اجازه تجربه تنش‌های کم در زمان‌های غیرحساس دوره رشد را می‌دهند، و کمی کاهش عملکرد قابل پذیرش است (Costa et al., 2007 و Geerts and Raes., 2009). کم آبیاری ذرت و اثر آن بر شاخص‌های عملکرد ذرت در سیستم آبیاری بارانی (Gheysari et al., 2009)، سیستم ریشه ذرت (Liang et al., 2008 و Gheysari et al., 2015) و از طریق کاهش آب کاربردی در تمام دوره رشد گیاه و یا حذف یک یا چند آبیاری در طی دوره رشد گیاه ذرت (Farre and Faci., 2009) گزارش شده است. زمان کاکل دهی در مقایسه با مرحله پر شدن دانه (Farre and Faci., 2009)، مرحله رشد طولی ساقه در مقایسه با زمان جوانه‌زنی

1- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
2- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
3- استادگروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
4- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: gheysari@cc.iut.ac.ir

(Kang et al., 2003) از حساسیت بیش‌تری به کم آبیاری برخوردار است. اثر نوع مدیریت کم آبیاری بر ضریب حساسیت تنش آب ذرت نشان داد که عملکرد زیتوده ذرت به مدیریت کم آبیاری از طریق کاهش عمق آب کاربردی کم‌تر از کم آبیاری از طریق افزایش دور آبیاری می‌باشد (Gheysari et al., 2017).

کاهش عملکرد و کیفیت گیاه تحت تاثیر کمبود نیتروژن، یکی از مهم‌ترین عناصر در تغذیه گیاهان، گزارش شده است (Salvagiotti et al., 2009) اگر چه نیتروژن یک عنصر کلیدی است و نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان دارد، مدیریت نیتروژن تحت تاثیر مقدار آب کاربردی از مباحث مهم در راستای افزایش بهره‌وری مصرف نیتروژن و کاهش مخاطرات زیست محیطی است (Rodrigues et al., 2006). مقدار آب و نیتروژن مصرفی دو عامل مهم و تاثیرگذار بر زیتوده بوده و رابطه خطی آن‌ها گزارش شده است (رجبی و همکاران، 1386). اما در سیستم آبیاری بارانی رابطه عملکرد با آب کاربردی و مقدار نیتروژن خطی نبوده و مقدار کود نیتروژن مصرفی باید متناسب با آب کاربردی باشد (Gheysari et al., 2009).

استفاده متعادل از کود نیتروژن در زمان‌های حساس دوره رشد گیاه، علاوه بر حصول تولید محصول زیاد، منجر به کاهش تلفات کود نیتروژن می‌شود. پژوهش‌های گوناگونی توسط پژوهشگران در زمینه اثر متقابل سطوح مختلف آب و کود نیتروژن برای گیاهان مختلف نظیر آفتاب‌گردان در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری (Kiani et al., 2016)، ذرت در سیستم آبیاری بارانی (Gheysari et al., 2009 and 2015) و گندم زمستانه و ذرت (Kang et al., 2003) انجام گرفته است. اثر متقابل آب و نیتروژن بر عملکرد دانه و زیتوده ذرت در بافت خاک سیلتی رسی در منطقه کرمانشاه نشان داد، افزایش هم‌زمان آب و کود نیتروژنی سبب افزایش عملکرد ذرت می‌شود اما افزایش کود نیتروژنی در شرایط تنش آبی سبب کاهش عملکرد می‌گردد (قبادیان و همکاران، 1392). قبلا کاهش مصرف کود نیتروژنی متناسب با تنش آبی اعمال شده، گزارش شده است (Rimski et al., 2009). بنابراین برای هر سطح آب کاربردی یک سطح کود بهینه وجود دارد که متناسب با نوع سیستم آبیاری باید برای گیاه مشخص شود (Gheysari et al., 2009). استفاده از سطح بهینه آب و کود نیتروژن موجب افزایش بهره‌وری و کارآیی مصرف آب می‌گردد (حیدری‌پور و همکاران، 1390).

با توجه به وجود صنعت تولید شیر در استان اصفهان ذرت علوفه‌ای از مهم ترین گیاهان علوفه‌ای موردنیاز این صنعت است، به همین دلیل کشاورزان تمایل به کاشت آن پس از برداشت گندم و یا جو دارند. بنابراین ضرورت دارد راه‌کارهای مدیریتی افزایش بهره‌وری مصرف آب و نیتروژن برای تولید محصول ذرت علوفه‌ای با کم‌ترین میزان مصرف آب کاربردی و کم‌ترین مخاطرات زیست محیطی مورد بررسی قرارگیرد. با توجه به توسعه سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در کشت ذرت علوفه‌ای بررسی عوامل موثر مدیریتی در کشت محصول اهمیت دارد. هدف از انجام این پژوهش تعیین سطح بهینه آب و کود نیتروژن و بررسی عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای - نواری در خاک لوم‌رسی است.

مواد و روش‌ها

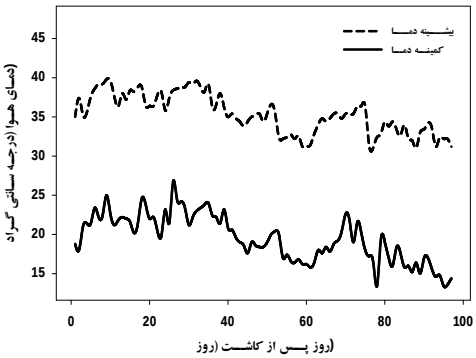
سایت آزمایشی

این پژوهش در سال 1395 با عملیات کشت به صورت مکانیزه برای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس 704 تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای - نواری در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع درمنطقه لورک نجف‌آباد (40 کیلومتری جنوب‌غربی شهر اصفهان) انجام گرفت. این منطقه در موقعیت جغرافیایی51 درجه و 32 دقیقه طول شرقی، 32 درجه و 32 دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع از سطح آب‌های آزاد در این منطقه 1630 متر است. طی 103 روز دوره رشد گیاه میانگین کمینه دمای روزانه 19/5 درجه سلسیوس و میانگین بیشینه دمای روزانه 35/35 درجه سلسیوس بود (شکل 1و2). بافت خاک مزرعه آزمایشی لوم‌رسی بود.

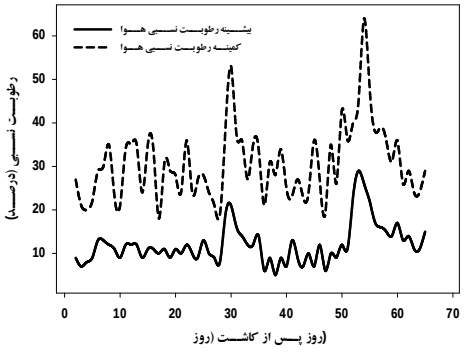
فاکتور اول چهار سطح آب آبیاری و فاکتور دوم سه سطح کود نیتروژن بود که طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در36 پلات با ابعاد 2/5 متر در 3/75 متر و کشت به صورت ردیفی با فاصله ردیف کشت 75 سانتی‌متر و در هر پلات 5 ردیف کشت به طول 2/5 متر اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل دو سطح تنش آبیاری، یک سطح آبیاری کامل و یک سطح بیش آبیاری و تیمارهای کودی شامل سطح کود بدون نیتروژن (تیمار شاهد)، سطح کود 150 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بودند.

مدیریت آبیاری

سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری برای مدیریت آبیاری استفاده شد. عمق آبیاری برای تیمار آبیاری کامل (W3) محاسبه گردید و سایر تیمارهای آبیاری، ضریبی از عمق آب تیمار آبیاری کامل را دریافت می‌کردند. ضرایب 0/8، 0/93، 1 و 1/06 به ترتیب برای سطوح آبیاری W1، W2، W3 و W4 استفاده شد. زمان آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) برابر 50 درصد آب قابل دسترس خاک در عمق توسعه ریشه گیاه در تیمار آبیاری کامل (W3) تعیین گردید (Allen et al., 1998). عمق آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد گنجایش زراعی (FC) برای تیمار آبیاری کامل محاسبه و اعمال گردید (Kiani et al., 2016). برای کنترل عمق آب آبیاری از کنتور حجمی که در مسیر جریان نصب شده بود، استفاده شد.



شکل 1- تغییرات کمینه و بیشینه دمای روزانه هوا نجف‌آباد از 5 تیرماه، نیمه اول سال1395



شکل 2- تغییرات کمینه و بیشینه رطوبت نسبی روزانه هوا نجف‌آباد از 5 تیرماه، نیمه اول سال 1395

دور آبیاری تابع میزان تخلیه رطوبت از نیم‌رخ خاک در تیمار آبیاری کامل بود، بنابراین دور آبیاری در طول فصل رشد یکسان نبود اما آبیاری تیمارهای مختلف آبیاری هم‌زمان انجام شد. عمق آب آبیاری (D_{irrig}) در تیمار آبیاری کامل به شرح زیر محاسبه شد. میزان رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (θ_{IR}) در تیمار آبیاری کامل (بر حسب درصد) با انتخاب $MAD = 50 \pm 2/5$ ٪ از رابطه‌ی 1و 2 محاسبه گردید (Kiani, et al., 2016).

$$\theta_{IR} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times MAD \quad (1)$$

$$D_{irrig} = (\theta_{FC} - \theta_{IR}) * Z_r \quad (2)$$

در اینجا θ_{FC} : رطوبت در حد گنجایش مزرعه برحسب درصد، θ_{PWP}: رطوبت در حد پژمردگی دایم بر حسب درصد، D_{irrig}: عمق آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل و Z_r: عمق توسعه ریشه (تا روز چهل و یکم 30 سانتی‌متر و پس از آن 50 سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. برای کنترل و تخمین زمان آبیاری تبخیر - تعرق روزانه گیاه محاسبه شد و پس از هر آبیاری مقدار تجمعی ET_C محاسبه گردید، زمانی که مقدار تجمعی ET_C پس از هر آبیاری (ΣET_C) به عمق مجاز تخلیه رطوبت از خاک ($D_{MAD50\%}$) که با استفاده از رابطه 3 محاسبه شد، رسید ($\Sigma ET_C \cong D_{MAD50\%}$)، آبیاری بعدی انجام شد. تبخیر - تعرق مرجع روزانه با استفاده از معادله فائو – پنمن - مانتیث (FPM) و داده‌های به‌هنگام هواشناسی ایستگاه نجف‌آباد محاسبه گردید. برای اطمینان از صحت اجرای برنامه آبیاری با روش نمونه-گیری وزنی قبل از آبیاری، وضعیت رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل بررسی شد.

$$D_{MAD50\%} = (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) * MAD * Z_r \quad (3)$$

مدیریت کود نیتروژن

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و پیش از کاشت در زمین عملیات پخش کود صورت گرفت، 250 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و 250 کیلوگرم در هکتار کود پتاس استفاده شد. در طول فصل کشت کود نیتروژن از منبع کودی اوره با 46 درصد نیتروژن در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری به صورت تقسیط برای هر تیمار به گیاه داده شد. تیمارهای کود نیتروژن شامل تیمار کود شاهد (N0) که بدون مصرف کود نیتروژن، تیمارکود (N1) که کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار (N2) که کاربرد 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. درمرحله 12 برگی گیاه 50 درصد، در مرحله 18 برگی 35 درصد و در مرحله تاسل‌دهی 15 درصد از کود نیتروژن هر تیمار به گیاه به صورت تزریق در سیستم آبیاری (کود - آبیاری) داده شد.

شاخص‌های اندازه‌گیری

به منظور کنترل مقدار و زمان آبیاری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری به روش وزنی اندازه‌گیری شد. داده‌های رطوبت در نیم‌رخ خاک در چهار محل از طریق لوله‌های دسترسی که در فاصله 15 سانتی‌متری از ردیف گیاه نصب شده بودند با استفاده از پروب دستگاه PR2 (مدل Um-4.0 Delta-T Device Ltd) اندازه‌گیری شد. قبل از کاشت نمونه خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکی و تعیین نیتروژن اولیه اندازه گیری شد. در ابتدای دوره قبل از کاشت از هشت نقطه مزرعه تا عمق 60 سانتی‌متر نمونه خاک برای تعیین مقدار نیتروژن اولیه خاک تهیه شد. مقدار نیتروژن اولیه خاک بطور متوسط 35±50 کیلوگرم درهکتار برای50 سانتی‌متری عمق توسعه ریشه بود. هم‌چنین غلظت نیترات آب آبیاری در سه مرحله طی دوره رشد اندازه-گیری شد. غلظت نیترات در آب آبیاری بطور متوسط 30 میلی‌گرم در

لیتر بود، با توجه به حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری مقدار نیتروژن وارد شده به خاک از طریق آب آبیاری در تیمارهای آبیاری W1، W2، W3 و W4 به ترتیب 35، 38، 41 و 44 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بنابراین در این تحقیق سطوح بدون مصرف کود نیتروژن در تیمار با تنش شدید و بیش آبیاری به ترتیب بطور متوسط بین 35±85 تا 35±99 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دسترس داشت. نکته قابل توجه در این پژوهش انحراف معیار زیاد در نیتروژن باقی‌مانده خاک بین تکرارهای مختلف است، این موضوع به غیرهمگن بودن خاک از نظر نیتروژن-نیتراتی در شرایط اولیه ارتباط دارد.

پارامترهای برداشت محصول شامل طول ساقه، شاخص سطح برگ و عملکرد گیاه بودند. طی دوره رشد در چهار مرحله نمونه‌های گیاهی جهت تعیین وزن زیتوده و هم‌چنین در مرحله نهایی برای اندازه‌گیری نیتروژن برداشت شده توسط گیاه تهیه شدند. اولین نمونه گیاهی 37 روز پس از کاشت و نمونه‌های بعدی در زمان‌های 52 و 68 روز پس از کاشت و آخرین نمونه‌گیری برداشت علوفه‌ای بود. نمونه‌های گیاهی جهت تعیین زیتوده به مدت 72 ساعت در آون با دمای 75 درجه سلسیوس قرار داده شدند.

در طی دوره رشد، سطح برگ و ارتفاع گیاه در سه مرحله اندازه-گیری شد. اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله 12 برگی، 18 برگی و تاسل دهی از تمامی پلات‌ها انجام شد. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل WINAREA-UT-11) و اندازه‌گیری عریض‌ترین مقطع برگ و طول برگ استفاده شد. ضریب اصلاحی برای تعیین سطح برگ در مراحل رشد گیاه و در تیمارهای مختلف بین 0/7 تا 0/75 بدست آمد. از این نسبت برای تعیین سطح برگ ذرت در سایر بوته‌ها استفاده شد، بطوری که برای اندازه‌گیری سطح برگ، طول در بیش‌ترین عرض برگ ضرب شده و سپس در ضریب مذکور ضرب شد.

تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

آب کاربردی و تبخیر - تعرق

مقدار تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه شده با استفاده از داده‌های هواشناسی نجف‌آباد و معادله فائو پنمن مانتیث (FPM) (Allen et al., 1998) طی دوره رشد 103 روزه گیاه ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه 726/2 میلی‌متر بود. با استفاده از ضرایب گیاهی (Kc) ارایه شده توسط (قیصری و همکاران 1385) و ET_0 محاسبه شده با استفاده از روش FPM مقدار تبخیر - تعرق گیاه ذرت (ET_C) طی دوره رشد 103 روزه 631 میلی‌متر تعیین شد. مقدار آب کاربردی (عمق ناخالص) برای تیمارهای آبیاری تنش شدید، تنش ملایم، آبیاری کامل و بیش آبیاری به ترتیب برابر 585، 633، 678 و 719 میلی‌متر بودند. هم‌چنین در طی انجام پژوهش هیچ بارندگی رخ نداد. با توجه به کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی در دو آبیاری اول و دوم (روز اول و دوم) 58 میلی‌متر آب آبیاری به منظور جبران کمبود آب خاک تا حد FC انجام شد. بنابراین حدود 30 میلی‌متر آب آبیاری داده شده در تمام تیمارها برای جبران کمبود آب خاک تا رطوبت حد آستانه (MAD=50%) در عمق 50 سانتی‌متری بود. تعداد آبیاری در طی دوره رشد 34 بود، که 15 آبیاری تا 21 روز پس از کاشت بدون لحاظ نمودن تیمار آبیاری انجام و مابقی با اعمال سطوح آبی انجام شد. غلظت نیترات در آب آبیاری 30 میلی‌گرم در لیتر بود که با توجه به مقدار آب کاربردی در تیمارهای W1، W2، W3 و W4 به ترتیب 35، 38، 41 و 44 کیلوگرم در هکتار نیتروژن وارد خاک کرد.

بررسی آماری شاخص‌های گیاهی و کارآیی مصرف آب

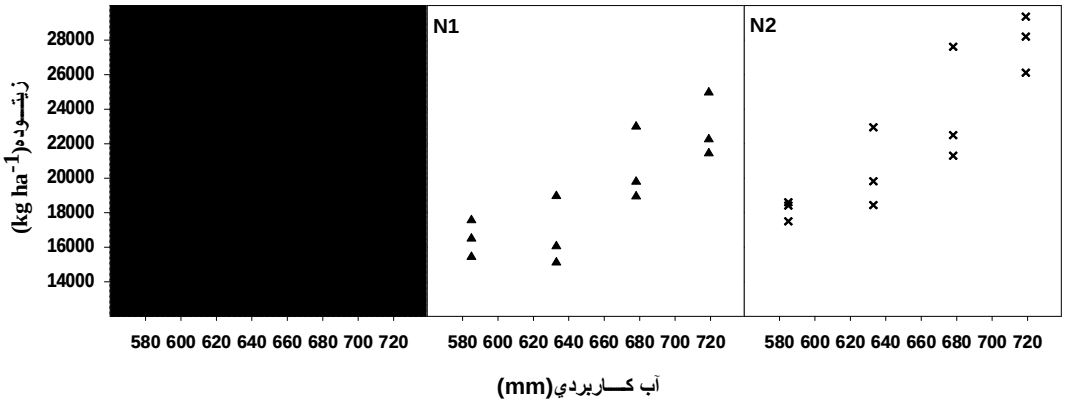
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای با سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد. ولی این اثر بر شاخص سطح برگ بیشینه معنی‌دار نشد. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. برهم کنش آبیاری و کود نیتروژن برای هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول 1).

به طور کلی افزایش آب کاربردی تا سطح آبیاری W4 سبب افزایش زیتوده در زمان برداشت علوفه‌ای شد (شکل 3). زیتوده بین تیمارهای بیش آبیاری و آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری داشتند، هم-چنین مقدار زیتوده تیمارهای W3 و W4 با دو سطح کم آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش نیتروژن مصرفی از N0 تا N2، میزان زیتوده افزایش یافت. براساس نتایج مقایسه میانگین برای تمام سطوح کود نیتروژن بیش‌ترین میزان زیتوده برای تیمار آبیاری W4، برابر 23641 کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. مشاهده بیش‌ترین زیتوده در تیمار بیش آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در تحقیقات (Kiani, et al., 2016) نیز گزارش شده است. هم‌چنین بر اساس مقایسه میانگین برای تمام سطوح آبیاری بیش‌ترین مقدار زیتوده مربوط به تیمار کودی N2 برابر 22170 کیلوگرم در هکتار بود.

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری، کود نیتروژنی و اثر متقابل آب و کود نیتروژنی بر زیتوده (TB) و کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) و شاخص سطح برگ بیشینه (LAI_X) در ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای

		میانگین مربعات		
منابع تغییر	درجه آزادی	TB	IWUE	LAI_X
بلوک	2	^{ns}4/35	^{ns}0/52	^{ns}0/52
آبیاری	3	*86/81	*0/36	^{ns}0/36
خطای الف	6	6/51	0/50	0/50
نیتروژن	2	**83/16	**2/67	^{ns}2/67
خطای ب	4	2/30	0/10	0/10
آبیاری × نیتروژن	6	^{ns}2/86	^{ns}0/093	^{ns}0/093
خطای ج	12	2/13	0/081	0/13
درصد ضریب تغییرات	-	7/44	8/48	7/27

*و ** به ترتیب بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطوح آماری 5 و 1 درصد و ns بیان‌گر عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.



شکل 3- روند تغییرات عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب کاربردی در سه تیمار کودی صفر، 150 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار

افزایش آب آبیاری به میزان 6 درصد نسبت به آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد به میزان 12 درصد شد. از طرفی کاهش آب آبیاری به میزان 7 و 14 درصد نسبت به آبیاری کامل موجب کاهش عملکرد به میزان 17 و 22 درصد شد. همان‌طور که مشاهده شد تغییرات عملکرد تحت تاثیر افزایش و یا کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل یکسان نیست. بطوری‌که به ازای یک درصد مشخص کاهش آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل شدت کاهش عملکرد بیش‌تر از افزایش عملکرد به ازای افزایش همان مقدار آب می‌باشد. بنابراین کم آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری با محدودیت پیاز رطوبتی گزینه مطلوبی نیست و در صورت نیاز به کم آبیاری باید با دقت زیادی انجام شود. مولایی و همکاران (1393) در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری روی سیب‌زمینی نشان دادند 16 درصد کاهش آب آبیاری سبب 58 کاهش عملکرد محصول در واحد سطح نسبت به آبیاری بارانی شده است.

اگرچه IWUE بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشتند، بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری (3/57 کیلوگرم بر مترمکعب) در سطح آبیاری W4 مشاهده شد. روند تغییرات کارآیی مصرف آب آبیاری این‌گونه بود که در سطح آبیاری W4 بیش‌ترین مقدار و سپس با کاهش آب آبیاری تا سطح W2 کارآیی مصرف آب آبیاری کاهش یافت، پس از آن با کاهش مصرف آب آبیاری تا سطح W1 میزان کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش یافت. کم‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری در تیمار کم آبیاری ملایم (W2) برابر با 3/09 کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. با افزایش نیتروژن مصرفی از N0 تا N2 شاخص کارآیی مصرف آب آبیاری از 2/88 به 3/86 کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت (جدول2). براساس نتایج مقایسه میانگین برای تمام سطوح کود نیتروژن بیش‌ترین کارآیی مصرف آب

آبیاری برای مدیریت آبیاری W4، 3/57 کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. هم‌چنین براساس مقایسه میانگین برای تمام سطوح مدیریت آبیاری بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار کودی N2 با مقدار 3/86 کیلوگرم بر مترمکعب بود.

جدول 2- مقایسه میانگین سطوح مختلف آب و کود نیتروژن برای شاخص‌های زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت در مرحله رسیدگی، رقم سینگل کراس 704

تیمارها		TB (kg/ha)	IWUE (kg/m^3)
سطوح آبیاری	W1	[c]16403	[b]3/3
	W2	[c]17484	[c]3/1
	W3	[b]21087	[a]3/5
	W4	[a]23641	[a]3/57
سطوح نیتروژن	N0	[c]17225	[c]2/88
	N1	[b]19161	[b]3/34
	N2	[a]22170	[a]3/86

برای هر فاکتور آبیاری و کود نیتروژن به طور جداگانه، دو میانگین که حداقل در یک حرف مشترک می‌باشد، در سطح احتمال 5 درصد مطابق آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقدار عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای سینگل کراس 704 تحت تاثیر چهار سطح مختلف آب (تنش شدید تا بیش آبیاری) و سه سطح کود نیتروژنی (صفر تا 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بین 11734 تا 19899 کیلوگرم در هکتار تحت سیستم آبیاری بارانی برای منطقه نیمه‌خشک ایران گزارش شده است (Gheysari et al., 2009). در تحقیق مذکور برای عملکردهای گزارش شده مقدار آب کاربردی به ترتیب 764 تا 1026 میلی‌متر بود. در صورتی‌که تحت سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در این پژوهش عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای سینگل کراس 704 بین 16403 تا 23640 کیلوگرم در هکتار و مقادیر آب کاربردی (عمق ناخالص) متناظر آن 585 تا 719 میلی‌متر بود.

در تحقیقات گذشته میزان کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در دامنه وسیعی گزارش شده است. تغییرات کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای بین 1/02 تا 2/43 و 4/27 تا 8/64 کیلوگرم بر مترمکعب در سطوح مختلف آبیاری برای ذرت علوفه‌ای گزارش شده است (Gheysari et al., 2015). دامنه وسیع تغییرات به دلیل تفاوت در نوع مدیریت آبیاری و کود نیتروژنی و هم‌چنین نزولات جوی می‌باشد. زیرا در برخی مطالعات مقدار آبی که از باران برای گیاه تامین شده است را در محاسبه کارآیی مصرف آب آبیاری وارد نکرده‌اند.

نتایج سایر تحقیقات نشان داد با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری بر هیبریدهای زودرس ذرت، کارآیی مصرف آب بین رژیم‌های آبیاری معنی‌دار بود. آن‌ها علت اصلی را به کاهش مقدار آب آبیاری در شیوه آبیاری نسبت دادند (Ahmadi et al., 2013). کریمی و همکاران (2009) نیز نشان دادند اگرچه کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کل، بلال و اجزای عملکرد ذرت نسبت به آبیاری کامل شد، اما بهره‌وری آب در این حالت به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Karimi et al., 2009).

ارتفاع و قطر ساقه ذرت

صفات ارتفاع و قطر ساقه در چهار مرحله از رشد گیاه اندازه‌گیری شدند. به طور کلی ارتفاع و قطر ساقه گیاه ذرت در همه سطوح آبیاری و کود نیتروژن، تا پایان دوره رشد رویشی (مرحله سوم اندازه-گیری) با شیب زیادی افزایش یافت. ارتفاع ساقه پس از آن ثابت یا با شیب ملایم افزایش یافته است (شکل‌های4 و 5).

کم‌ترین (176 سانتی‌متر) و بیش‌ترین (205سانتی‌متر) ارتفاع گیاه به ترتیب در تیمارهای آبی W1N0 و W4N2 در مرحله تاسل دهی مشاهده شد. در سطح آبیاری کامل متوسط ارتفاع ذرت در مرحله تاسل در تیمارهای N0، N1 و N2 به ترتیب 228، 237/9 و 237/2 سانتی‌متر بود. در تیمارکودیN1 بیش‌ترین ارتفاع گیاه در سطح آبی W4 برابر250 سانتی‌متر بود. حداکثر طول ساقه مشاهده شده در این تحقیق (250/5 سانتی‌متر) با مقدار گزارش شده توسط سایر محققان، که در محدوده 240 تا 250 سانتی‌متر گزارش شده است، تطبیق دارد (Gheysari et al., 2009).

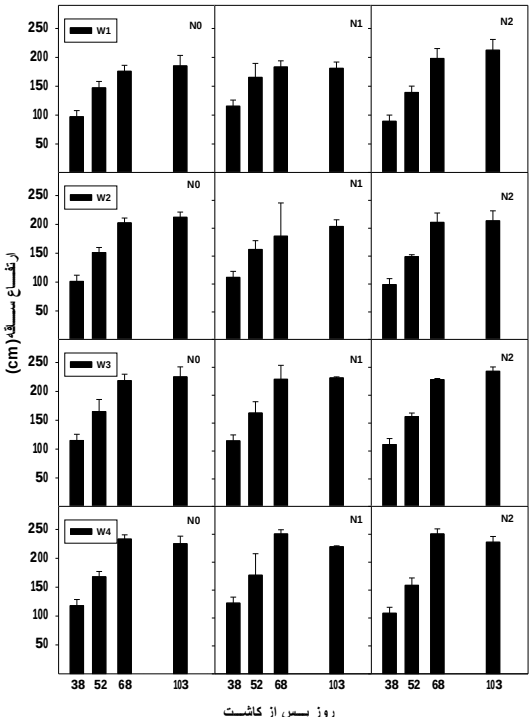
کریمی و همکاران (1388) بررسی کردند کم آبیاری تاثیر معنی-داری در سطح یک درصد روی ارتفاع بوته‌های ذرت داشت. بوته‌هایی که در شرایط بدون آبیاری رشد کردند، در مقایسه با سایر تیمارها، ارتفاع کم‌تری داشتند. مطالعات متعددی کاهش ارتفاع بوته ذرت را در اثر کاهش مقدار آب موردنیاز گزارش کرده‌اند (Traore et al., 2000 و Gavloski et al., 1992).

روند تغییرات قطر ساقه در طی دوره رشد به غیر از مرحله آخر

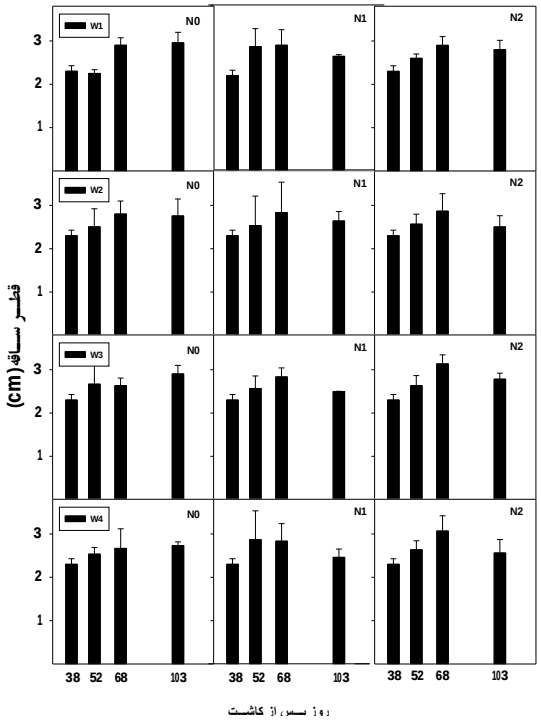
نمونه‌گیری (مرحله خمیری) افزایشی بود. قطر ساقه در سومین مرحله رشد (68 روز پس از کاشت) بیش‌ترین مقدار خود را داشت و پس از آن در مرحله آخر کمی کاهش پیدا کرد. سطوح مختلف کود نیتروژنی تاثیر مشخصی بر قطر ساقه نداشت که شاید بتوان دلیل آن را به مقدار نیتروژن اولیه خاک و نیترات موجود در آب آبیاری ارتباط داد. زیرا طبق محاسبات بیلان نیتروژن، مقدار نیتروژن اولیه خاک در عمق توسعه ریشه و نیتروژن اضافه شده از طریق آبیاری در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنی برای سطوح مختلف آب کاربردی بین 85 تا 99 کیلوگرم در هکتار متغیر بود.

اثر متقابل آب و کود نیتروژنی بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت

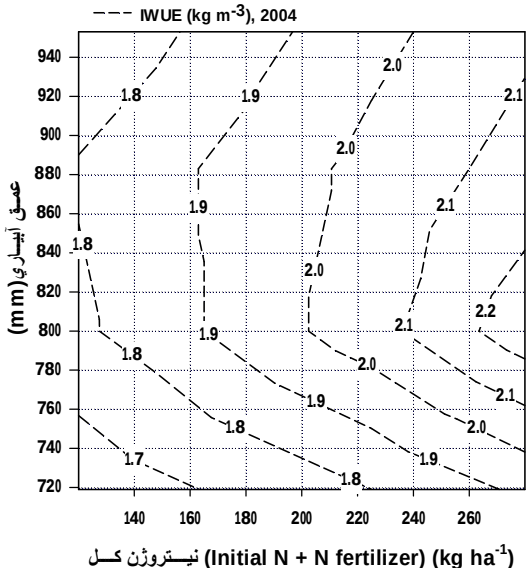
اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. کارآیی مصرف آب آبیاری زیتوده خشک ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در تیمار آبیاری کامل با سطح کافی نیتروژن 4/3 کیلوگرم بر مترمکعب بود. خطوط هم عملکرد زیتوده کل اندام هوایی در برداشت علوفه‌ای و کارآیی مصرف آب تحت تاثیر اثر متقابل آب و کود نیتروژن روی ذرت سینگل کراس 704 در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری نشان داده شده است (شکل 6 و 7). همان‌طور که مشاهده شد میزان عملکرد در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری با توجه به میزان کود مصرف شده در این پژوهش بین 15000 تا 27000 کیلوگرم برهکتار و کارآیی مصرف آب آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری بین 2/8 تا 4/2 کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. شیب هر خط هم میزان، مقدار زیتوده و کارآیی مصرف آب را با توجه به آب آبیاری نسبت به نیتروژن مصرف شده نشان می‌دهد. با افزایش شیب در خطوط هم میزان، مقدار زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش می‌یابد. به طور مثال در این پژوهش برای مقدار آب آبیاری 700 میلی‌متر و کود نیتروژن 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان عملکرد برابر 21000 کیلوگرم بر هکتار و مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری حدود 3 کیلوگرم بر مترمکعب است (شکل 6 و 7).



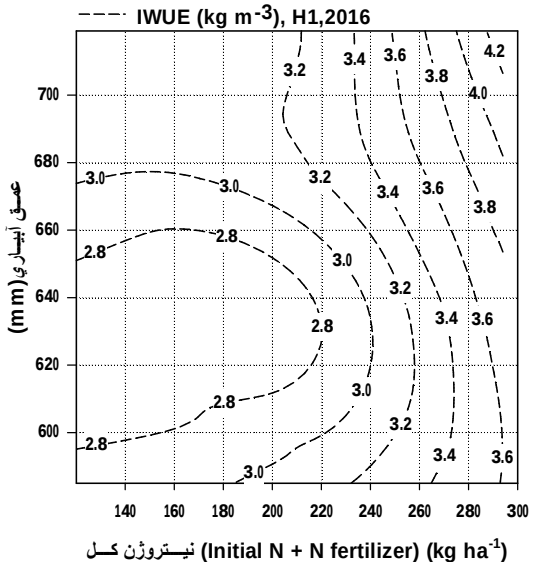
شکل 4- تغییرات ارتفاع ساقه گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس 704 طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی



شکل 5 - تغییرات قطر ساقه گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس 704 طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی



شکل 6- اثر متقابل آب کاربردی و کل کود نیتروژنی بر عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری



شکل 7- اثر متقابل آب کاربردی و کل کود نیتروژنی بر کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری

کم‌ترین فاصله خطوط هم عملکرد در راستای خط 1:1 می‌باشد (شکل 6)، یا به عبارتی با فاصله گرفتن از خط 1:1 فاصله خطوط هم عملکرد بیش‌تر می‌شود، این موضوع نشان می‌دهد که برای هر سطح آب کاربردی یک سطح بهینه‌ای از کود نیتروژن وجود دارد که در آن سطح بیش‌ترین عملکرد زیتوده رخ می‌دهد. به طوری‌که با افزایش آب کاربردی مقدار کود نیتروژنی موردنیاز نیز افزایش می‌یابد.

در عمق آب کاربردی 640 میلی‌متر فاصله خطوط هم‌میزان برای IWUE کم‌ترین مقدار می‌باشد، یعنی در این سطح آب کاربردی با افزایش یک مقدار مشخص کود نیتروژن بهره‌وری مصرف آب آبیاری بیش‌تر از سایر سطوح آب کاربردی (مقادیر آب کاربردی کم‌تر و بیش‌تر از 640 میلی‌متر) افزایش می‌یابد (شکل 7). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در این شرایط آزمایش بیش‌ترین بهره‌وری مصرف نیتروژن در سطح آب کاربردی 640 میلی‌متر می‌باشد. براساس عملکرد، سطح بهینه کل نیتروژن (نیتروژن اولیه خاک، نیتروژن برداشت شده توسط گیاه، نیتروژن باقی‌مانده در خاک) 295 و 250 کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای سطوح آبیاری 700 و 660 میلی‌متر است و براساس IWUE سطح بهینه کود نیتروژن 260 کیلوگرم در هکتار برای سطح آب 660 میلی‌متر و 250 کیلوگرم در هکتار برای سطح آب 640 میلی‌متر بود.

با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش یافته هرچند کارآیی مصرف آب آبیاری برای سطوح نیتروژن بین 120 تا 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مقدار کل نیتروژن ضروری را برای تولید بهینه محصول در منطقه مدیترانه‌ای 268 کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش شده است (Bilbao et al., 2004). هم‌چنین در سیستم آبیاری قطره‌ای با وجود این‌که کارآیی مصرف آب آبیاری بیش‌تر است کود کم‌تری مصرف شده که باعث کاهش اثرات زیان‌آور محیطی می‌شود و نشان دهنده افزایش کارآیی مصرف کود در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در مقادیر متوسط کود نیتروژن نسبت به سیستم‌های دیگر است (طریق السلامی و همکاران، 1396).

نتیجه‌گیری

مقدار آب کاربردی برای تیمارهای کم آبیاری شدید، ملایم، آبیاری کامل و بیش آبیاری به ترتیب برابر 585، 633، 678 و 719 میلی‌متر بود. مقدار تبخیر - تعرق واقعی گیاه در تیمارهای مذکور به ترتیب برابر 549، 591، 630 و 665 میلی‌متر بدست آمد. به طور کلی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای با سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. افزایش آب آبیاری به میزان 6 درصد نسبت به آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد به میزان 12 درصد شد. کاهش آب آبیاری به میزان 7 و 14 درصد نسبت به آبیاری کامل موجب کاهش عملکرد به میزان 17 و 22 درصد شد. سطح بهینه نیتروژن بر اساس عملکرد محصول در سطح آب کاربردی 700 و 660 میلی‌متر برابر 295 و 250 کیلوگرم

در هکتار بود و سطح بهینه کود نیتروژن براساس IWUE برای سطوح آب کاربردی متناظر 280 و 260 کیلوگرم در هکتار بود. برای هر سطح آب کاربردی سطحی از کود نیتروژن وجود دارد که بیش‌ترین تولید زیتوده خشک و کارآیی مصرف کود نیتروژن را دارد، بطوری‌که با افزایش و یا کاهش کود نیتروژنی بهره‌وری مصرف کود نیتروژون کاهش یافت.

منابع

حیدری‌پور،ر.، نصرتی محلاتی،م.، کوچکی،ع.، زارع فیض‌آبادی،ا. 1393. اثرات سطوح آب و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف و بهره‌وری آب در سه گیاه ذرت(Zea mays L.)، چغندرقند (Beta vulgaris L.) و کنجد (Sesamum indicum L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. 6: 187-198

رجبی الف.،ه. گریفیتس،و.، وبر،ا. 1386. رابطه ایزوتوپ های پایدار کربن با کارایی مصرف آب در چغندرقند در شرایط تنش و بدون تنش خشکی چغندر قند. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. 23 .1 :1-12

طریق السلامی،م.، کافی،م.، نظامی،ا.، ضرغامی،ر. 1396. تاثیر محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک بر تخفیف اثرات تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد و صفات زراعی در ذرت. نشریه تنش‌های محیطی در محیط علوم زراعی. 10. 4: 615-625

قبادیان،ر.، شیرخانی،ع.، جلیلیان،ع. 1394. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژنی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (Sc 704). نشریه زراعت، 106: 79-87.

قیصری،م. 1385. تاثیر کود - آبیاری ذرت با روش آبیاری بارانی بر روی آبشویی نیترات تحت سطوح مختلف کود و آب کاربردی. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

کریمی،م.، اصفهانی،م.، بیگلویی،م.ح.، ربیعی،ب.،کافی قاسمی،ع. 1388. تاثیر کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی.2. :91-110

کیانی،م.، قیصری،م.، مصطفی‌زاده‌فرد،ب.، مجیدی،م.م.، لندی،ا. 1393.تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی روزانه دو واریته آفتاب‌گردان یوروفلور و سیرنا تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای - نواری. مجله علوم آب و خاک. 18. 67: 300-289

مولایی،ب.، قیصری،م.، مصطفی زاده فرد،ب.، مجیدی،م.م.، لندی،ا. 1393. بررسی عملکرد و ویژگی‌های آن برای دو رقم سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای- نواری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. 19. 71: 241-251.

Allen,R.G., Pereira,L.S., Raes,D and Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and drainage paper 56, Rome, Italy. 300 pp.

Ahmadi,J.H., Zieinal,M., Rostami,A., Chogun,R. 2013. Study of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. Iranian Journal of Agricultural Science. 31: 891-907.

Bilbao,M., Martinez,J.J and Delgado,A. 2004. Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in a Mediterranean climate. Agronomy Journal. 96.1: 18-25.

Costa,J.M., Ortuño,M.F and Chaves,M.M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. Journal of Integrative Plant Biology. 49.10: 1421–1434.

Farré,I and Faci,J.M. 2006. Comparative response of maize (Zea mays L.) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 83.1-2: 135–143.

Farre,I and Faci,J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 96.3: 383-394.

Gavloski,J.E., Whitfield,G.H and Ellis,C.R. 1992. Effect of restricted watering on sap flow and growth in corn (Zea mays L.). Canadian Journal of Plant Science. 72.2: 361–368.

Geerts,S and Raes,D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management. 96.9: 1275–1284.

Gheysari,M., Loescher,H.W., Sadeghi,S.H. Mirlatifi,S.M., Zareian,M.J and Hoogenboom,G. 2015. Water-Yield Relations and Water Use Efficiency of Maize Under Nitrogen Fertigation for semiarid Environments: Experiment and Synthesis. In: Sparks, D.L. (Ed.). Advance Agronomy. 130: 175–229.

Gheysari,M., Mirlatifi, Bannayan,S.M., Homaee,M and Hoogenboom,G. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize growth for silage. Agricultural Water Management. 96: 809-821.

Gheysari,M., Mirlatifi,S.M., Homaee,M. Asadi,M.E and Hoogenboom,G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management. 96.6: 946-954.

Gheysari,M., Sadeghi,S.H., Loescher,H.W., Amiri,S., Zareian,M.J., Majidi,M.M., Asgarinia,P and Payero,J.O. 2017. Comparison of deficit irrigation

induced by re-watering after draught stress. Journal North Science Technology. 36: 58-64.

Rimski-Korsakov,H., Rubio,G and Lavado,R.S. 2009. Effect of water stress in maize crop production and nitrogen fertilizer fate. Journal of Plant Nutrition. 32.4: 565-578.

Rodrigues,M.A., Pereira,A., Cabanas,J.E., Dias,L., Pires,J and Arrobas,M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy. 25: 328-335.

Salvagiotti,F., Castellarín,J.M., Miralles,D.J and Pedrol, H.M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research. 113: 170-177.

Traore,S.B., Carlson,R.E., Pilcher,C.D and Rice,M.E. 2000. Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. Agronomy journal. 92:1027 1035.

management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. Agricultural Water Management. 182: 126-138.

Jalali,M and Rowell,D.L. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Experimental agricultural. 39.4: 379-394.

Kang,S., Gu,B., Du,T and Zhang,J. 2003. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. Agricultural Water Management. 59.3: 239-254.

Kiani,M., Gheysari,M., Mostafazadeh-Fard,B., Majidi, M.M., Karchani,K and Hoogenboom,G. 2016. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. Agricultural Water Management. 171: 162-172.

Liang,A.H., Ma,F.Y., Liang,Z.S and Mu,Z.X. 2008. Studies on the physiological mechanism of functional compensation effect in maze root system

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1529-1539

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره6، جلد 12، بهمن - اسفند 1397، ص. 1539-1529

Interaction of Water and Nitrogen on Yield and Irrigation Water Use Efficiency of Corn (Zea of mays) under Drip-Tape Irrigation Management

M.S. Tabatabaei[1], M. Gheysari[2]*, J. Abedi Koupai[3] , Z. Amiri[4]

Recived: Jun.03, 2018 Accepted: Sep.14, 2018

Abstract

Water and nitrogen fertilizer management is essential for increasing water productivity, increasing product production and reducing environmental hazards in modern irrigation systems. The aim of this study was to investigate the interaction of water and nitrogen fertilizer on total biomass (TB) and irrigation water use efficiency (IWUE) of silage maize under drip-tape irrigation system. Four irrigation levels, including two deficit irrigation levels (W1=0.86ETc, W2=0.93ETc), a full irrigation level (W3=ETc), and an over irrigation level (W4=1.06ETc) and three nitrogen fertilizer levels, including no nitrogen fertilizer (N0), 150 kg N ha^{-1} (N150), and 200 kg N ha^{-1} (N200) were considered. The twelve experimental treatments arranged in a strip-plot design with complete randomized blocks with three replicates. The studied indices were stem height and diameter and total biomass during growth period. Irrigation management was performed, based on the calculation of corn evapotranspiration by using FAO-Penman Monteith (FPM) equation and soil moisture measurement in the root depth before each irrigation. The result showed that there was a significant effect of irrigation on total biomass and IWUE ($P < 0.05$). There was a significant effect of nitrogen on TB and WUE ($P < 0.01$). The minimum TB obtained for W1N0 treatment, 14537 kg/ha, and the maximum TB obtained for W4N200 treatment, 27893 kg/ha. The minimum IWUE for total biomass was 3.09 kg/m^3 for W2 level and maximum was 3.57 kg/m^3 for W4 level. Overall, TB and IWUE increased with increasing nitrogen. In general, the results showed that drip-tape irrigation system through increasing irrigation efficiency and decrease of soil surface evaporation would save water consumption and increase the water use efficiency and yield production.

Keywords: Deficit irrigation, Fertigation, Irrigation Water use efficiency, Total biomass

1- Graduated Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
2- Associate Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
3- Professor of Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
4- Graduated Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*-Corresponding Author Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۳۹-۱۵۲۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1529-1539

اثر متقابل آب و نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری

مهساسادات طباطبایی[۱]، مهدی قیصری[۲*]، جهانگیرعابدی کوپایی[۳]، زهرا امیری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۳

چکیده

مدیریت مصرف آب و کود نیتروژن در راستای افزایش بهره‌وری مصرف آب، افزایش تولید محصول و کاهش مخاطرات زیست محیطی در سیستم‌های نوین آبیاری ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی بر هم‌کنش آب و کود نیتروژنی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری بود. چهار سطح آبیاری شامل دو سطح کم آبیاری (W1=۰/۸۶ ETc و W2=۰/۹۳ ET_C) و یک سطح آبیاری کامل (W3=۱ ET_C) و یک سطح بیش آبیاری (W4=۱/۰۶ ET_C) و سه سطح کودی صفر(N0)، ۱۵۰ (N150) و۲۰۰ (N200) کیلوگرم نیتروژن در هکتار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. شاخص‌های مورد بررسی ارتفاع و قطر ساقه و شاخص سطح برگ و زیتوده اندام هوایی طی دوره رشد بودند. مدیریت آبیاری بر اساس محاسبه تبخیر – تعرق گیاه با استفاده از رابطه فائو پنمن – مانتیث و اندازه‌گیری رطوبت در عمق توسعه ریشه قبل از آبیاری انجام شد. نتایج نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری ($P < 0.05$) و نیتروژن ($P < 0.01$) بر زیتوده و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. کم‌ترین مقدار زیتوده در تیمار W1N0 برابر۱۴۵۳۷کیلوگرم بر هکتار و بیش‌ترین مقدار زیتوده در تیمار W4N200 برابر ۲۷۸۹۳ کیلوگرم بر هکتار مشاهده شد. کم‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری برابر ۳/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری W2 و بیش‌ترین مقدار برابر ۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری W4 رخ داد. بطورکلی افزایش مقدار نیتروژن مصرفی سبب افزایش زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری شد. نتایج نشان داد روش آبیاری قطره‌ای – نواری از طریق افزایش راندمان آبیاری وکاهش تبخیر از سطح خاک سبب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش میزان محصول تولیدی ذرت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کارآیی مصرف آب آبیاری، کم آبیاری، کود نیتروژنی، عملکرد زیتوده

مقدمه

با توجه به بحران کمبود آب در کشور و واقع شدن ایران در کمربند خشک کره زمین، برای تولید محصول و امنیت غذایی در کشور ضرورت دارد بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی افزایش پیدا کند. یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای - نواری است که می‌تواند موجب صرفه‌جویی مصرف آب، کاهش تلفات تبخیر، نفوذ عمقی و رواناب شود. براساس مطالعات انجام شده می‌توان از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای‌نواری در مناطق خشک و نیمه‌خشک با توزیع مناسب آب و راندمان بالا به عنوان یک راه حل مطمئن برای تولید محصول در شرایط کمبود آب استفاده کرد (Jalali and Rowell., 2003)، اما بدون مدیریت صحیح آب و کود نیتروژنه سیستم‌های آبیاری مکانیزه نمی‌توانند به تنهایی سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب شوند (Kiani et al., 2016).

کم آبیاری یک مدیریت آگاهانه برای افزایش بهره‌وری مصرف آب است، که در آن مدیریت آب کاربردی کم‌تر از نیاز آبی گیاه است. در این مدیریت به گیاه اجازه تجربه تنش‌های کم در زمان‌های غیرحساس دوره رشد را می‌دهند، و کمی کاهش عملکرد قابل پذیرش است (Costa et al., 2007 و Geerts and Raes., 2009). کم آبیاری ذرت و اثر آن بر شاخص‌های عملکرد ذرت در سیستم آبیاری بارانی (Gheysari et al., 2009)، سیستم ریشه ذرت (Liang et al., 2008 و Gheysari et al., 2015) و از طریق کاهش آب کاربردی در تمام دوره رشد گیاه و یا حذف یک یا چند آبیاری در طی دوره رشد گیاه ذرت (Farre and Faci., 2009) گزارش شده است. زمان کاکل دهی در مقایسه با مرحله پر شدن دانه (Farre and Faci., 2009)، مرحله رشد طولی ساقه در مقایسه با زمان جوانه‌زنی

۱- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استادگروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: gheysari@cc.iut.ac.ir

(Kang et al., 2003) از حساسیت بیش‌تری به کم آبیاری برخوردار است. اثر نوع مدیریت کم آبیاری بر ضریب حساسیت تنش آب ذرت نشان داد که عملکرد زیتوده ذرت به مدیریت کم آبیاری از طریق کاهش عمق آب کاربردی کم‌تر از کم آبیاری از طریق افزایش دور آبیاری می‌باشد (Gheysari et al., 2017).

کاهش عملکرد و کیفیت گیاه تحت تاثیر کمبود نیتروژن، یکی از مهم‌ترین عناصر در تغذیه گیاهان، گزارش شده است (Salvagiotti et al., 2009) اگر چه نیتروژن یک عنصر کلیدی است و نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان دارد، مدیریت نیتروژن تحت تاثیر مقدار آب کاربردی از مباحث مهم در راستای افزایش بهره‌وری مصرف نیتروژن و کاهش مخاطرات زیست محیطی است (Rodrigues et al., 2006). مقدار آب و نیتروژن مصرفی دو عامل مهم و تاثیرگذار بر زیتوده بوده و رابطه خطی آن‌ها گزارش شده است (رجبی و همکاران، ۱۳۸۶). اما در سیستم آبیاری بارانی رابطه عملکرد با آب کاربردی و مقدار نیتروژن خطی نبوده و مقدار کود نیتروژن مصرفی باید متناسب با آب کاربردی باشد (Gheysari et al., 2009).

استفاده متعادل از کود نیتروژن در زمان‌های حساس دوره رشد گیاه، علاوه بر حصول تولید محصول زیاد، منجر به کاهش تلفات کود نیتروژن می‌شود. پژوهش‌های گوناگونی توسط پژوهشگران در زمینه اثر متقابل سطوح مختلف آب و کود نیتروژن برای گیاهان مختلف نظیر آفتاب‌گردان در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری (Kiani et al., 2016)، ذرت در سیستم آبیاری بارانی (Gheysari et al., 2009 and 2015) و گندم زمستانه و ذرت (Kang et al., 2003) انجام گرفته است. اثر متقابل آب و نیتروژن بر عملکرد دانه و زیتوده ذرت در بافت خاک سیلتی رسی در منطقه کرمانشاه نشان داد، افزایش هم‌زمان آب و کود نیتروژنی سبب افزایش عملکرد ذرت می‌شود اما افزایش کود نیتروژنی در شرایط تنش آبی سبب کاهش عملکرد می‌گردد (قبادیان و همکاران، ۱۳۹۲). قبلا کاهش مصرف کود نیتروژنی متناسب با تنش آبی اعمال شده، گزارش شده است (Rimski et al., 2009). بنابراین برای هر سطح آب کاربردی یک سطح کود بهینه وجود دارد که متناسب با نوع سیستم آبیاری باید برای گیاه مشخص شود (Gheysari et al., 2009). استفاده از سطح بهینه آب و کود نیتروژن موجب افزایش بهره‌وری و کارآیی مصرف آب می‌گردد (حیدری‌پور و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به وجود صنعت تولید شیر در استان اصفهان ذرت علوفه‌ای از مهم ترین گیاهان علوفه‌ای موردنیاز این صنعت است، به همین دلیل کشاورزان تمایل به کاشت آن پس از برداشت گندم و یا جو دارند. بنابراین ضرورت دارد راه‌کارهای مدیریتی افزایش بهره‌وری مصرف آب و نیتروژن برای تولید محصول ذرت علوفه‌ای با کم‌ترین میزان مصرف آب کاربردی و کم‌ترین مخاطرات زیست محیطی مورد بررسی قرارگیرد. با توجه به توسعه سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری در کشت ذرت علوفه‌ای بررسی عوامل موثر مدیریتی در کشت محصول اهمیت دارد. هدف از انجام این پژوهش تعیین سطح بهینه آب و کود نیتروژن و بررسی عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری در خاک لوم‌رسی است.

مواد و روش‌ها

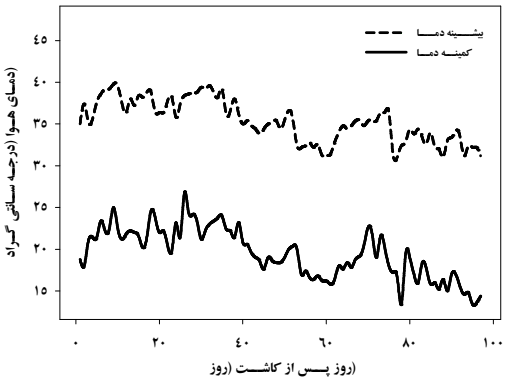
سایت آزمایشی

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ با عملیات کشت به صورت مکانیزه برای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع درمنطقه لورک نجف‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اصفهان) انجام گرفت. این منطقه در موقعیت جغرافیایی۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی، ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع از سطح آب‌های آزاد در این منطقه ۱۶۳۰ متر است. طی ۱۰۳ روز دوره رشد گیاه میانگین کمینه دمای روزانه ۱۹/۵ درجه سلسیوس و میانگین بیشینه دمای روزانه ۳۵/۳۵ درجه سلسیوس بود (شکل ۱و۲). بافت خاک مزرعه آزمایشی لوم‌رسی بود.

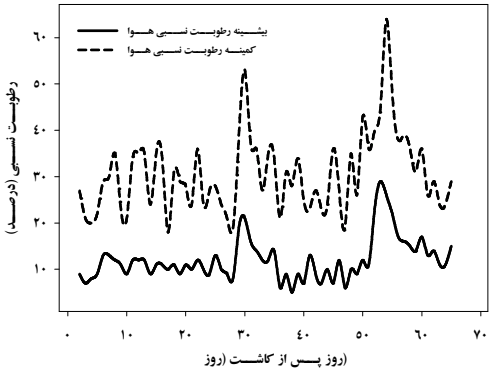
فاکتور اول چهار سطح آب آبیاری و فاکتور دوم سه سطح کود نیتروژن بود که طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در۳۶ پلات با ابعاد ۲/۵ متر در ۳/۷۵ متر و کشت به صورت ردیفی با فاصله ردیف کشت ۷۵ سانتی‌متر و در هر پلات ۵ ردیف کشت به طول ۲/۵ متر اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل دو سطح تنش آبیاری، یک سطح آبیاری کامل و یک سطح بیش آبیاری و تیمارهای کودی شامل سطح کود بدون نیتروژن (تیمار شاهد)، سطح کود ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بودند.

مدیریت آبیاری

سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری برای مدیریت آبیاری استفاده شد. عمق آبیاری برای تیمار آبیاری کامل (W3) محاسبه گردید و سایر تیمارهای آبیاری، ضریبی از عمق آب تیمار آبیاری کامل را دریافت می‌کردند. ضرایب ۰/۸، ۰/۹۳، ۱ و ۱/۰۶ به ترتیب برای سطوح آبیاری W1، W2، W3 و W4 استفاده شد. زمان آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) برابر ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک در عمق توسعه ریشه گیاه در تیمار آبیاری کامل (W3) تعیین گردید (Allen et al., 1998). عمق آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد گنجایش زراعی (FC) برای تیمار آبیاری کامل محاسبه و اعمال گردید (Kiani et al., 2016). برای کنترل عمق آب آبیاری از کنتور حجمی که در مسیر جریان نصب شده بود، استفاده شد.



شکل ۱- تغییرات کمینه و بیشینه دمای روزانه هوا نجف‌آباد از ۵ تیرماه، نیمه اول سال ۱۳۹۵



شکل ۲- تغییرات کمینه و بیشینه رطوبت نسبی روزانه هوا نجف‌آباد از ۵ تیرماه، نیمه اول سال ۱۳۹۵

دور آبیاری تابع میزان تخلیه رطوبت از نیم‌رخ خاک در تیمار آبیاری کامل بود، بنابراین دور آبیاری در طول فصل رشد یکسان نبود اما آبیاری تیمارهای مختلف آبیاری هم‌زمان انجام شد. عمق آب آبیاری (D_{irrig}) در تیمار آبیاری کامل به شرح زیر محاسبه شد. میزان رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (θ_{IR}) در تیمار آبیاری کامل (بر حسب درصد) با انتخاب ٪ ۲/۵± ۵۰ = MAD از رابطه‌ی ۱و ۲ محاسبه گردید (Kiani, et al., 2016).

$$\theta_{IR} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times \text{MAD} \quad (۱)$$

$$D_{irrig} = (\theta_{FC} - \theta_{IR}) * Z_r \quad (۲)$$

در اینجا θ_{FC}: رطوبت در حد گنجایش مزرعه برحسب درصد، θ_{PWP}: رطوبت در حد پژمردگی دایم بر حسب درصد، D_{irrig}: عمق آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل و Z_r: عمق توسعه ریشه (تا روز چهل و یکم ۳۰ سانتی‌متر و پس از آن ۵۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. برای کنترل و تخمین زمان آبیاری تبخیر - تعرق روزانه گیاه محاسبه شد و پس از هر آبیاری مقدار تجمعی ET_C محاسبه گردید، زمانی که مقدار تجمعی ET_C پس از هر آبیاری (ΣET_C) به عمق مجاز تخلیه رطوبت از خاک ($D_{MAD50\%}$) که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد، رسید ($\Sigma ET_C \cong D_{MAD50\%}$)، آبیاری بعدی انجام شد. تبخیر – تعرق مرجع روزانه با استفاده از معادله فائو – پنمن – مانتیث (FPM) و داده‌های به‌هنگام هواشناسی ایستگاه نجف‌آباد محاسبه گردید. برای اطمینان از صحت اجرای برنامه آبیاری با روش نمونه-گیری وزنی قبل از آبیاری، وضعیت رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل بررسی شد.

$$D_{MAD50\%} = (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) * MAD * Z_r \quad (۳)$$

مدیریت کود نیتروژن

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و پیش از کاشت در زمین عملیات پخش کود صورت گرفت، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس استفاده شد. در طول فصل کشت کود نیتروژن از منبع کودی اوره با ۴۶ درصد نیتروژن در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری به صورت تقسیط برای هر تیمار به گیاه داده شد. تیمارهای کود نیتروژن شامل تیمار کود شاهد (N0) که بدون مصرف کود نیتروژن، تیمارکود (N1) که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار (N2) که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. درمرحله ۱۲ برگی گیاه ۵۰ درصد، در مرحله ۱۸ برگی ۳۵ درصد و در مرحله تاسل‌دهی ۱۵ درصد از کود نیتروژن هر تیمار به گیاه به صورت تزریق در سیستم آبیاری (کود – آبیاری) داده شد.

شاخص‌های اندازه‌گیری

به منظور کنترل مقدار و زمان آبیاری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری به روش وزنی اندازه‌گیری شد. داده‌های رطوبت در نیم‌رخ خاک در چهار محل از طریق لوله‌های دسترسی که در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از ردیف گیاه نصب شده بودند با استفاده از پروب دستگاه PR2 (مدل Um-4.0 Delta-T Device Ltd) اندازه‌گیری شد. قبل از کاشت نمونه خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکی و تعیین نیتروژن اولیه اندازه گیری شد. در ابتدای دوره قبل از کاشت از هشت نقطه مزرعه تا عمق ۶۰ سانتی‌متر نمونه خاک برای تعیین مقدار نیتروژن اولیه خاک تهیه شد. مقدار نیتروژن اولیه خاک بطور متوسط ۳۵±۵۰ کیلوگرم درهکتار برای۵۰ سانتی‌متری عمق توسعه ریشه بود. هم‌چنین غلظت نیترات آب آبیاری در سه مرحله طی دوره رشد اندازه-گیری شد. غلظت نیترات در آب آبیاری بطور متوسط ۳۰ میلی‌گرم در

لیتر بود، با توجه به حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری مقدار نیتروژن وارد شده به خاک از طریق آب آبیاری در تیمارهای آبیاری W1، W2، W3 و W4 به ترتیب ۳۵، ۳۸، ۴۱ و ۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بنابراین در این تحقیق سطوح بدون مصرف کود نیتروژن در تیمار با تنش شدید و بیش آبیاری به ترتیب بطور متوسط بین ۳۵±۸۵ تا ۳۵±۹۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دسترس داشت. نکته قابل توجه در این پژوهش انحراف معیار زیاد در نیتروژن باقی‌مانده خاک بین تکرارهای مختلف است، این موضوع به غیرهمگن بودن خاک از نظر نیتروژن-نیتراتی در شرایط اولیه ارتباط دارد.

پارامترهای برداشت محصول شامل طول ساقه، شاخص سطح برگ و عملکرد گیاه بودند. طی دوره رشد در چهار مرحله نمونه‌های گیاهی جهت تعیین وزن زیتوده و هم‌چنین در مرحله نهایی برای اندازه‌گیری نیتروژن برداشت شده توسط گیاه تهیه شدند. اولین نمونه گیاهی ۳۷ روز پس از کاشت و نمونه‌های بعدی در زمان‌های ۵۲ و ۶۸ روز پس از کاشت و آخرین نمونه‌گیری برداشت علوفه‌ای بود. نمونه‌های گیاهی جهت تعیین زیتوده به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

در طی دوره رشد، سطح برگ و ارتفاع گیاه در سه مرحله اندازه-گیری شد. اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله ۱۲ برگی، ۱۸ برگی و تاسل دهی از تمامی پلات‌ها انجام شد. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل WINAREA-UT-11) و اندازه‌گیری عریض‌ترین مقطع برگ و طول برگ استفاده شد. ضریب اصلاحی برای تعیین سطح برگ در مراحل رشد گیاه و در تیمارهای مختلف بین ۰/۷ تا ۰/۷۵ بدست آمد. از این نسبت برای تعیین سطح برگ ذرت در سایر بوته‌ها استفاده شد، بطوری که برای اندازه‌گیری سطح برگ، طول در بیش‌ترین عرض برگ ضرب شده و سپس در ضریب مذکور ضرب شد.

تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

آب کاربردی و تبخیر - تعرق

مقدار تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه شده با استفاده از داده‌های هواشناسی نجف‌آباد و معادله فائو پنمن مانتیث (FPM) (Allen et al., 1998) طی دوره رشد ۱۰۳ روزه گیاه ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه ۷۲۶/۲ میلی‌متر بود. با استفاده از ضرایب گیاهی (Kc) ارایه شده توسط (قیصری و همکاران ۱۳۸۵) و ET_0 محاسبه شده با استفاده از روش FPM مقدار تبخیر - تعرق گیاه ذرت (ET_C) طی دوره رشد ۱۰۳ روزه ۶۳۱ میلی‌متر تعیین شد. مقدار آب کاربردی (عمق ناخالص) برای تیمارهای آبیاری تنش شدید، تنش ملایم، آبیاری کامل و بیش آبیاری به ترتیب برابر ۵۸۵، ۶۳۳، ۶۷۸ و ۷۱۹ میلی‌متر بودند. هم‌چنین در طی انجام پژوهش هیچ بارندگی رخ نداد. با توجه به کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی در دو آبیاری اول و دوم (روز اول و دوم) ۵۸ میلی‌متر آب آبیاری به منظور جبران کمبود آب خاک تا حد FC انجام شد. بنابراین حدود ۳۰ میلی‌متر آب آبیاری داده شده در تمام تیمارها برای جبران کمبود آب خاک تا رطوبت حد آستانه (MAD=50%) در عمق ۵۰ سانتی‌متری بود. تعداد آبیاری در طی دوره رشد ۳۴ بود، که ۱۵ آبیاری تا ۲۱ روز پس از کاشت بدون لحاظ نمودن تیمار آبیاری انجام و مابقی با اعمال سطوح آبی انجام شد. غلظت نیترات در آب آبیاری ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بود که با توجه به مقدار آب کاربردی در تیمارهای W1، W2، W3 و W4 به ترتیب ۳۵، ۳۸، ۴۱ و ۴۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن وارد خاک کرد.

بررسی آماری شاخص‌های گیاهی و کارآیی مصرف آب

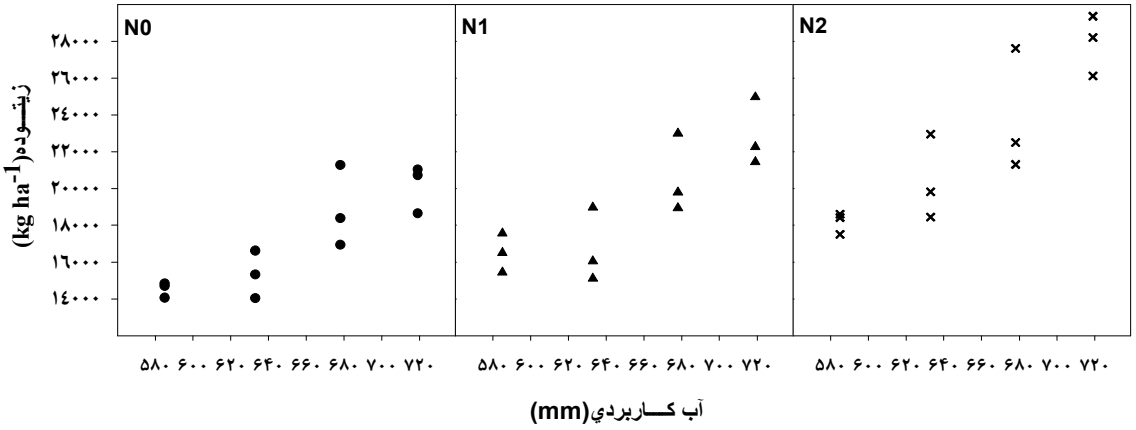
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای با سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. ولی این اثر بر شاخص سطح برگ بیشینه معنی‌دار نشد. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم کنش آبیاری و کود نیتروژن برای هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۱).

به طور کلی افزایش آب کاربردی تا سطح آبیاری W4 سبب افزایش زیتوده در زمان برداشت علوفه‌ای شد (شکل ۳). زیتوده بین تیمارهای بیش آبیاری و آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری داشتند، هم-چنین مقدار زیتوده تیمارهای W3 و W4 با دو سطح کم آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش نیتروژن مصرفی از N0 تا N2، میزان زیتوده افزایش یافت. براساس نتایج مقایسه میانگین برای تمام سطوح کود نیتروژن بیش‌ترین میزان زیتوده برای تیمار آبیاری W4، برابر ۲۳۶۴۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. مشاهده بیش‌ترین زیتوده در تیمار بیش آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در تحقیقات (Kiani, et al., 2016) نیز گزارش شده است. هم‌چنین بر اساس مقایسه میانگین برای تمام سطوح آبیاری بیش‌ترین مقدار زیتوده مربوط به تیمار کودی N2 برابر ۲۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری، کود نیتروژنی و اثر متقابل آب و کود نیتروژنی بر زیتوده (TB) و کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) و شاخص سطح برگ بیشینه (LAI_X) در ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای

	میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	TB	IWUE	LAI_X
بلوک	۲	^{ns}۴/۳۵	^{ns}۰/۵۲	^{ns}۰/۵۲
آبیاری	۳	*۸۶/۸۱	*۰/۳۶	^{ns}۰/۳۶
خطای الف	۶	۶/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۰
نیتروژن	۲	**۸۳/۱۶	**۲/۶۷	^{ns}۲/۶۷
خطای ب	۴	۲/۳۰	۰/۱۰	۰/۱۰
آبیاری × نیتروژن	۶	^{ns}۲/۸۶	^{ns}۰/۰۹۳	^{ns}۰/۰۹۳
خطای ج	۱۲	۲/۱۳	۰/۰۸۱	۰/۱۳
درصد ضریب تغییرات	-	۷/۴۴	۸/۴۸	۷/۲۷

*و ** به ترتیب بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۳- روند تغییرات عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب کاربردی در سه تیمار کودی صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

افزایش آب آبیاری به میزان ۶ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد به میزان ۱۲ درصد شد. از طرفی کاهش آب آبیاری به میزان ۷ و ۱۴ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۷ و ۲۲ درصد شد. همان‌طور که مشاهده شد تغییرات عملکرد تحت تاثیر افزایش و یا کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل یکسان نیست. بطوری‌که به ازای یک درصد مشخص کاهش آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل شدت کاهش عملکرد بیش‌تر از افزایش عملکرد به ازای افزایش همان مقدار آب می‌باشد. بنابراین کم آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری با محدودیت پیاز رطوبتی گزینه مطلوبی نیست و در صورت نیاز به کم آبیاری باید با دقت زیادی انجام شود. مولایی و همکاران (۱۳۹۳) در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری روی سیب‌زمینی نشان دادند ۱۶ درصد کاهش آب آبیاری سبب ۵۸ کاهش عملکرد محصول در واحد سطح نسبت به آبیاری بارانی شده است.

اگرچه IWUE بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشتند، بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری (۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب) در سطح آبیاری W4 مشاهده شد. روند تغییرات کارآیی مصرف آب آبیاری این‌گونه بود که در سطح آبیاری W4 بیش‌ترین مقدار و سپس با کاهش آب آبیاری تا سطح W2 کارآیی مصرف آب آبیاری کاهش یافت، پس از آن با کاهش مصرف آب آبیاری تا سطح W1 میزان کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش یافت. کم‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری در تیمار کم آبیاری ملایم (W2) برابر با ۳/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. با افزایش نیتروژن مصرفی از N0 تا N2 شاخص کارآیی مصرف آب آبیاری از ۲/۸۸ به ۳/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت (جدول۲). براساس نتایج مقایسه میانگین برای تمام سطوح کود نیتروژن بیش‌ترین کارآیی مصرف آب

آبیاری برای مدیریت آبیاری W4، ۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. هم‌چنین براساس مقایسه میانگین برای تمام سطوح مدیریت آبیاری بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار کودی N2 با مقدار ۳/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین سطوح مختلف آب و کود نیتروژن برای شاخص‌های زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت در مرحله رسیدگی، رقم سینگل کراس ۷۰٤

تیمارها		TB (kg/ha)	IWUE (kg/m^3)
سطوح آبیاری	W1	^{c}۱۶۴۰۳	^{b}۳/۳
	W2	^{c}۱۷۴۸۴	^{c}۳/۱
	W3	^{b}۲۱۰۸۷	^{a}۳/۵
	W4	^{a}۲۳۶۴۱	^{a}۳/۵۷
سطوح نیتروژن	N0	^{c}۱۷۲۲۵	^{c}۲/۸۸
	N1	^{b}۱۹۱۶۱	^{b}۳/۳۴
	N2	^{a}۲۲۱۷۰	^{a}۳/۸۶

برای هر فاکتور آبیاری و کود نیتروژن به طور جداگانه، دو میانگین که حداقل در یک حرف مشترک می‌باشد، در سطح احتمال ۵ درصد مطابق آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقدار عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ تحت تاثیر چهار سطح مختلف آب (تنش شدید تا بیش آبیاری) و سه سطح کود نیتروژنی (صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بین ۱۱۷۳۴ تا ۱۹۸۹۹ کیلوگرم در هکتار تحت سیستم آبیاری بارانی برای منطقه نیمه‌خشک ایران گزارش شده است (Gheysari et al., 2009). در تحقیق مذکور برای عملکردهای گزارش شده مقدار آب کاربردی به ترتیب ۷۶۴ تا ۱۰۲۶ میلی‌متر بود. در صورتی‌که تحت سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری در این پژوهش عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ بین ۱۶۴۰۳ تا ۲۳۶۴۰ کیلوگرم در هکتار و مقادیر آب کاربردی (عمق ناخالص) متناظر آن ۵۸۵ تا ۷۱۹ میلی‌متر بود.

در تحقیقات گذشته میزان کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در دامنه وسیعی گزارش شده است. تغییرات کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای بین ۱/۰۲ تا ۲/۴۳ و ۴/۲۷ تا ۸/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب در سطوح مختلف آبیاری برای ذرت علوفه‌ای گزارش شده است (Gheysari et al., 2015). دامنه وسیع تغییرات به دلیل تفاوت در نوع مدیریت آبیاری و کود نیتروژنی و هم‌چنین نزولات جوی می‌باشد. زیرا در برخی مطالعات مقدار آبی که از باران برای گیاه تامین شده است را در محاسبه کارآیی مصرف آب آبیاری وارد نکرده‌اند.

نتایج سایر تحقیقات نشان داد با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری بر هیبریدهای زودرس ذرت، کارآیی مصرف آب بین رژیم‌های آبیاری معنی‌دار بود. آن‌ها علت اصلی را به کاهش مقدار آب آبیاری در شیوه آبیاری نسبت دادند (Ahmadi et al., 2013). کریمی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند اگرچه کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کل، بلال و اجزای عملکرد ذرت نسبت به آبیاری کامل شد، اما بهره‌وری آب در این حالت به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Karimi et al., 2009).

ارتفاع و قطر ساقه ذرت

صفات ارتفاع و قطر ساقه در چهار مرحله از رشد گیاه اندازه‌گیری شدند. به طور کلی ارتفاع و قطر ساقه گیاه ذرت در همه سطوح آبیاری و کود نیتروژن، تا پایان دوره رشد رویشی (مرحله سوم اندازه-گیری) با شیب زیادی افزایش یافت. ارتفاع ساقه پس از آن ثابت یا با شیب ملایم افزایش یافته است (شکل‌های۴ و ۵).

کم‌ترین (۱۷۶ سانتی‌متر) و بیش‌ترین (۲۰۵سانتی‌متر) ارتفاع گیاه به ترتیب در تیمارهای آبی W1N0 و W4N2 در مرحله تاسل دهی مشاهده شد. در سطح آبیاری کامل متوسط ارتفاع ذرت در مرحله تاسل در تیمارهای N0، N1 و N2 به ترتیب ۲۲۸، ۲۳۷/۹ و ۲۳۷/۲ سانتی‌متر بود. در تیمارکودی N1 بیش‌ترین ارتفاع گیاه در سطح آبی W4 برابر ۲۵۰ سانتی‌متر بود. حداکثر طول ساقه مشاهده شده در این تحقیق (۲۵۰/۵ سانتی‌متر) با مقدار گزارش شده توسط سایر محققان، که در محدوده ۲۴۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر گزارش شده است، تطبیق دارد (Gheysari et al., 2009).

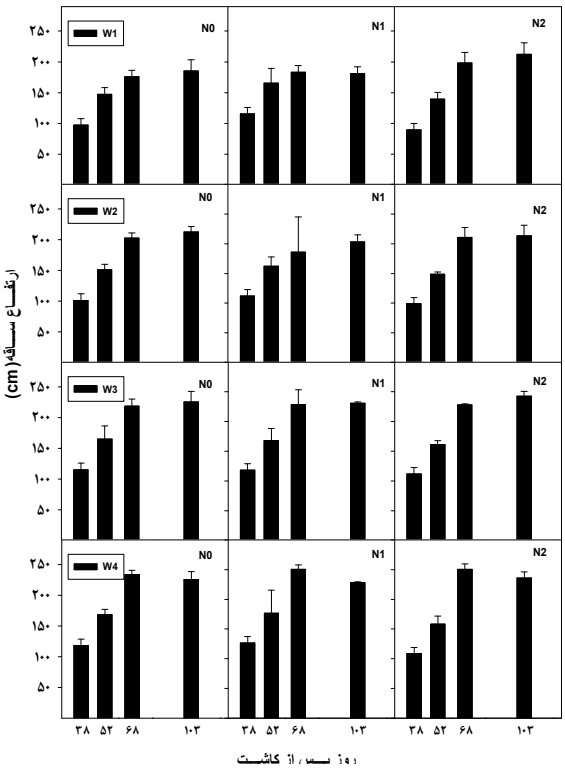
کریمی و همکاران (۱۳۸۸) بررسی کردند کم آبیاری تاثیر معنی-داری در سطح یک درصد روی ارتفاع بوته‌های ذرت داشت. بوته‌هایی که در شرایط بدون آبیاری رشد کردند، در مقایسه با سایر تیمارها، ارتفاع کم‌تری داشتند. مطالعات متعددی کاهش ارتفاع بوته ذرت را در اثر کاهش مقدار آب موردنیاز گزارش کرده‌اند (Traore et al., 2000 و Gavloski et al., 1992).

روند تغییرات قطر ساقه در طی دوره رشد به غیر از مرحله آخر

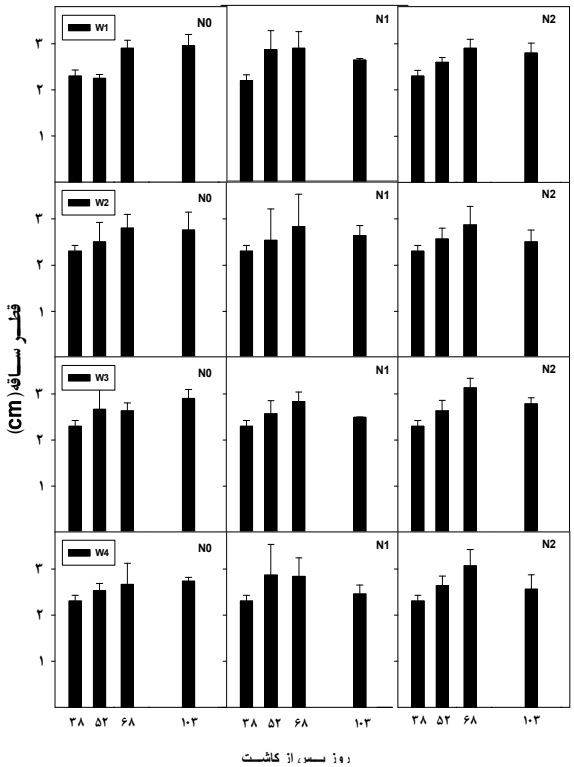
نمونه‌گیری (مرحله خمیری) افزایشی بود. قطر ساقه در سومین مرحله رشد (۶۸ روز پس از کاشت) بیش‌ترین مقدار خود را داشت و پس از آن در مرحله آخر کمی کاهش پیدا کرد. سطوح مختلف کود نیتروژنی تاثیر مشخصی بر قطر ساقه نداشت که شاید بتوان دلیل آن را به مقدار نیتروژن اولیه خاک و نیترات موجود در آب آبیاری ارتباط داد. زیرا طبق محاسبات بیلان نیتروژن، مقدار نیتروژن اولیه خاک در عمق توسعه ریشه و نیتروژن اضافه شده از طریق آبیاری در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنی برای سطوح مختلف آب کاربردی بین ۸۵ تا ۹۹ کیلوگرم در هکتار متغیر بود.

اثر متقابل آب و کود نیتروژنی بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت

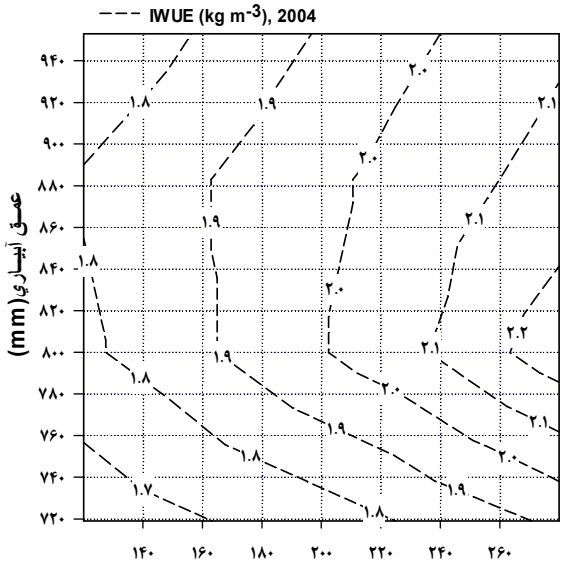
اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. کارآیی مصرف آب آبیاری زیتوده خشک ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در تیمار آبیاری کامل با سطح کافی نیتروژن ۴/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. خطوط هم عملکرد زیتوده کل اندام هوایی در برداشت علوفه‌ای و کارآیی مصرف آب تحت تاثیر اثر متقابل آب و کود نیتروژن روی ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری نشان داده شده است (شکل ۶ و ۷). همان‌طور که مشاهده شد میزان عملکرد در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری با توجه به میزان کود مصرف شده در این پژوهش بین ۱۵۰۰۰ تا ۲۷۰۰۰ کیلوگرم برهکتار و کارآیی مصرف آب آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری بین ۲/۸ تا ۴/۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. شیب هر خط هم میزان، مقدار زیتوده و کارآیی مصرف آب را با توجه به آب آبیاری نسبت به نیتروژن مصرف شده نشان می‌دهد. با افزایش شیب در خطوط هم میزان، مقدار زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش می‌یابد. به طور مثال در این پژوهش برای مقدار آب آبیاری ۷۰۰ میلی‌متر و کود نیتروژن ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان عملکرد برابر ۲۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری حدود ۳ کیلوگرم بر مترمکعب است (شکل ۶ و ۷).



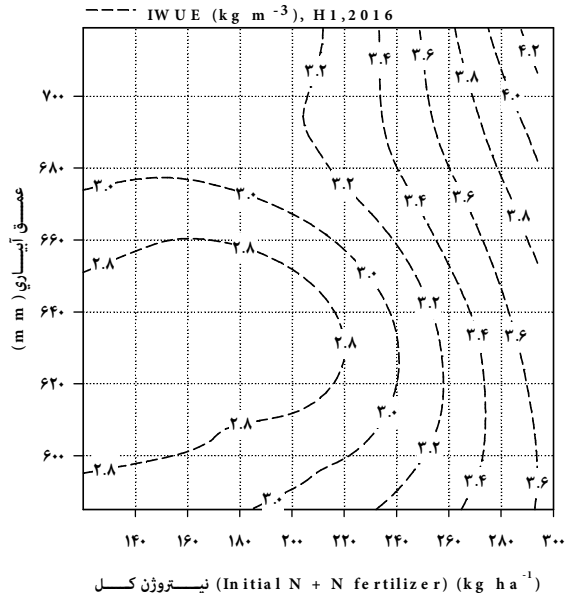
شکل ٤- تغییرات ارتفاع ساقه گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی



شکل ٥ - تغییرات قطر ساقه گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی



شکل ٦- اثر متقابل آب کاربردی و کل کود نیتروژنی بر عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری



شکل ۷- اثر متقابل آب کاربردی و کل کود نیتروژنی بر کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری

کم‌ترین فاصله خطوط هم عملکرد در راستای خط ۱:۱ می‌باشد (شکل ۶)، یا به عبارتی با فاصله گرفتن از خط ۱:۱ فاصله خطوط هم عملکرد بیش‌تر می‌شود، این موضوع نشان می‌دهد که برای هر سطح آب کاربردی یک سطح بهینه‌ای از کود نیتروژن وجود دارد که در آن سطح بیش‌ترین عملکرد زیتوده رخ می‌دهد. به طوری‌که با افزایش آب کاربردی مقدار کود نیتروژنی موردنیاز نیز افزایش می‌یابد.

در عمق آب کاربردی ۶۴۰ میلی‌متر فاصله خطوط هم‌میزان برای IWUE کم‌ترین مقدار می‌باشد، یعنی در این سطح آب کاربردی با افزایش یک مقدار مشخص کود نیتروژن بهره‌وری مصرف آب آبیاری بیش‌تر از سایر سطوح آب کاربردی (مقادیر آب کاربردی کم‌تر و بیش‌تر از ۶۴۰ میلی‌متر) افزایش می‌یابد (شکل ۷). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در این شرایط آزمایش بیش‌ترین بهره‌وری مصرف نیتروژن در سطح آب کاربردی ۶۴۰ میلی‌متر می‌باشد. براساس عملکرد، سطح بهینه کل نیتروژن (نیتروژن اولیه خاک، نیتروژن برداشت شده توسط گیاه، نیتروژن باقی‌مانده در خاک) ۲۹۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای سطوح آبیاری ۷۰۰ و ۶۶۰ میلی‌متر است و براساس IWUE سطح بهینه کود نیتروژن ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار برای سطح آب ۶۶۰ میلی‌متر و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار برای سطح آب ۶۴۰ میلی‌متر بود.

با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش یافته هرچند کارآیی مصرف آب آبیاری برای سطوح نیتروژن بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مقدار کل نیتروژن ضروری را برای تولید بهینه محصول در منطقه مدیترانه‌ای ۲۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش شده است (Bilbao et al., 2004). هم‌چنین در سیستم آبیاری قطره‌ای با وجود این‌که کارآیی مصرف آب آبیاری بیش‌تر است کود کم‌تری مصرف شده که باعث کاهش اثرات زیان‌آور محیطی می‌شود و نشان دهنده افزایش کارآیی مصرف کود در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در مقادیر متوسط کود نیتروژن نسبت به سیستم‌های دیگر است (طریق السلامی و همکاران، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

مقدار آب کاربردی برای تیمارهای کم آبیاری شدید، ملایم، آبیاری کامل و بیش آبیاری به ترتیب برابر ۵۸۵، ۶۳۳، ۶۷۸ و ۷۱۹ میلی‌متر بود. مقدار تبخیر - تعرق واقعی گیاه در تیمارهای مذکور به ترتیب برابر ۵۴۹، ۵۹۱، ۶۳۰ و ۶۶۵ میلی‌متر بدست آمد. به طور کلی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای با سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. افزایش آب آبیاری به میزان ۶ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد به میزان ۱۲ درصد شد. کاهش آب آبیاری به میزان ۷ و ۱۴ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۷ و ۲۲ درصد شد. سطح بهینه نیتروژن بر اساس عملکرد محصول در سطح آب کاربردی ۷۰۰ و ۶۶۰ میلی‌متر برابر ۲۹۵ و ۲۵۰ کیلوگرم

در هکتار بود و سطح بهینه کود نیتروژن براساس IWUE برای سطوح آب کاربردی متناظر ۲۸۰ و ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. برای هر سطح آب کاربردی سطحی از کود نیتروژن وجود دارد که بیش‌ترین تولید زیتوده خشک و کارآیی مصرف کود نیتروژن را دارد، بطوری‌که با افزایش و یا کاهش کود نیتروژنی بهره‌وری مصرف کود نیتروژون کاهش یافت.

منابع

حیدری‌پور،ر.، نصرتی محلاتی،م.، کوچکی،ع.، زارع فیض‌آبادی،ا. ۱۳۹۳. اثرات سطوح آب و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف و بهره‌وری آب در سه گیاه ذرت(Zea mays L.)، چغندرقند (Beta vulgaris L.) و کنجد (Sesamum indicum L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۶: ۱۸۷-۱۹۸

رجبی الف.،ه. گریفیتس،و.، وبر،ا. ۱۳۸۶. رابطه ایزوتوپ های پایدار کربن با کارایی مصرف آب در چغندرقند در شرایط تنش و بدون تنش خشکی چغندر قند. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۳ ۱۰: ۱-۱۲.

طریق السلامی،م.، کافی،م.، نظامی،ا.، ضرغامی،ر. ۱۳۹۶. تاثیر محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک بر تخفیف اثرات تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد و صفات زراعی در ذرت. نشریه تنش‌های محیطی در محیط علوم زراعی. ۱۰. ۴: ۶۱۵-۶۲۵

قبادیان،ر.، شیرخانی،ع.، جلیلیان،ع. ۱۳۹۴. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژنی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (Sc 704). نشریه زراعت، ۱۰۶: ۷۹-۸۷.

قیصری،م. ۱۳۸۵. تاثیر کود – آبیاری ذرت با روش آبیاری بارانی بر روی آبشویی نیترات تحت سطوح مختلف کود و آب کاربردی. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

کریمی،م.، اصفهانی،م.، بیگلویی،م.ح.، ربیعی،ب.،کافی قاسمی،ع. ۱۳۸۸. تاثیر کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی.۲. :۹۱-۱۱۰

کیانی،م.، قیصری،م.، مصطفی‌زاده‌فرد،ب.، مجیدی،م.م.، لندی،ا. ۱۳۹۳.تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی روزانه دو واریته آفتاب‌گردان یوروفلور و سیرنا تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری. مجله علوم آب و خاک. ۱۸. ۶۷: ۳۰۰-۲۸۹

مولایی،ب.، قیصری،م.، مصطفی زاده فرد،ب.، مجیدی،م.م.، لندی،ا. ۱۳۹۳. بررسی عملکرد و ویژگی‌های آن برای دو رقم سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای– نواری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۹. ۷۱: ۲۴۱-۲۵۱.

Allen,R.G., Pereira,L.S., Raes,D and Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and drainage paper 56, Rome, Italy. 300 pp.

Ahmadi,J.H., Zieinal,M., Rostami,A., Chogun,R. 2013. Study of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. Iranian Journal of Agricultural Science. 31: 891-907.

Bilbao,M., Martinez,J.J and Delgado,A. 2004. Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in a Mediterranean climate. Agronomy Journal. 96.1: 18-25.

Costa,J.M., Ortuño,M.F and Chaves,M.M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. Journal of Integrative Plant Biology. 49.10: 1421–1434.

Farré,I and Faci,J.M. 2006. Comparative response of maize (Zea mays L.) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 83.1-2: 135–143.

Farre,I and Faci,J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 96.3: 383-394.

Gavloski,J.E., Whitfield,G.H and Ellis,C.R. 1992. Effect of restricted watering on sap flow and growth in corn (Zea mays L.). Canadian Journal of Plant Science. 72.2: 361–368.

Geerts,S and Raes,D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management. 96.9: 1275–1284.

Gheysari,M., Loescher,H.W., Sadeghi,S.H. Mirlatifi,S.M., Zareian,M.J and Hoogenboom,G. 2015. Water-Yield Relations and Water Use Efficiency of Maize Under Nitrogen Fertigation for semiarid Environments: Experiment and Synthesis. In: Sparks, D.L. (Ed.). Advance Agronomy. 130: 175–229.

Gheysari,M., Mirlatifi, Bannayan,S.M., Homaee,M and Hoogenboom,G. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize growth for silage. Agricultural Water Management. 96: 809-821.

Gheysari,M., Mirlatifi,S.M., Homaee,M. Asadi,M.E and Hoogenboom,G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management. 96.6: 946-954.

Gheysari,M., Sadeghi,S.H., Loescher,H.W., Amiri,S., Zareian,M.J., Majidi,M.M., Asgarinia,P and Payero,J.O. 2017. Comparison of deficit irrigation

induced by re-watering after draught stress. Journal North Science Technology. 36: 58-64.

Rimski-Korsakov,H., Rubio,G and Lavado,R.S. 2009. Effect of water stress in maize crop production and nitrogen fertilizer fate. Journal of Plant Nutrition. 32.4: 565-578.

Rodrigues,M.A., Pereira,A., Cabanas,J.E., Dias,L., Pires,J and Arrobas,M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy. 25: 328-335.

Salvagiotti,F., Castellarín,J.M., Miralles,D.J and Pedrol, H.M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research. 113: 170-177.

Traore,S.B., Carlson,R.E., Pilcher,C.D and Rice,M.E. 2000. Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. Agronomy journal. 92:1027 1035.

management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. Agricultural Water Management. 182: 126-138.

Jalali,M and Rowell,D.L. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Experimental agricultural. 39.4: 379-394.

Kang,S., Gu,B., Du,T and Zhang,J. 2003. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. Agricultural Water Management. 59.3: 239-254.

Kiani,M., Gheysari,M., Mostafazadeh-Fard,B., Majidi, M.M., Karchani,K and Hoogenboom,G. 2016. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. Agricultural Water Management. 171: 162-172.

Liang,A.H., Ma,F.Y., Liang,Z.S and Mu,Z.X. 2008. Studies on the physiological mechanism of functional compensation effect in maze root system

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1529-1539

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۳۹-۱۵۲۹

Interaction of Water and Nitrogen on Yield and Irrigation Water Use Efficiency of Corn (Zea of mays) under Drip-Tape Irrigation Management

M.S. Tabatabaei[1], M. Gheysari[2]*, J. Abedi Koupai[3] , Z. Amiri[4]
Recived: Jun.03, 2018 Accepted: Sep.14, 2018

Abstract

Water and nitrogen fertilizer management is essential for increasing water productivity, increasing product production and reducing environmental hazards in modern irrigation systems. The aim of this study was to investigate the interaction of water and nitrogen fertilizer on total biomass (TB) and irrigation water use efficiency (IWUE) of silage maize under drip-tape irrigation system. Four irrigation levels, including two deficit irrigation levels (W1=0.86ETc, W2=0.93ETc), a full irrigation level (W3=ETc), and an over irrigation level (W4=1.06ETc) and three nitrogen fertilizer levels, including no nitrogen fertilizer (N0), 150 kg N ha^{-1} (N150), and 200 kg N ha^{-1} (N200) were considered. The twelve experimental treatments arranged in a strip-plot design with complete randomized blocks with three replicates. The studied indices were stem height and diameter and total biomass during growth period. Irrigation management was performed, based on the calculation of corn evapotranspiration by using FAO-Penman Monteith (FPM) equation and soil moisture measurement in the root depth before each irrigation. The result showed that there was a significant effect of irrigation on total biomass and IWUE ($P < 0.05$). There was a significant effect of nitrogen on TB and WUE ($P < 0.01$). The minimum TB obtained for W1N0 treatment, 14537 kg/ha, and the maximum TB obtained for W4N200 treatment, 27893 kg/ha. The minimum IWUE for total biomass was 3.09 kg/m^3 for W2 level and maximum was 3.57 kg/m^3 for W4 level. Overall, TB and IWUE increased with increasing nitrogen. In general, the results showed that drip-tape irrigation system through increasing irrigation efficiency and decrease of soil surface evaporation would save water consumption and increase the water use efficiency and yield production.

Keywords: Deficit irrigation, Fertigation, Irrigation Water use efficiency, Total biomass

1- Graduated Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
2- Associate Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
3- Professor of Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
4- Graduated Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*-Corresponding Author Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۳۹-۱۵۲۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1529-1539

اثر متقابل آب و نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری

مهساسادات طباطبایی[۱]، مهدی قیصری[۲*]، جهانگیرعابدی کوپایی[۳]، زهرا امیری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۳

چکیده

مدیریت مصرف آب و کود نیتروژن در راستای افزایش بهره‌وری مصرف آب، افزایش تولید محصول و کاهش مخاطرات زیست محیطی در سیستم‌های نوین آبیاری ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی بر هم‌کنش آب و کود نیتروژنی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری بود. چهار سطح آبیاری شامل دو سطح کم آبیاری (W1=۰/۸۶ ETc و W2=۰/۹۳ ET_C) و یک سطح آبیاری کامل (W3=۱ ET_C) و یک سطح بیش آبیاری (W4=۱/۰۶ ET_C) و سه سطح کودی صفر(N0)، ۱۵۰ (N150) و۲۰۰ (N200) کیلوگرم نیتروژن در هکتار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. شاخص‌های مورد بررسی ارتفاع و قطر ساقه و شاخص سطح برگ و زیتوده اندام هوایی طی دوره رشد بودند. مدیریت آبیاری بر اساس محاسبه تبخیر – تعرق گیاه با استفاده از رابطه فائو پنمن – مانتیث و اندازه‌گیری رطوبت در عمق توسعه ریشه قبل از آبیاری انجام شد. نتایج نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری ($P < 0.05$) و نیتروژن ($P < 0.01$) بر زیتوده و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. کم‌ترین مقدار زیتوده در تیمار W1N0 برابر۱۴۵۳۷کیلوگرم بر هکتار و بیش‌ترین مقدار زیتوده در تیمار W4N200 برابر ۲۷۸۹۳ کیلوگرم بر هکتار مشاهده شد. کم‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری برابر ۳/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری W2 و بیش‌ترین مقدار برابر ۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح آبیاری W4 رخ داد. بطورکلی افزایش مقدار نیتروژن مصرفی سبب افزایش زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری شد. نتایج نشان داد روش آبیاری قطره‌ای – نواری از طریق افزایش راندمان آبیاری وکاهش تبخیر از سطح خاک سبب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش میزان محصول تولیدی ذرت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کارآیی مصرف آب آبیاری، کم آبیاری، کود نیتروژنی، عملکرد زیتوده

مقدمه

با توجه به بحران کمبود آب در کشور و واقع شدن ایران در کمربند خشک کره زمین، برای تولید محصول و امنیت غذایی در کشور ضرورت دارد بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی افزایش پیدا کند. یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای - نواری است که می‌تواند موجب صرفه‌جویی مصرف آب، کاهش تلفات تبخیر، نفوذ عمقی و رواناب شود. براساس مطالعات انجام شده می‌توان از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای‌نواری در مناطق خشک و نیمه‌خشک با توزیع مناسب آب و راندمان بالا به عنوان یک راه حل مطمئن برای تولید محصول در شرایط کمبود آب استفاده کرد (Jalali and Rowell., 2003)، اما بدون مدیریت صحیح آب و کود نیتروژنه سیستم‌های آبیاری مکانیزه نمی‌توانند به تنهایی سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب شوند (Kiani et al., 2016).

کم آبیاری یک مدیریت آگاهانه برای افزایش بهره‌وری مصرف آب است، که در آن مدیریت آب کاربردی کم‌تر از نیاز آبی گیاه است. در این مدیریت به گیاه اجازه تجربه تنش‌های کم در زمان‌های غیرحساس دوره رشد را می‌دهند، و کمی کاهش عملکرد قابل پذیرش است (Costa et al., 2007 و Geerts and Raes., 2009). کم آبیاری ذرت و اثر آن بر شاخص‌های عملکرد ذرت در سیستم آبیاری بارانی (Gheysari et al., 2009)، سیستم ریشه ذرت (Liang et al., 2008 و Gheysari et al., 2015) و از طریق کاهش آب کاربردی در تمام دوره رشد گیاه و یا حذف یک یا چند آبیاری در طی دوره رشد گیاه ذرت (Farre and Faci., 2009) گزارش شده است. زمان کاکل دهی در مقایسه با مرحله پر شدن دانه (Farre and Faci., 2009)، مرحله رشد طولی ساقه در مقایسه با زمان جوانه‌زنی

۱- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استادگروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: gheysari@cc.iut.ac.ir

(Kang et al., 2003) از حساسیت بیش‌تری به کم آبیاری برخوردار است. اثر نوع مدیریت کم آبیاری بر ضریب حساسیت تنش آب ذرت نشان داد که عملکرد زیتوده ذرت به مدیریت کم آبیاری از طریق کاهش عمق آب کاربردی کم‌تر از کم آبیاری از طریق افزایش دور آبیاری می‌باشد (Gheysari et al., 2017).

کاهش عملکرد و کیفیت گیاه تحت تاثیر کمبود نیتروژن، یکی از مهم‌ترین عناصر در تغذیه گیاهان، گزارش شده است (Salvagiotti et al., 2009) اگر چه نیتروژن یک عنصر کلیدی است و نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان دارد، مدیریت نیتروژن تحت تاثیر مقدار آب کاربردی از مباحث مهم در راستای افزایش بهره‌وری مصرف نیتروژن و کاهش مخاطرات زیست محیطی است (Rodrigues et al., 2006). مقدار آب و نیتروژن مصرفی دو عامل مهم و تاثیرگذار بر زیتوده بوده و رابطه خطی آن‌ها گزارش شده است (رجبی و همکاران، ۱۳۸۶). اما در سیستم آبیاری بارانی رابطه عملکرد با آب کاربردی و مقدار نیتروژن خطی نبوده و مقدار کود نیتروژن مصرفی باید متناسب با آب کاربردی باشد (Gheysari et al., 2009).

استفاده متعادل از کود نیتروژن در زمان‌های حساس دوره رشد گیاه، علاوه بر حصول تولید محصول زیاد، منجر به کاهش تلفات کود نیتروژن می‌شود. پژوهش‌های گوناگونی توسط پژوهشگران در زمینه اثر متقابل سطوح مختلف آب و کود نیتروژن برای گیاهان مختلف نظیر آفتاب‌گردان در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری (Kiani et al., 2016)، ذرت در سیستم آبیاری بارانی (Gheysari et al., 2009 and 2015) و گندم زمستانه و ذرت (Kang et al., 2003) انجام گرفته است. اثر متقابل آب و نیتروژن بر عملکرد دانه و زیتوده ذرت در بافت خاک سیلتی رسی در منطقه کرمانشاه نشان داد، افزایش هم‌زمان آب و کود نیتروژنی سبب افزایش عملکرد ذرت می‌شود اما افزایش کود نیتروژنی در شرایط تنش آبی سبب کاهش عملکرد می‌گردد (قبادیان و همکاران، ۱۳۹۲). قبلا کاهش مصرف کود نیتروژنی متناسب با تنش آبی اعمال شده، گزارش شده است (Rimski et al., 2009). بنابراین برای هر سطح آب کاربردی یک سطح کود بهینه وجود دارد که متناسب با نوع سیستم آبیاری باید برای گیاه مشخص شود (Gheysari et al., 2009). استفاده از سطح بهینه آب و کود نیتروژن موجب افزایش بهره‌وری و کارآیی مصرف آب می‌گردد (حیدری‌پور و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به وجود صنعت تولید شیر در استان اصفهان ذرت علوفه‌ای از مهم ترین گیاهان علوفه‌ای موردنیاز این صنعت است، به همین دلیل کشاورزان تمایل به کاشت آن پس از برداشت گندم و یا جو دارند. بنابراین ضرورت دارد راه‌کارهای مدیریتی افزایش بهره‌وری مصرف آب و نیتروژن برای تولید محصول ذرت علوفه‌ای با کم‌ترین میزان مصرف آب کاربردی و کم‌ترین مخاطرات زیست محیطی مورد بررسی قرارگیرد. با توجه به توسعه سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری در کشت ذرت علوفه‌ای بررسی عوامل موثر مدیریتی در کشت محصول اهمیت دارد. هدف از انجام این پژوهش تعیین سطح بهینه آب و کود نیتروژن و بررسی عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری در خاک لوم‌رسی است.

مواد و روش‌ها

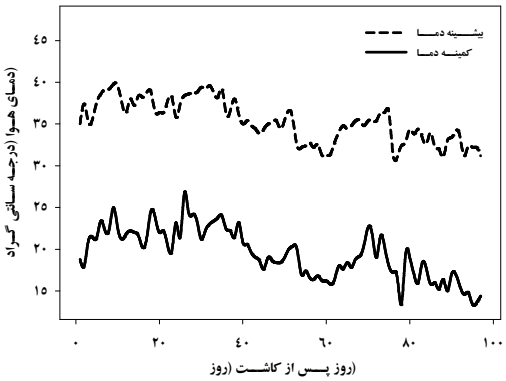
سایت آزمایشی

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ با عملیات کشت به صورت مکانیزه برای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع درمنطقه لورک نجف‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اصفهان) انجام گرفت. این منطقه در موقعیت جغرافیایی۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی، ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع از سطح آب‌های آزاد در این منطقه ۱۶۳۰ متر است. طی ۱۰۳ روز دوره رشد گیاه میانگین کمینه دمای روزانه ۱۹/۵ درجه سلسیوس و میانگین بیشینه دمای روزانه ۳۵/۳۵ درجه سلسیوس بود (شکل ۱و۲). بافت خاک مزرعه آزمایشی لوم‌رسی بود.

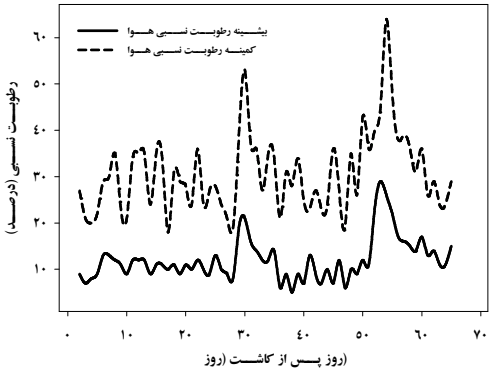
فاکتور اول چهار سطح آب آبیاری و فاکتور دوم سه سطح کود نیتروژن بود که طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در۳۶ پلات با ابعاد ۲/۵ متر در ۳/۷۵ متر و کشت به صورت ردیفی با فاصله ردیف کشت ۷۵ سانتی‌متر و در هر پلات ۵ ردیف کشت به طول ۲/۵ متر اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل دو سطح تنش آبیاری، یک سطح آبیاری کامل و یک سطح بیش آبیاری و تیمارهای کودی شامل سطح کود بدون نیتروژن (تیمار شاهد)، سطح کود ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بودند.

مدیریت آبیاری

سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری برای مدیریت آبیاری استفاده شد. عمق آبیاری برای تیمار آبیاری کامل (W3) محاسبه گردید و سایر تیمارهای آبیاری، ضریبی از عمق آب تیمار آبیاری کامل را دریافت می‌کردند. ضرایب ۰/۸، ۰/۹۳، ۱ و ۱/۰۶ به ترتیب برای سطوح آبیاری W1، W2، W3 و W4 استفاده شد. زمان آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) برابر ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک در عمق توسعه ریشه گیاه در تیمار آبیاری کامل (W3) تعیین گردید (Allen et al., 1998). عمق آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد گنجایش زراعی (FC) برای تیمار آبیاری کامل محاسبه و اعمال گردید (Kiani et al., 2016). برای کنترل عمق آب آبیاری از کنتور حجمی که در مسیر جریان نصب شده بود، استفاده شد.



شکل ۱- تغییرات کمینه و بیشینه دمای روزانه هوا نجف‌آباد از ۵ تیرماه، نیمه اول سال ۱۳۹۵



شکل ۲- تغییرات کمینه و بیشینه رطوبت نسبی روزانه هوا نجف‌آباد از ۵ تیرماه، نیمه اول سال ۱۳۹۵

دور آبیاری تابع میزان تخلیه رطوبت از نیم‌رخ خاک در تیمار آبیاری کامل بود، بنابراین دور آبیاری در طول فصل رشد یکسان نبود اما آبیاری تیمارهای مختلف آبیاری هم‌زمان انجام شد. عمق آب آبیاری (D_{irrig}) در تیمار آبیاری کامل به شرح زیر محاسبه شد. میزان رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (θ_{IR}) در تیمار آبیاری کامل (بر حسب درصد) با انتخاب ٪ ۲/۵± ۵۰ = MAD از رابطه‌ی ۱و ۲ محاسبه گردید (Kiani, et al., 2016).

$$\theta_{IR} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times \text{MAD} \quad (۱)$$

$$D_{irrig} = (\theta_{FC} - \theta_{IR}) * Z_r \quad (۲)$$

در اینجا θ_{FC}: رطوبت در حد گنجایش مزرعه برحسب درصد، θ_{PWP}: رطوبت در حد پژمردگی دایم بر حسب درصد، D_{irrig}: عمق آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل و Z_r: عمق توسعه ریشه (تا روز چهل و یکم ۳۰ سانتی‌متر و پس از آن ۵۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. برای کنترل و تخمین زمان آبیاری تبخیر - تعرق روزانه گیاه محاسبه شد و پس از هر آبیاری مقدار تجمعی ET_C محاسبه گردید، زمانی که مقدار تجمعی ET_C پس از هر آبیاری (ΣET_C) به عمق مجاز تخلیه رطوبت از خاک ($D_{MAD50\%}$) که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد، رسید ($\Sigma ET_C \cong D_{MAD50\%}$)، آبیاری بعدی انجام شد. تبخیر – تعرق مرجع روزانه با استفاده از معادله فائو – پنمن – مانتیث (FPM) و داده‌های به‌هنگام هواشناسی ایستگاه نجف‌آباد محاسبه گردید. برای اطمینان از صحت اجرای برنامه آبیاری با روش نمونه-گیری وزنی قبل از آبیاری، وضعیت رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل بررسی شد.

$$D_{MAD50\%} = (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) * MAD * Z_r \quad (۳)$$

مدیریت کود نیتروژن

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و پیش از کاشت در زمین عملیات پخش کود صورت گرفت، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس استفاده شد. در طول فصل کشت کود نیتروژن از منبع کودی اوره با ۴۶ درصد نیتروژن در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری به صورت تقسیط برای هر تیمار به گیاه داده شد. تیمارهای کود نیتروژن شامل تیمار کود شاهد (N0) که بدون مصرف کود نیتروژن، تیمارکود (N1) که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار (N2) که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. درمرحله ۱۲ برگی گیاه ۵۰ درصد، در مرحله ۱۸ برگی ۳۵ درصد و در مرحله تاسل‌دهی ۱۵ درصد از کود نیتروژن هر تیمار به گیاه به صورت تزریق در سیستم آبیاری (کود – آبیاری) داده شد.

شاخص‌های اندازه‌گیری

به منظور کنترل مقدار و زمان آبیاری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری به روش وزنی اندازه‌گیری شد. داده‌های رطوبت در نیم‌رخ خاک در چهار محل از طریق لوله‌های دسترسی که در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از ردیف گیاه نصب شده بودند با استفاده از پروب دستگاه PR2 (مدل Um-4.0 Delta-T Device Ltd) اندازه‌گیری شد. قبل از کاشت نمونه خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکی و تعیین نیتروژن اولیه اندازه گیری شد. در ابتدای دوره قبل از کاشت از هشت نقطه مزرعه تا عمق ۶۰ سانتی‌متر نمونه خاک برای تعیین مقدار نیتروژن اولیه خاک تهیه شد. مقدار نیتروژن اولیه خاک بطور متوسط ۳۵±۵۰ کیلوگرم درهکتار برای۵۰ سانتی‌متری عمق توسعه ریشه بود. هم‌چنین غلظت نیترات آب آبیاری در سه مرحله طی دوره رشد اندازه-گیری شد. غلظت نیترات در آب آبیاری بطور متوسط ۳۰ میلی‌گرم در

لیتر بود، با توجه به حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری مقدار نیتروژن وارد شده به خاک از طریق آب آبیاری در تیمارهای آبیاری W1، W2، W3 و W4 به ترتیب ۳۵، ۳۸، ۴۱ و ۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بنابراین در این تحقیق سطوح بدون مصرف کود نیتروژن در تیمار با تنش شدید و بیش آبیاری به ترتیب بطور متوسط بین ۳۵±۸۵ تا ۳۵±۹۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دسترس داشت. نکته قابل توجه در این پژوهش انحراف معیار زیاد در نیتروژن باقی‌مانده خاک بین تکرارهای مختلف است، این موضوع به غیرهمگن بودن خاک از نظر نیتروژن-نیتراتی در شرایط اولیه ارتباط دارد.

پارامترهای برداشت محصول شامل طول ساقه، شاخص سطح برگ و عملکرد گیاه بودند. طی دوره رشد در چهار مرحله نمونه‌های گیاهی جهت تعیین وزن زیتوده و هم‌چنین در مرحله نهایی برای اندازه‌گیری نیتروژن برداشت شده توسط گیاه تهیه شدند. اولین نمونه گیاهی ۳۷ روز پس از کاشت و نمونه‌های بعدی در زمان‌های ۵۲ و ۶۸ روز پس از کاشت و آخرین نمونه‌گیری برداشت علوفه‌ای بود. نمونه‌های گیاهی جهت تعیین زیتوده به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

در طی دوره رشد، سطح برگ و ارتفاع گیاه در سه مرحله اندازه-گیری شد. اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله ۱۲ برگی، ۱۸ برگی و تاسل دهی از تمامی پلات‌ها انجام شد. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل WINAREA-UT-11) و اندازه‌گیری عریض‌ترین مقطع برگ و طول برگ استفاده شد. ضریب اصلاحی برای تعیین سطح برگ در مراحل رشد گیاه و در تیمارهای مختلف بین ۰/۷ تا ۰/۷۵ بدست آمد. از این نسبت برای تعیین سطح برگ ذرت در سایر بوته‌ها استفاده شد، بطوری که برای اندازه‌گیری سطح برگ، طول در بیش‌ترین عرض برگ ضرب شده و سپس در ضریب مذکور ضرب شد.

تیمارهای آزمایشی با استفاده از طرح آماری کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

آب کاربردی و تبخیر - تعرق

مقدار تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه شده با استفاده از داده‌های هواشناسی نجف‌آباد و معادله فائو پنمن مانتیث (FPM) (Allen et al., 1998) طی دوره رشد ۱۰۳ روزه گیاه ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه ۷۲۶/۲ میلی‌متر بود. با استفاده از ضرایب گیاهی (Kc) ارایه شده توسط (قیصری و همکاران ۱۳۸۵) و ET_0 محاسبه شده با استفاده از روش FPM مقدار تبخیر - تعرق گیاه ذرت (ET_C) طی دوره رشد ۱۰۳ روزه ۶۳۱ میلی‌متر تعیین شد. مقدار آب کاربردی (عمق ناخالص) برای تیمارهای آبیاری تنش شدید، تنش ملایم، آبیاری کامل و بیش آبیاری به ترتیب برابر ۵۸۵، ۶۳۳، ۶۷۸ و ۷۱۹ میلی‌متر بودند. هم‌چنین در طی انجام پژوهش هیچ بارندگی رخ نداد. با توجه به کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی در دو آبیاری اول و دوم (روز اول و دوم) ۵۸ میلی‌متر آب آبیاری به منظور جبران کمبود آب خاک تا حد FC انجام شد. بنابراین حدود ۳۰ میلی‌متر آب آبیاری داده شده در تمام تیمارها برای جبران کمبود آب خاک تا رطوبت حد آستانه (MAD=50%) در عمق ۵۰ سانتی‌متری بود. تعداد آبیاری در طی دوره رشد ۳۴ بود، که ۱۵ آبیاری تا ۲۱ روز پس از کاشت بدون لحاظ نمودن تیمار آبیاری انجام و مابقی با اعمال سطوح آبی انجام شد. غلظت نیترات در آب آبیاری ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بود که با توجه به مقدار آب کاربردی در تیمارهای W1، W2، W3 و W4 به ترتیب ۳۵، ۳۸، ۴۱ و ۴۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن وارد خاک کرد.

بررسی آماری شاخص‌های گیاهی و کارآیی مصرف آب

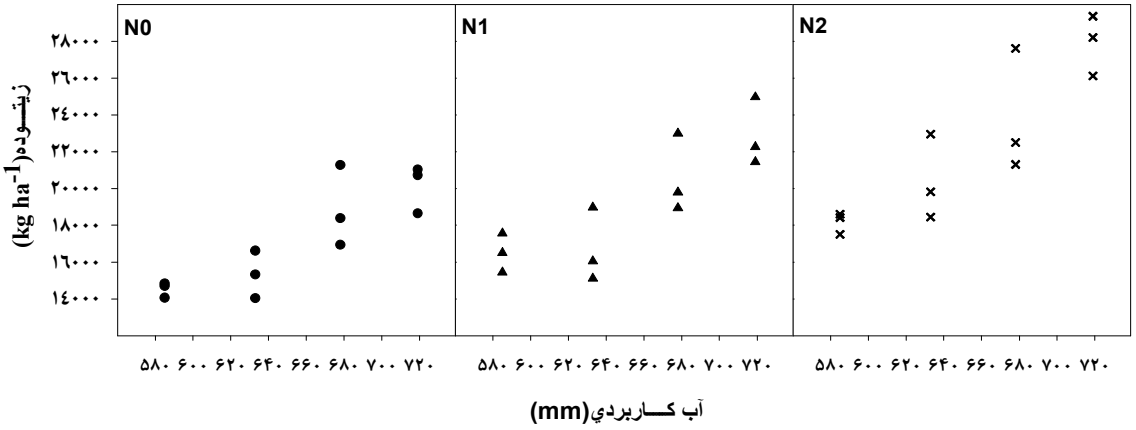
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای با سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. ولی این اثر بر شاخص سطح برگ بیشینه معنی‌دار نشد. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم کنش آبیاری و کود نیتروژن برای هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۱).

به طور کلی افزایش آب کاربردی تا سطح آبیاری W4 سبب افزایش زیتوده در زمان برداشت علوفه‌ای شد (شکل ۳). زیتوده بین تیمارهای بیش آبیاری و آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری داشتند، هم-چنین مقدار زیتوده تیمارهای W3 و W4 با دو سطح کم آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش نیتروژن مصرفی از N0 تا N2، میزان زیتوده افزایش یافت. براساس نتایج مقایسه میانگین برای تمام سطوح کود نیتروژن بیش‌ترین میزان زیتوده برای تیمار آبیاری W4، برابر ۲۳۶۴۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. مشاهده بیش‌ترین زیتوده در تیمار بیش آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در تحقیقات (Kiani, et al., 2016) نیز گزارش شده است. هم‌چنین بر اساس مقایسه میانگین برای تمام سطوح آبیاری بیش‌ترین مقدار زیتوده مربوط به تیمار کودی N2 برابر ۲۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری، کود نیتروژنی و اثر متقابل آب و کود نیتروژنی بر زیتوده (TB) و کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) و شاخص سطح برگ بیشینه (LAI_X) در ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای

	میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	TB	IWUE	LAI_X
بلوک	۲	^{ns}۴/۳۵	^{ns}۰/۵۲	^{ns}۰/۵۲
آبیاری	۳	*۸۶/۸۱	*۰/۳۶	^{ns}۰/۳۶
خطای الف	۶	۶/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۰
نیتروژن	۲	**۸۳/۱۶	**۲/۶۷	^{ns}۲/۶۷
خطای ب	۴	۲/۳۰	۰/۱۰	۰/۱۰
آبیاری × نیتروژن	۶	^{ns}۲/۸۶	^{ns}۰/۰۹۳	^{ns}۰/۰۹۳
خطای ج	۱۲	۲/۱۳	۰/۰۸۱	۰/۱۳
درصد ضریب تغییرات	-	۷/۴۴	۸/۴۸	۷/۲۷

*و ** به ترتیب بیان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۳- روند تغییرات عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب کاربردی در سه تیمار کودی صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

افزایش آب آبیاری به میزان ۶ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد به میزان ۱۲ درصد شد. از طرفی کاهش آب آبیاری به میزان ۷ و ۱۴ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۷ و ۲۲ درصد شد. همان‌طور که مشاهده شد تغییرات عملکرد تحت تاثیر افزایش و یا کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل یکسان نیست. بطوری‌که به ازای یک درصد مشخص کاهش آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل شدت کاهش عملکرد بیش‌تر از افزایش عملکرد به ازای افزایش همان مقدار آب می‌باشد. بنابراین کم آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری با محدودیت پیاز رطوبتی گزینه مطلوبی نیست و در صورت نیاز به کم آبیاری باید با دقت زیادی انجام شود. مولایی و همکاران (۱۳۹۳) در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری روی سیب‌زمینی نشان دادند ۱۶ درصد کاهش آب آبیاری سبب ۵۸ کاهش عملکرد محصول در واحد سطح نسبت به آبیاری بارانی شده است.

اگرچه IWUE بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشتند، بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری (۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب) در سطح آبیاری W4 مشاهده شد. روند تغییرات کارآیی مصرف آب آبیاری این‌گونه بود که در سطح آبیاری W4 بیش‌ترین مقدار و سپس با کاهش آب آبیاری تا سطح W2 کارآیی مصرف آب آبیاری کاهش یافت، پس از آن با کاهش مصرف آب آبیاری تا سطح W1 میزان کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش یافت. کم‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری در تیمار کم آبیاری ملایم (W2) برابر با ۳/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. با افزایش نیتروژن مصرفی از N0 تا N2 شاخص کارآیی مصرف آب آبیاری از ۲/۸۸ به ۳/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت (جدول۲). براساس نتایج مقایسه میانگین برای تمام سطوح کود نیتروژن بیش‌ترین کارآیی مصرف آب

آبیاری برای مدیریت آبیاری W4، ۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. هم‌چنین براساس مقایسه میانگین برای تمام سطوح مدیریت آبیاری بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار کودی N2 با مقدار ۳/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین سطوح مختلف آب و کود نیتروژن برای شاخص‌های زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت در مرحله رسیدگی، رقم سینگل کراس ۷۰٤

تیمارها		TB (kg/ha)	IWUE (kg/m^3)
سطوح آبیاری	W1	^{c}۱۶۴۰۳	^{b}۳/۳
	W2	^{c}۱۷۴۸۴	^{c}۳/۱
	W3	^{b}۲۱۰۸۷	^{a}۳/۵
	W4	^{a}۲۳۶۴۱	^{a}۳/۵۷
سطوح نیتروژن	N0	^{c}۱۷۲۲۵	^{c}۲/۸۸
	N1	^{b}۱۹۱۶۱	^{b}۳/۳۴
	N2	^{a}۲۲۱۷۰	^{a}۳/۸۶

برای هر فاکتور آبیاری و کود نیتروژن به طور جداگانه، دو میانگین که حداقل در یک حرف مشترک می‌باشد، در سطح احتمال ۵ درصد مطابق آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقدار عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ تحت تاثیر چهار سطح مختلف آب (تنش شدید تا بیش آبیاری) و سه سطح کود نیتروژنی (صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بین ۱۱۷۳۴ تا ۱۹۸۹۹ کیلوگرم در هکتار تحت سیستم آبیاری بارانی برای منطقه نیمه‌خشک ایران گزارش شده است (Gheysari et al., 2009). در تحقیق مذکور برای عملکردهای گزارش شده مقدار آب کاربردی به ترتیب ۷۶۴ تا ۱۰۲۶ میلی‌متر بود. در صورتی‌که تحت سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری در این پژوهش عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ بین ۱۶۴۰۳ تا ۲۳۶۴۰ کیلوگرم در هکتار و مقادیر آب کاربردی (عمق ناخالص) متناظر آن ۵۸۵ تا ۷۱۹ میلی‌متر بود.

در تحقیقات گذشته میزان کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در دامنه وسیعی گزارش شده است. تغییرات کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای بین ۱/۰۲ تا ۲/۴۳ و ۴/۲۷ تا ۸/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب در سطوح مختلف آبیاری برای ذرت علوفه‌ای گزارش شده است (Gheysari et al., 2015). دامنه وسیع تغییرات به دلیل تفاوت در نوع مدیریت آبیاری و کود نیتروژنی و هم‌چنین نزولات جوی می‌باشد. زیرا در برخی مطالعات مقدار آبی که از باران برای گیاه تامین شده است را در محاسبه کارآیی مصرف آب آبیاری وارد نکرده‌اند.

نتایج سایر تحقیقات نشان داد با اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری بر هیبریدهای زودرس ذرت، کارآیی مصرف آب بین رژیم‌های آبیاری معنی‌دار بود. آن‌ها علت اصلی را به کاهش مقدار آب آبیاری در شیوه آبیاری نسبت دادند (Ahmadi et al., 2013). کریمی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند اگرچه کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کل، بلال و اجزای عملکرد ذرت نسبت به آبیاری کامل شد، اما بهره‌وری آب در این حالت به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Karimi et al., 2009).

ارتفاع و قطر ساقه ذرت

صفات ارتفاع و قطر ساقه در چهار مرحله از رشد گیاه اندازه‌گیری شدند. به طور کلی ارتفاع و قطر ساقه گیاه ذرت در همه سطوح آبیاری و کود نیتروژن، تا پایان دوره رشد رویشی (مرحله سوم اندازه-گیری) با شیب زیادی افزایش یافت. ارتفاع ساقه پس از آن ثابت یا با شیب ملایم افزایش یافته است (شکل‌های۴ و ۵).

کم‌ترین (۱۷۶ سانتی‌متر) و بیش‌ترین (۲۰۵سانتی‌متر) ارتفاع گیاه به ترتیب در تیمارهای آبی W1N0 و W4N2 در مرحله تاسل دهی مشاهده شد. در سطح آبیاری کامل متوسط ارتفاع ذرت در مرحله تاسل در تیمارهای N0، N1 و N2 به ترتیب ۲۲۸، ۲۳۷/۹ و ۲۳۷/۲ سانتی‌متر بود. در تیمارکودی N1 بیش‌ترین ارتفاع گیاه در سطح آبی W4 برابر ۲۵۰ سانتی‌متر بود. حداکثر طول ساقه مشاهده شده در این تحقیق (۲۵۰/۵ سانتی‌متر) با مقدار گزارش شده توسط سایر محققان، که در محدوده ۲۴۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر گزارش شده است، تطبیق دارد (Gheysari et al., 2009).

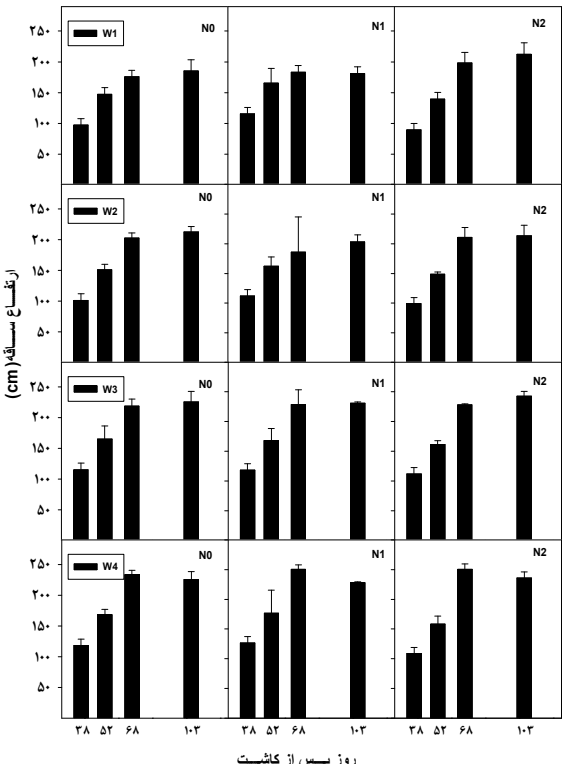
کریمی و همکاران (۱۳۸۸) بررسی کردند کم آبیاری تاثیر معنی-داری در سطح یک درصد روی ارتفاع بوته‌های ذرت داشت. بوته‌هایی که در شرایط بدون آبیاری رشد کردند، در مقایسه با سایر تیمارها، ارتفاع کم‌تری داشتند. مطالعات متعددی کاهش ارتفاع بوته ذرت را در اثر کاهش مقدار آب موردنیاز گزارش کرده‌اند (Traore et al., 2000 و Gavloski et al., 1992).

روند تغییرات قطر ساقه در طی دوره رشد به غیر از مرحله آخر

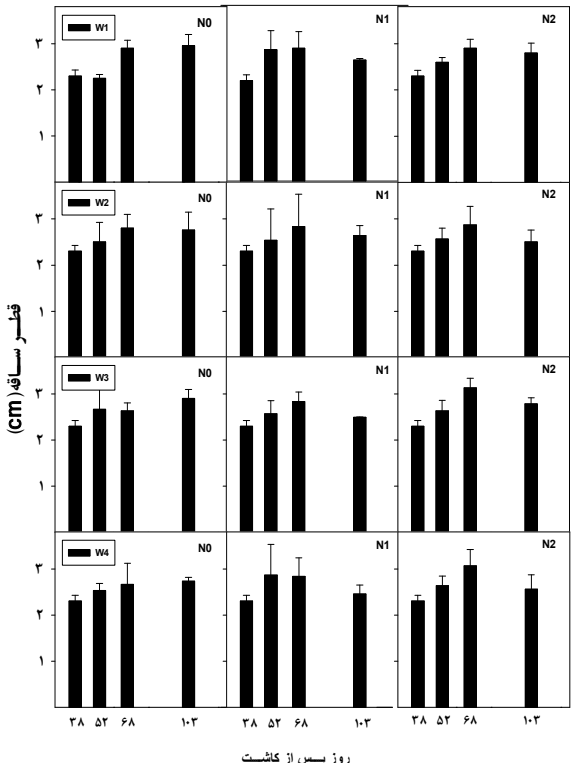
نمونه‌گیری (مرحله خمیری) افزایشی بود. قطر ساقه در سومین مرحله رشد (۶۸ روز پس از کاشت) بیش‌ترین مقدار خود را داشت و پس از آن در مرحله آخر کمی کاهش پیدا کرد. سطوح مختلف کود نیتروژنی تاثیر مشخصی بر قطر ساقه نداشت که شاید بتوان دلیل آن را به مقدار نیتروژن اولیه خاک و نیترات موجود در آب آبیاری ارتباط داد. زیرا طبق محاسبات بیلان نیتروژن، مقدار نیتروژن اولیه خاک در عمق توسعه ریشه و نیتروژن اضافه شده از طریق آبیاری در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنی برای سطوح مختلف آب کاربردی بین ۸۵ تا ۹۹ کیلوگرم در هکتار متغیر بود.

اثر متقابل آب و کود نیتروژنی بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت

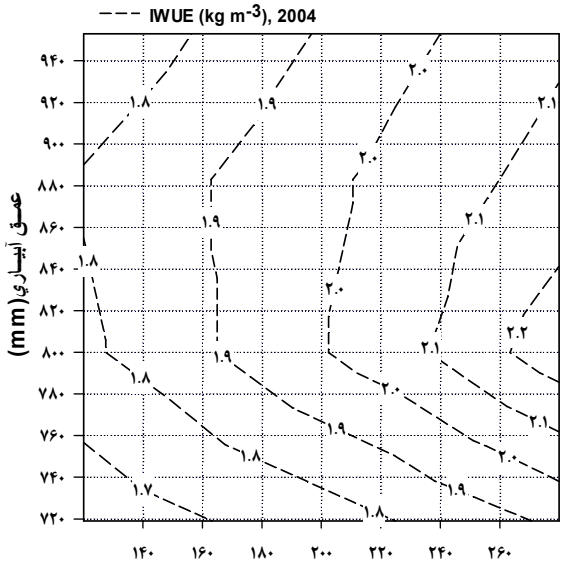
اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. کارآیی مصرف آب آبیاری زیتوده خشک ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در تیمار آبیاری کامل با سطح کافی نیتروژن ۴/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. خطوط هم عملکرد زیتوده کل اندام هوایی در برداشت علوفه‌ای و کارآیی مصرف آب تحت تاثیر اثر متقابل آب و کود نیتروژن روی ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری نشان داده شده است (شکل ۶ و ۷). همان‌طور که مشاهده شد میزان عملکرد در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری با توجه به میزان کود مصرف شده در این پژوهش بین ۱۵۰۰۰ تا ۲۷۰۰۰ کیلوگرم برهکتار و کارآیی مصرف آب آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری بین ۲/۸ تا ۴/۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. شیب هر خط هم میزان، مقدار زیتوده و کارآیی مصرف آب را با توجه به آب آبیاری نسبت به نیتروژن مصرف شده نشان می‌دهد. با افزایش شیب در خطوط هم میزان، مقدار زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش می‌یابد. به طور مثال در این پژوهش برای مقدار آب آبیاری ۷۰۰ میلی‌متر و کود نیتروژن ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان عملکرد برابر ۲۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و مقدار کارآیی مصرف آب آبیاری حدود ۳ کیلوگرم بر مترمکعب است (شکل ۶ و ۷).



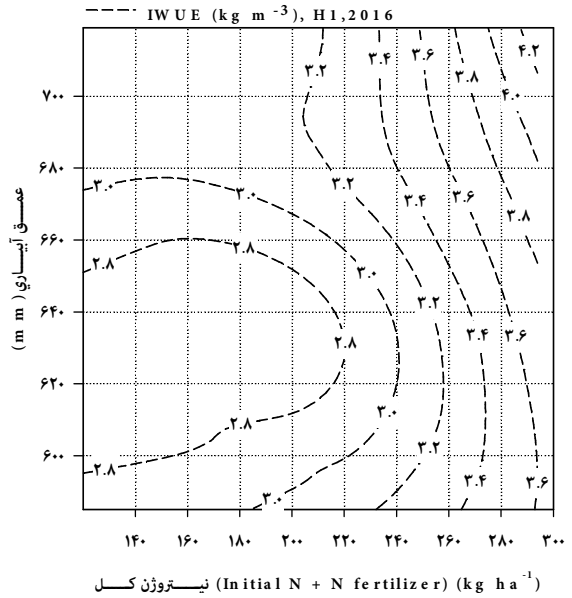
شکل ٤- تغییرات ارتفاع ساقه گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی



شکل ٥ - تغییرات قطر ساقه گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ طی دوره رشد تحت تاثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژنی



شکل ٦- اثر متقابل آب کاربردی و کل کود نیتروژنی بر عملکرد زیتوده ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری



شکل ۷- اثر متقابل آب کاربردی و کل کود نیتروژنی بر کارآیی مصرف آب آبیاری ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری

کم‌ترین فاصله خطوط هم عملکرد در راستای خط ۱:۱ می‌باشد (شکل ۶)، یا به عبارتی با فاصله گرفتن از خط ۱:۱ فاصله خطوط هم عملکرد بیش‌تر می‌شود، این موضوع نشان می‌دهد که برای هر سطح آب کاربردی یک سطح بهینه‌ای از کود نیتروژن وجود دارد که در آن سطح بیش‌ترین عملکرد زیتوده رخ می‌دهد. به طوری‌که با افزایش آب کاربردی مقدار کود نیتروژنی موردنیاز نیز افزایش می‌یابد.

در عمق آب کاربردی ۶۴۰ میلی‌متر فاصله خطوط هم‌میزان برای IWUE کم‌ترین مقدار می‌باشد، یعنی در این سطح آب کاربردی با افزایش یک مقدار مشخص کود نیتروژن بهره‌وری مصرف آب آبیاری بیش‌تر از سایر سطوح آب کاربردی (مقادیر آب کاربردی کم‌تر و بیش‌تر از ۶۴۰ میلی‌متر) افزایش می‌یابد (شکل ۷). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در این شرایط آزمایش بیش‌ترین بهره‌وری مصرف نیتروژن در سطح آب کاربردی ۶۴۰ میلی‌متر می‌باشد. براساس عملکرد، سطح بهینه کل نیتروژن (نیتروژن اولیه خاک، نیتروژن برداشت شده توسط گیاه، نیتروژن باقی‌مانده در خاک) ۲۹۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای سطوح آبیاری ۷۰۰ و ۶۶۰ میلی‌متر است و براساس IWUE سطح بهینه کود نیتروژن ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار برای سطح آب ۶۶۰ میلی‌متر و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار برای سطح آب ۶۴۰ میلی‌متر بود.

با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، کارآیی مصرف آب آبیاری افزایش یافته هرچند کارآیی مصرف آب آبیاری برای سطوح نیتروژن بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مقدار کل نیتروژن ضروری را برای تولید بهینه محصول در منطقه مدیترانه‌ای ۲۶۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش شده است (Bilbao et al., 2004). هم‌چنین در سیستم آبیاری قطره‌ای با وجود این‌که کارآیی مصرف آب آبیاری بیش‌تر است کود کم‌تری مصرف شده که باعث کاهش اثرات زیان‌آور محیطی می‌شود و نشان دهنده افزایش کارآیی مصرف کود در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در مقادیر متوسط کود نیتروژن نسبت به سیستم‌های دیگر است (طریق السلامی و همکاران، ۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

مقدار آب کاربردی برای تیمارهای کم آبیاری شدید، ملایم، آبیاری کامل و بیش آبیاری به ترتیب برابر ۵۸۵، ۶۳۳، ۶۷۸ و ۷۱۹ میلی‌متر بود. مقدار تبخیر - تعرق واقعی گیاه در تیمارهای مذکور به ترتیب برابر ۵۴۹، ۵۹۱، ۶۳۰ و ۶۶۵ میلی‌متر بدست آمد. به طور کلی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه ذرت در مرحله برداشت علوفه‌ای با سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر زیتوده و کارآیی مصرف آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. افزایش آب آبیاری به میزان ۶ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد به میزان ۱۲ درصد شد. کاهش آب آبیاری به میزان ۷ و ۱۴ درصد نسبت به آبیاری کامل موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۷ و ۲۲ درصد شد. سطح بهینه نیتروژن بر اساس عملکرد محصول در سطح آب کاربردی ۷۰۰ و ۶۶۰ میلی‌متر برابر ۲۹۵ و ۲۵۰ کیلوگرم

در هکتار بود و سطح بهینه کود نیتروژن براساس IWUE برای سطوح آب کاربردی متناظر ۲۸۰ و ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. برای هر سطح آب کاربردی سطحی از کود نیتروژن وجود دارد که بیش‌ترین تولید زیتوده خشک و کارآیی مصرف کود نیتروژن را دارد، بطوری‌که با افزایش و یا کاهش کود نیتروژنی بهره‌وری مصرف کود نیتروژون کاهش یافت.

منابع

حیدری‌پور،ر.، نصرتی محلاتی،م.، کوچکی،ع.، زارع فیض‌آبادی،ا. ۱۳۹۳. اثرات سطوح آب و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف و بهره‌وری آب در سه گیاه ذرت(Zea mays L.)، چغندرقند (Beta vulgaris L.) و کنجد (Sesamum indicum L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۶: ۱۸۷-۱۹۸

رجبی الف.،ه. گریفیتس،و.، وبر،ا. ۱۳۸۶. رابطه ایزوتوپ های پایدار کربن با کارایی مصرف آب در چغندرقند در شرایط تنش و بدون تنش خشکی چغندر قند. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۳ ۱۰: ۱-۱۲.

طریق السلامی،م.، کافی،م.، نظامی،ا.، ضرغامی،ر. ۱۳۹۶. تاثیر محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک بر تخفیف اثرات تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد و صفات زراعی در ذرت. نشریه تنش‌های محیطی در محیط علوم زراعی. ۱۰. ۴: ۶۱۵-۶۲۵

قبادیان،ر.، شیرخانی،ع.، جلیلیان،ع. ۱۳۹۴. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژنی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (Sc 704). نشریه زراعت، ۱۰۶: ۷۹-۸۷.

قیصری،م. ۱۳۸۵. تاثیر کود – آبیاری ذرت با روش آبیاری بارانی بر روی آبشویی نیترات تحت سطوح مختلف کود و آب کاربردی. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

کریمی،م.، اصفهانی،م.، بیگلویی،م.ح.، ربیعی،ب.،کافی قاسمی،ع. ۱۳۸۸. تاثیر کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی.۲. :۹۱-۱۱۰

کیانی،م.، قیصری،م.، مصطفی‌زاده‌فرد،ب.، مجیدی،م.م.، لندی،ا. ۱۳۹۳.تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی روزانه دو واریته آفتاب‌گردان یوروفلور و سیرنا تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای – نواری. مجله علوم آب و خاک. ۱۸. ۶۷: ۳۰۰-۲۸۹

مولایی،ب.، قیصری،م.، مصطفی زاده فرد،ب.، مجیدی،م.م.، لندی،ا. ۱۳۹۳. بررسی عملکرد و ویژگی‌های آن برای دو رقم سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای– نواری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۹. ۷۱: ۲۴۱-۲۵۱.

Allen,R.G., Pereira,L.S., Raes,D and Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and drainage paper 56, Rome, Italy. 300 pp.

Ahmadi,J.H., Zieinal,M., Rostami,A., Chogun,R. 2013. Study of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. Iranian Journal of Agricultural Science. 31: 891-907.

Bilbao,M., Martinez,J.J and Delgado,A. 2004. Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in a Mediterranean climate. Agronomy Journal. 96.1: 18-25.

Costa,J.M., Ortuño,M.F and Chaves,M.M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. Journal of Integrative Plant Biology. 49.10: 1421–1434.

Farré,I and Faci,J.M. 2006. Comparative response of maize (Zea mays L.) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 83.1-2: 135–143.

Farre,I and Faci,J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 96.3: 383-394.

Gavloski,J.E., Whitfield,G.H and Ellis,C.R. 1992. Effect of restricted watering on sap flow and growth in corn (Zea mays L.). Canadian Journal of Plant Science. 72.2: 361–368.

Geerts,S and Raes,D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management. 96.9: 1275–1284.

Gheysari,M., Loescher,H.W., Sadeghi,S.H. Mirlatifi,S.M., Zareian,M.J and Hoogenboom,G. 2015. Water-Yield Relations and Water Use Efficiency of Maize Under Nitrogen Fertigation for semiarid Environments: Experiment and Synthesis. In: Sparks, D.L. (Ed.). Advance Agronomy. 130: 175–229.

Gheysari,M., Mirlatifi, Bannayan,S.M., Homaee,M and Hoogenboom,G. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize growth for silage. Agricultural Water Management. 96: 809-821.

Gheysari,M., Mirlatifi,S.M., Homaee,M. Asadi,M.E and Hoogenboom,G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management. 96.6: 946-954.

Gheysari,M., Sadeghi,S.H., Loescher,H.W., Amiri,S., Zareian,M.J., Majidi,M.M., Asgarinia,P and Payero,J.O. 2017. Comparison of deficit irrigation

induced by re-watering after draught stress. Journal North Science Technology. 36: 58-64.

Rimski-Korsakov,H., Rubio,G and Lavado,R.S. 2009. Effect of water stress in maize crop production and nitrogen fertilizer fate. Journal of Plant Nutrition. 32.4: 565-578.

Rodrigues,M.A., Pereira,A., Cabanas,J.E., Dias,L., Pires,J and Arrobas,M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy. 25: 328-335.

Salvagiotti,F., Castellarín,J.M., Miralles,D.J and Pedrol, H.M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research. 113: 170-177.

Traore,S.B., Carlson,R.E., Pilcher,C.D and Rice,M.E. 2000. Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. Agronomy journal. 92:1027 1035.

management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. Agricultural Water Management. 182: 126-138.

Jalali,M and Rowell,D.L. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Experimental agricultural. 39.4: 379-394.

Kang,S., Gu,B., Du,T and Zhang,J. 2003. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. Agricultural Water Management. 59.3: 239-254.

Kiani,M., Gheysari,M., Mostafazadeh-Fard,B., Majidi, M.M., Karchani,K and Hoogenboom,G. 2016. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. Agricultural Water Management. 171: 162-172.

Liang,A.H., Ma,F.Y., Liang,Z.S and Mu,Z.X. 2008. Studies on the physiological mechanism of functional compensation effect in maze root system

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1529-1539

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۳۹-۱۵۲۹

Interaction of Water and Nitrogen on Yield and Irrigation Water Use Efficiency of Corn (Zea of mays) under Drip-Tape Irrigation Management

M.S. Tabatabaei[1], M. Gheysari[2]*, J. Abedi Koupai[3] , Z. Amiri[4]
Recived: Jun.03, 2018 Accepted: Sep.14, 2018

Abstract

Water and nitrogen fertilizer management is essential for increasing water productivity, increasing product production and reducing environmental hazards in modern irrigation systems. The aim of this study was to investigate the interaction of water and nitrogen fertilizer on total biomass (TB) and irrigation water use efficiency (IWUE) of silage maize under drip-tape irrigation system. Four irrigation levels, including two deficit irrigation levels (W1=0.86ETc, W2=0.93ETc), a full irrigation level (W3=ETc), and an over irrigation level (W4=1.06ETc) and three nitrogen fertilizer levels, including no nitrogen fertilizer (N0), 150 kg N ha^{-1} (N150), and 200 kg N ha^{-1} (N200) were considered. The twelve experimental treatments arranged in a strip-plot design with complete randomized blocks with three replicates. The studied indices were stem height and diameter and total biomass during growth period. Irrigation management was performed, based on the calculation of corn evapotranspiration by using FAO-Penman Monteith (FPM) equation and soil moisture measurement in the root depth before each irrigation. The result showed that there was a significant effect of irrigation on total biomass and IWUE ($P < 0.05$). There was a significant effect of nitrogen on TB and WUE ($P < 0.01$). The minimum TB obtained for W1N0 treatment, 14537 kg/ha, and the maximum TB obtained for W4N200 treatment, 27893 kg/ha. The minimum IWUE for total biomass was 3.09 kg/m^3 for W2 level and maximum was 3.57 kg/m^3 for W4 level. Overall, TB and IWUE increased with increasing nitrogen. In general, the results showed that drip-tape irrigation system through increasing irrigation efficiency and decrease of soil surface evaporation would save water consumption and increase the water use efficiency and yield production.

Keywords: Deficit irrigation, Fertigation, Irrigation Water use efficiency, Total biomass

1- Graduated Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
2- Associate Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
3- Professor of Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
4- Graduated Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*-Corresponding Author Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)