

اثرات تنش رطوبتی بر نیاز نیتروژنی و پارامترهای رشد ذرت در سیستم آبیاری بارانی تک شاخه

پرویز حسینی، عبدالحسین ضیائیان¹، و سعید غالبی

دانش آموخته گروه خاکشناسی، واحد داراب، دانشگاه آزاد اسلامی، داراب، ایران؛ [hosseiniparviz1343@gmail.com](mailto:hosseini-parviz1343@gmail.com)

دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ ziaeyan_39@yahoo.com

مری پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب؛ s_ghalebi@yahoo.com

دریافت: 94/7/13 و پذیرش: 95/3/9

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثرات تنش رطوبتی بر میزان نیتروژن مصرفی و پارامترهای رشد ذرت در آبیاری بارانی تک شاخه بود. به همین منظور با استفاده از طرح آماری بلوک‌های خرد شده، اثرات برهمکنش چهار سطح صفر، 90، 180 و 270 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و چهار میزان آب آبیاری (400، 6400، 7500، 8800 و 9500 متر مکعب در هکتار به ترتیب I_1, I_2, I_3, I_4) در سامانه کشت کم خاک ورزی مطالعه شد. در این سامانه، از دستگاه خاک ورز مرکب استفاده شد و کلیه عملیات خاک ورزی از جمله کشت در یک مرحله انجام شد. نتایج نشان داد که اثرات اصلی تیمارهای آبیاری بر ارتفاع و قطر ساقه‌ها، عملکرد علوفه‌تر، غلظت و جذب نیتروژن در سطح ($P < 0.01$) معنی‌دار بود. کاربرد نیتروژن نیز تأثیر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر ارتفاع بوته‌ها، عملکرد تر، میزان رطوبت بوته‌ها در زمان برداشت و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم داشت. در مجموع نتایج نشان داد که: (1) تولید ذرت به شدت وابسته به حجم آب بود بطوری که در هر سطحی از نیتروژن مصرفی، کاهش میزان آب مصرفی موجب کاهش عملکرد گردید. (2) میزان اثربخشی نیتروژن به میزان آب آبیاری بستگی داشت. (3) بالاترین میانگین عملکرد خشک از اعمال تیمار I_1N_{270} به دست آمد. (4) تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و برخی تیمارها از جمله I_3N_{180} (کاربرد توأم 180 کیلوگرم نیتروژن و 7500 متر مکعب آب در هر هکتار) و I_2N_{90} وجود نداشت بنابراین در شرایط کمبود آب تیمار I_3N_{180} برای مناطق مشابه قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: ذرت علوفه‌ای، برهمکنش آب و نیتروژن، شرایط کم آبی

¹نویسنده مسئول، آدرس: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

مقدمه

بدون شک در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا نظیر کشور ما، بعد از آب، نیتروژن گلوگاه رشد نباتات مختلف است. مقدار نیتروژن مورد نیاز به عوامل مختلفی از جمله نوع عملیات خاکورزی، رطوبت، خصوصیات خاک و بخصوص میزان مواد آلی خاک، ژنوتیپ و ... بستگی دارد. تحقیقات بسیار زیادی در رابطه با همبستگی نوع عملیات کشت با میزان نیتروژن مصرفی صورت گرفته است. گزارش ایورالده و همکاران (1995) حاکی از تلفات بیشتر نیتروژن در عملیات بدون خاکورزی نسبت به کشت نرمال است. روبرتز و همکاران (1999) با انجام آزمایشی بر روی پنبه اثرات مقادیر و روش‌های مصرف نیتروژن را در دو شرایط نرمال و بدون خاکورزی را در سه منطقه مطالعه نموده و نتیجه‌گیری نمودند که پنبه در شرایط بدون خاکورزی به کاربرد نیتروژن پاسخ معنی‌داری نمی‌دهد. اعتقاد بر این است که نیتروژن اضافی برای خشتی نمودن اثرات آلی شدن نیتروژن توسط ریزجانداران مصرف می‌شود (سون و ارشد، 2005).

تحقیقات نسبتاً زیادی نیز در رابطه با همبستگی آب و نیتروژن در ذرت صورت گرفته است (سپهری و همکاران، 1381، علیزاده و همکاران، 1391، موسه و همکاران، 2006، پائلو رینالدی، 2008 و عزیزیان و سپاسخواه، 2014). سپهری و همکاران (1381) تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن را بر تولید ذرت مطالعه نموده و نشان دادند که مراحل فنولوژیکی رشد و نمو، تحت تأثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن مصرفی به تأخیر افتاد و طول دوره تأخیر در تیمارهای مختلف متفاوت بود. با کاهش رطوبت خاک و نیتروژن قابل دسترس شاخص سطح برگ نیز به شدت کاهش یافت. موسه و همکاران (2006) نیز با انجام آزمایشی بر روی ذرت در تایلند، اثرات متقابل دو سطح آب (بدون تنش آبی یا آبیاری کامل و تنش آبی قبل از گرده افشانی) و سه سطح نیتروژن (صفر، 80 و 160 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) را بر روی چهار وارسته ذرت تحقیق نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از کاهش عملکرد در اثر تنش رطوبتی بود. پائلو و رینالدی (2008) نیز اثرات متقابل سه رژیم رطوبتی و سه سطح نیتروژن را بر روی ذرت مورد آزمایش قراردادند. آنها دریافتند که با صرفه‌جویی در میزان آب و کود می‌توان در منطقه مدیترانه ذرت با بازده قابل قبول کشت نمود. زورتاولی و همکاران (2009) نیز با انجام یک آزمایش گلدانی سه ساله بر روی گوجه‌فرنگی، اثرات متقابل نیتروژن و آب را بر تجمع و کارایی نیتروژن در فلوریدا را مطالعه نمودند و نتیجه‌گیری

نمودند که کاربرد نیتروژن زیاد در شرایط کمبود آب تأثیر منفی بر عملکرد دارد. یکی از اقدامات مدیریت آبیاری (به ویژه در شرایط کم آبی)، بهینه‌سازی کارایی مصرف آب است. یکی از روش‌های مناسب و متداول تحقیقاتی در بررسی‌های بهینه‌سازی کارایی مصرف آب، استفاده از روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای می‌باشد. در این زمینه هنکس و همکاران (1976)، روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای¹ برای ایجاد رژیم‌های مختلف رطوبتی در شرایط آزمایشات مزرعه‌ای را پیشنهاد داده که به دلیل دقت و سهولت مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات متعددی در ارتباط با اثرات متقابل آب و کود و بهینه‌سازی کاربرد آن‌ها با استفاده از سیستم آبیاری بارانی صورت گرفته است (علیزاده و همکاران، 1391، هافل و همکاران، 2008 و قیصری و همکاران، 2010). قیصری و همکاران (2010) با انجام یک آزمایش 4 ساله، اثرات متقابل سه سطح نیتروژن (صفر، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و چهار سطح آبیاری (70، 85، 100 و 113 درصد تخلیه رطوبتی خاک) را با استفاده از آبیاری بارانی بر روی ذرت علوفه‌ای در ورامین تحقیق نمودند. انگل (1997) سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای را همراه با 6 سطح نیتروژن صفر تا و 160 کیلوگرم در هکتار بر روی جو آزمایش کرد. نتایج وی نشان داد که با افزایش آب آبیاری، میزان عملکرد جو و پاسخ آن را به نیتروژن افزایش می‌دهد. هیل و همکاران (2000) سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای را همراه با 3 سطح نیتروژن صفر، 103 و 206 کیلوگرم در هکتار بر روی علف مرغزار آزمایش کردند.

نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش آب آبیاری عملکرد تمام رقم‌ها افزایش یافت. گزارشات متعددی نیز از معرفی خاکورزی به عنوان یک فعالیت مزرعه‌ای مؤثر بر بهبود خواص فیزیکی خاک، که نهایتاً منجر به بهبود جذب عناصر غذایی و عملکرد بالاتر گیاه می‌گردد، در دست است (بهادر و همکاران، 2007). محققین بسیاری گزارش کرده‌اند که خاکورزی حفاظتی در مقایسه با خاکورزی مرسوم موجب بهبود تهویه خاک (زوریتا، 2000)، تخلل خاک (هائو و همکاران، 2001) حفظ آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و موجودات میکروبی خاک (پاتیل و شلوانتار، 2006) می‌گردد. در ایران توصیه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های کودی در بیشتر موارد در شرایط مطلوب آب آبیاری و عملیات خاکورزی مرسوم انجام شده است اما با توسعه سیستم کم خاکورزی و

¹ Line source sprinkler irrigation system

بخصوص خشکسالی‌های اخیر، مدیریت نیتروژن در تنش‌های مختلف رطوبتی و در سیستم‌های مختلف کشت از اهمیت خاصی برخوردار است و لازم است در این مورد اطلاعات بیشتری به دست آید. با عنایت به این موضوع این تحقیق در فارس با هدف تعیین اثرات تنش‌های مختلف رطوبتی بر میزان نیتروژن مصرفی در زراعت ذرت علوفه‌ای در سامانه کشت کم خاک ورزی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات تنش رطوبتی بر مقدار نیتروژن مصرفی ذرت در سیستم آبیاری بارانی تک شاخه، این تحقیق در سال 1392 در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرکان با نام علمی Fine, carbonatic, termic, Typic Haploxerepts اجرا شد. در این تحقیق، با اجرای یک سیستم آبیاری بارانی تک شاخه و با استفاده از طرح آماری اسپلیت بلوک مرکب در مکان، اثرات اصلی و برهمکنش چهار سطح صفر، 90، 180 و 270 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و چهار میزان آب (I1, I2, I3, I4) با دور آبیاری 8 روز یکبار در سامانه کشت کم خاکورزی در زراعت ذرت بررسی گردید. در این سامانه خاک ورزی، از دستگاه خاک ورز مرکب¹ استفاده شد و کلیه عملیات خاک ورزی از جمله کشت در یک مرحله انجام شد. تیمارهای آبیاری بر مبنای تغییرات میزان آب رسیده به واحد سطح با فاصله گرفتن از آبیاری تعیین شد و عبارت بود از فاصله‌های سه متری عمود بر خط آبیاریها به طوری که 4 تیمار در فاصله 0-3، 3-6، 6-9 و 9-12 متر از طرفین بدین ترتیب چهار رژیم مقدار آب (I1, I2, I3, I4) در سه تکرار در دو نیمه راست و چپ ایجاد شد. برای اجرای این تحقیق، پس از انتخاب زمین و عملیات آماده سازی آن، یک نمونه خاک مرکب تهیه و برای تجزیه به آزمایشگاه ارسال شد و بر اساس دستورالعمل‌های موجود (علی احيایی و بهبهانی زاده، 1373) تجزیه شد.

بر اساس نتایج تجزیه خاک نوع و مقدار کودهای مورد نظر تعیین و بجز نیتروژن بقیه کودها قبل از کشت و همزمان با عملیات کشت مصرف شد. تیمارهای نیتروژن نیز بر اساس طرح و در سه نوبت 1/3 زمان کاشت، 1/3 مرحله V3 (4-5 برگگی) + 1/3 مرحله V10 (قبل از ظهور گل ابریشمی) از منبع اوره به صورت مصرف خاکی، مصرف شد. تیمارهای آبیاری نیز با استفاده از سیستم آبیاری بارانی اعمال شد. بر اساس طرح، سیستم آبیاری

بارانی موردنظر، 8 عدد آبیاریها از نوع رین برد² با دبی تقریبی 0/49 لیتر در ثانیه و شعاع پاشش تقریباً 12/1 متر به فاصله 6 متر از یکدیگر با پایه آبیاری 250 سانتیمتری بر روی یک خط لوله پلی اتیلن 75 میلی متری نصب شد. دو آبیاری اول و آخر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. پلات‌های آزمایشی نیز به موازات لوله‌های فرعی به طول 3 متر انتخاب گردید. بدین ترتیب هر کرت به عرض 3 متر شامل پنج ردیف کاشت 60 سانتی متری و طول 3 متر (مساحت هر کرت 9 متر مربع) به عنوان یک رژیم مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شد. قبل از شروع آزمایش، سیستم به مدت یک ساعت کار کرده و آب آبیاری در ظروف مخصوص جمع‌آوری گردید تا یکنواختی پاشش آبیاریها امتحان گردد (جدول 4). بذر مورد استفاده ذرت رقم سینگل کراس 704 بود که با فاصله 15-20 سانتیمتر و عمق 3-5 سانتیمتر بر روی خطوط کاشت، کشت گردید. در هر نوبت آبیاری میزان آب مصرفی بوسیله کنتور کنترل و بر اساس جبران کسر رطوبت از حد ظرفیت مزرعه و با اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک در تیمار I1 یک روز قبل از آبیاری صورت گرفت. مقدار آب مورد نیاز از رابطه $I = [(\theta_F - \theta) \rho_b \cdot D] / 100$ و با توجه به خصوصیات فیزیکی خاک محاسبه گردید و از طریق سیستم آبیاری بارانی مصرف گردید.

در رابطه فوق I ارتفاع (عمق) آب مصرفی (بر حسب سانتی متر)، θ_F درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، θ درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b وزن مخصوص ظاهری خاک (بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب) و D عمق مؤثر ریشه (بر حسب سانتیمتر) سانتیمتر است. میزان آب آبیاری هر تیمار، در هر نوبت آبیاری توسط قوطی‌های جمع‌آوری آب³، اندازه‌گیری و در نهایت کل میزان آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها در طول فصل رشد تعیین شد و با توجه به مشخص بودن ابعاد قوطی‌ها، میزان کل آب رسیده به هر کرت مشخص و مبنای تیمار آبیاری بود. در انتهای دوره رشد، از هر کرت و در اطراف قوطی‌های جمع‌آوری آب، برداشت به مساحت 4 متر مربع انجام شد. ارتفاع بوته‌ها، قطر ساقه‌ها، عملکرد علوفه‌تر، درصد رطوبت علوفه و عملکرد علوفه خشک تیمارهای مختلف تعیین شد. بعد از برداشت غلظت و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم در علوفه خشک تیمارهای مختلف تعیین

² Rain bird

³ Catch Can

¹ Combinat mashine

(امامی، 1375) و در نهایت محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه خاک و آب

خاک‌های مورد نظر بدون محدودیت شوری با کربن آلی کم، درصد مواد خثی شونده متوسط تا بالا، فسفر کم و پتاسیم و عناصر کم مصرف متوسط بودند. اسیدیته آب مورد استفاده قلیائی و کیفیت آب از لحاظ شوری و قلیائیت متناسب بود میزان کلر و سدیم پائین و مناسب برای استفاده در سیستم آبیاری بارانی بود (جدول 2).

در خاک مزرعه مورد مطالعه میزان رطوبت در حد ظرفیت مزرعه 21%، در نقطه پژمردگی دائم 11% و جرم مخصوص ظاهری 1/5 گرم بر سانتیمتر مکعب بود. بدین ترتیب میزان آب قابل استفاده 10% بود که با توجه به دور آبیاری در زمان 50% کاهش رطوبت از FC، مقدار رطوبت در زمان آبیاری بین 16 تا 17 درصد متغیر بود. عمق مؤثر ریشه ذرت 30 سانتیمتر نیز لحاظ گردید. مقدار آب در تیمارهای مختلف در طول دوره رشد برای تیمارهای مختلف به ترتیب 970، 880، 750 و 640 میلی‌متر اندازه-گیری گردید که طی 10 دوره آبیاری مصرف شده بود.

جدول 1- میانگین نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Zn	Fe	Mn	K	P	O.C.	T.N.V.	pH	EC
..... میلی گرم در کیلوگرم							%.....	dS.m ⁻¹
0/66	5/0	7/7	224	8/5	0/60	32/0	8/1	1/31

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مزرعه مورد آزمایش

مجموع کاتیون ها	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	مجموع آنیون ها	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	EC	pH	
..... میلی اکی والان در لیتر									dS.m ⁻¹		
0/62	5/0	1/8	2/2	1/0	4/5	1/1	ناچیز	1/1	2/3	0/48	8/0

جدول 3- مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

وزن مخصوص ظاهری خاک	کلاس بافت	میزان آب قابل استفاده	رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (PWP)	رطوبت ظرفیت مزرعه ای (FC)	عمق
(g/cm ³)			(درصد وزنی)		(cm)
1/5	Silty clay loam	10	11	21	0-30

جدول 4- شدت پاشش آب در طرفین خط لوله اصلی در سه تکرار آزمایش (اعداد بر حسب میلی لیتر در ساعت و فاصله ظروف از لوله و آبیاش ها به ترتیب 1/5، 4/5، 7/5 و 10/5 متر می باشند)

	سمت چپ				سمت راست			
تیمارهای آبیاری	I4	I3	I2	I1	I1	I2	I3	I4
R1	8/8	10/4	13/5	16/6	*	16/6	13/7	10/8
R2	8/5	10/8	14/0	16/8	*	16	13/4	11/0
R3	8/7	10/5	13/8	16/5	*	17	13/6	10/5

جدول 5- آمار بارندگی و تبخیر ایستگاه هواشناسی زرقان بر حسب میلی‌متر

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مجموع
بارندگی	95/1	23/6	0	0	8/4	0	0	54/2	2/2	73/2	18/9	6/9	282/5
تبخیر	165/9	203/0	360/1	391/8	344/5	300/3	233/6	98/7	44/2	0	0	93/3	2235/4

نتایج عملکرد و صفات مورد اندازه گیری

نتایج تجزیه واریانس برخی صفات کمی مورد مطالعه

بر اساس نتایج بدست آمده اثر اصلی سمت بر کلیه صفات کمی مورد مطالعه در سطح آماری ($P < 0.01$) و اثر سطوح مختلف آب بر ارتفاع بوته‌ها، عملکرد و

عملکرد خشک در سطح ($P < 0.01$) و بر قطر بوته‌ها در سطح ($P < 0.05$) معنی دار بود. علاوه بر این کاربرد سطوح مختلف نیتروژن نیز، بجز میزان رطوبت بوته‌ها در زمان برداشت، تأثیر معنی داری در سطح ($P < 0.01$) بر صفات کمی مورد مطالعه داشت.

جدول 6- تجزیه واریانس کاربرد تیمارهای مختلف بر برخی صفات کمی مورد مطالعه*

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته ها	قطر بوته ها	عملکرد تر	عملکرد خشک
سمت	1	4069**	0/51**	193**	35/0**
تکرار	4	404 ^{ns}	0/29 ^{ns}	115 ^{ns}	47/5 ^{ns}
سطوح مختلف آب	3	869**	25/90 ^{ns}	1153**	243/4**
سطوح آب*سمت	3	987 ^{ns}	2/15 ^{ns}	249 ^{ns}	112/6 ^{ns}
خطای (سطوح آب*سمت)	12	674 ^{ns}	9/14 ^{ns}	155 ^{ns}	41/7 ^{ns}
سطوح مختلف نیتروژن	3	2248**	20/26**	347**	95/6**
سطوح نیتروژن*سمت	3	247*	3/12 ^{ns}	219**	58/6 ^{ns}
خطای (سطوح مختلف نیتروژن*سمت)	12	65 ^{ns}	3/60 ^{ns}	26 ^{ns}	15/0 ^{ns}
سطوح آب*سطوح نیتروژن	9	67 ^{ns}	7/84 ^{ns}	107**	9/9 ^{ns}
سمت*سطوح آب*سطوح نیتروژن	9	82 ^{ns}	8/39 ^{ns}	44 ^{ns}	18/8 ^{ns}
خطا	36	112	4/37	33	20/3
ضریب تغییرات (درصد)		4/25	2/09	9/62	12/31

* (n.s.)، ** و * به ترتیب بیانگر عدم معنی داری، معنی دار بودن در سطح 1% و معنی دار بودن در سطح 5% اختلاف بین متغیرهای مربوطه می‌باشد).

اثرات اصلی و توأم سطوح مختلف آب و نیتروژن بر میزان عملکرد علوفه تر و خشک

نتایج بدست آمده نشان داد که در بین تیمارهای آبیاری بیشترین میانگین عملکرد خشک به میزان 38/96 تن در هکتار از کاربرد 9500 متر مکعب آب در هر هکتار به دست آمد که بجز با تیمار I4 تفاوت معنی داری با دیگر تیمارهای آبیاری نداشت. در بین تیمارهای نیتروژن بیشترین میانگین عملکرد خشک به میزان 39 تن در هکتار از کاربرد 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد. بر اساس داده‌های به دست آمده با افزایش میزان تنش رطوبتی عملکرد علوفه خشک کاهش می‌یابد بطوریکه عملکرد علوفه خشک از 38/96 تن در هکتار در تیمار بدون تنش به 31/87 تن در هکتار یعنی حدود 22 درصد در تیمار با تنش کاهش یافت. در مجموع بیشترین میانگین عملکرد خشک به میزان 42/3 تن در هکتار از کاربرد توأم 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و 9500 متر مکعب در هکتار (تیمار I1N270) به دست آمد

که از لحاظ آماری با تیمارهای I2N270، I3N180، I3N270، I1N180، I1N90، I2N90 و I1N180 در یک گروه آماری قرار داشتند. به همین دلیل در شرایط کمبود آب تیمار I3N180 و در شرایط کمبود نیتروژن تیمار I2N90 به عنوان تیمارهای برتر پیشنهاد می‌گردند. در حالی که کمترین عملکرد خشک به میزان 29/3 تن در هکتار از کاربرد تیمار I4N0 یعنی کمترین مصرف آب و بدون مصرف نیتروژن بدست آمد.

اثرات اصلی و توأم سطوح مختلف آب و نیتروژن بر میزان ارتفاع و قطر بوته ها

در بین تیمارهای آبیاری بیشترین میانگین ارتفاع و قطر بوته‌ها از کاربرد 8800 متر مکعب آب و در بین تیمارهای نیتروژن بیشترین میانگین ارتفاع و قطر بوته‌ها از کاربرد 90 و 180 کیلوگرم نیتروژن خالص در هر هکتار به دست آمد. بالاترین میانگین ارتفاع و قطر بوته‌ها از کاربرد توأم 180 کیلوگرم نیتروژن و 8800 متر مکعب آب (تیمار I2N180) در هر هکتار به دست آمد.

جدول 5- اثرات اصلی و توأم کاربرد سطوح مختلف آب و نیتروژن بر ارتفاع و قطر بوته ها

	I1	I2	I3	I4	میانگین
عملکرد علوفه خشک					
No	36/0 bc	36/5 abc	35/7 bc	29/3 d	31/87 c
N90	38/0 abc	37/8 abc	34/8 bcd	32/0 cd	34/38 bc
N180	39/0 ab	36/7 abc	39/8 ab	32/8 cd	37/21 ab
N270	42/3 a	40/7 ab	39/7 ab	33/3 cd	39/00 a
میانگین	38/96 a	37/82 a	37/50 a	31/87 b	
ارتفاع بوته ها (سانتیمتر)					
No	241/7def	244/2ef	236/7fg	224/2g	236/7c
N90	261/7ab	266/7a	264/2ab	237/5efg	257/5a
N180	263/3 ab	267/5a	257/5ac	236/7fg	256/3a
N270	251/7bcd	260/0ab	250/8be	225/0g	246/9b
میانگین	254/6 a	259/6 a	252/3 a	230/8 b	
قطر بوته ها (میلیمتر)					
No	20/0abc	20/7 abc	18/2 cd	16/2 d	18/75 b
N90	20/8abc	19/3 bc	20/2 abc	19/3 bc	19/92 ab
N180	20/7abc	22/7 a	21/5 ab	18/7 bcd	20/87a
N270	18/3 cd	19/8 abc	20/2 abc	18/7 bcd	19/25b
میانگین	19/96ab	20/60a	20/00ab	18/20b	

* برای هر پارامتر، داده‌های دارای حروف یکسان فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد می‌باشد.

اثرات اصلی سطوح مختلف آب و نیتروژن بر میزان جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم

در بین تیمارهای آبیاری بیشترین میانگین جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان 518، 70/1 و 590 کیلوگرم در هکتار از کاربرد 9500 متر مکعب آب در هر هکتار به دست آمد. در بین تیمارهای نیتروژن بیشترین میزان جذب کل این سه عنصر به ترتیب به میزان 518، 70/3 و 652 کیلوگرم در هکتار از کاربرد 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد.

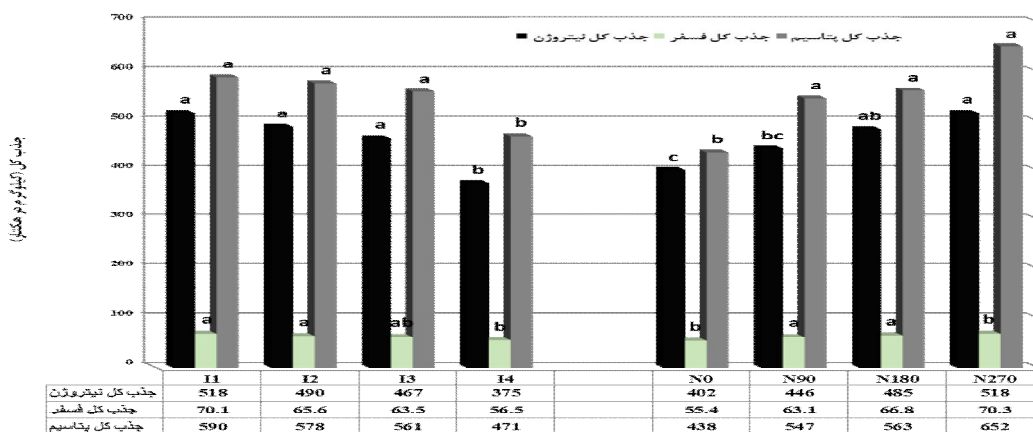
نتایج تجزیه واریانس جذب کل عناصر مورد مطالعه

بر اساس داده‌های به دست آمده، از لحاظ آماری اثر اصلی سمت بر جذب کل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی در سطح آماری ($P < 0.01$) معنی‌دار بود. اثرات اصلی سطوح مختلف آب نیز جذب کل نیتروژن و روی در سطح ($P < 0.01$) و بر جذب کل فسفر در سطح ($P < 0.05$) معنی‌دار بود. کاربرد سطوح مختلف نیتروژن نیز تأثیر معنی‌داری در سطح ($P < 0.01$) بر جذب کل هر چهار عنصر مورد مطالعه داشت. کاربرد توأم سطوح مختلف آب و سطوح مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر جذب کل هیچیک از چهار عنصر مورد مطالعه نداشت.

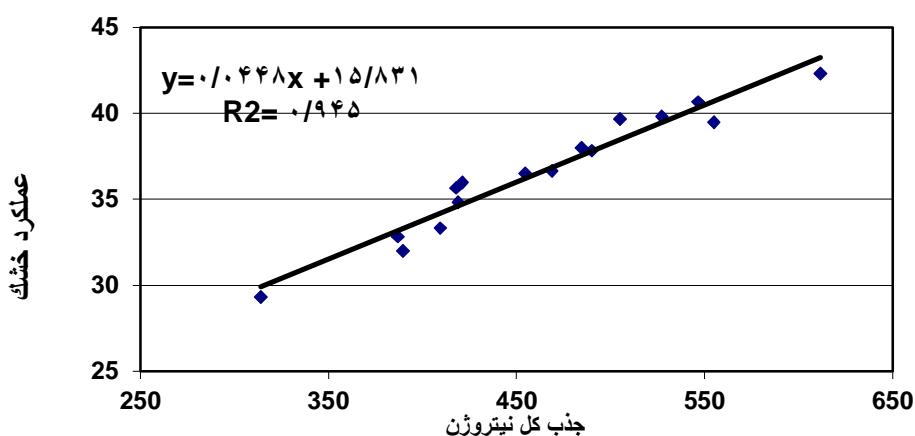
جدول 6- تجزیه واریانس کاربرد تیمارهای مختلف بر جذب کل برخی عناصر مورد مطالعه*

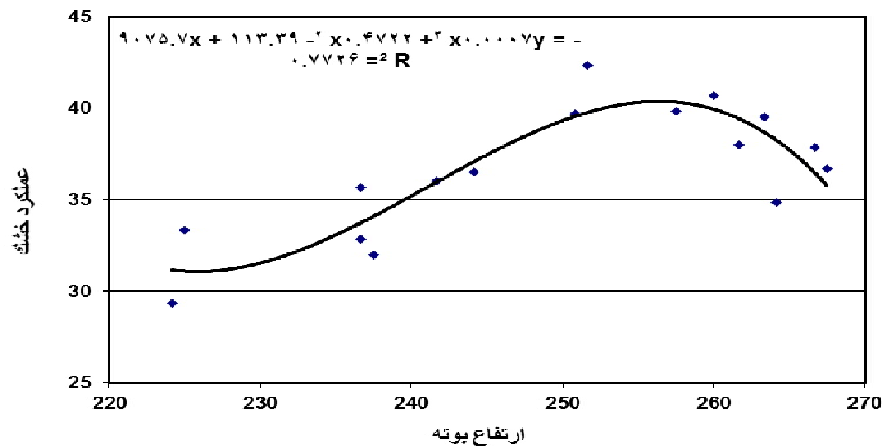
منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات		
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم
سمت	1	12742**	1882**	103163**
تکرار	4	7430 ^{ns}	202 ^{ns}	41700 ^{ns}
سطوح مختلف آب	3	92292**	777*	69875 ^{ns}
سطوح آب* سمت	3	27956 ^{ns}	518 ^{ns}	30305 ^{ns}
خطای (سطوح آب* سمت)	12	11308 ^{ns}	180 ^{ns}	57067 ^{ns}
سطوح مختلف نیتروژن	3	60292**	979**	184170**
سطوح نیتروژن* سمت	3	11802 ^{ns}	288 ^{ns}	27404 ^{ns}
خطای (سطوح مختلف نیتروژن* سمت)	12	8166 ^{ns}	141 ^{ns}	28519 ^{ns}
سطوح آب* سطوح نیتروژن	9	6980 ^{ns}	195 ^{ns}	44560 ^{ns}
سمت* سطوح آب* سطوح نیتروژن	9	8652*	169 ^{ns}	28429 ^{ns}
خطا	36	3382 ^{ns}	169	19926 ^{ns}
ضریب تغییرات (درصد)		12/57	20/36	25/69
		18/15		

* (n.s), ** و * به ترتیب بیانگر عدم معنی داری، معنی دار بودن در سطح 1% و معنی دار بودن در سطح 5% اختلاف بین متغیرهای مربوطه می باشد.



شکل 1- اثرات اصلی کاربرد سطوح مختلف آب و نیتروژن بر میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم





شکل 2- روابط رگرسیونی بین صفات مورد مطالعه

تنش شدید را مورد آزمایش قرار داده و اظهار داشتند که عملکرد در تنش متوسط کاهشی نداشت، اما در تنش شدید 18% افت نشان داد.

بر اساس نتایج این تحقیق، در اثر تنش رطوبتی و کمبود نیتروژن عملکرد علوفه تر و خشک بطور معنی-داری کاهش یافت. کاهش ارتفاع و قطر بوته‌ها در اثر کم آبی یا مصرف پائین نیتروژن می‌تواند عاملی برای کاهش عملکرد باشد. بر اساس نتایج تحقیقات مجیدیان و همکاران (1387) کاهش مقدار کود و آب آبیاری باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه ذرت شد. بیشترین عملکرد و اجزای آن زمانی اتفاق افتاد که نیتروژن و آب به اندازه نیاز در اختیار گیاه قرار گرفت. بر اساس گزارش آن‌ها شاخص مقدار کلروفیل با کاهش مقدار آب آبیاری افزایش یافت. شاخص مقدار کلروفیل با نیتروژن ارتباط مستقیم دارد و به طور خطی با میزان نیتروژن دانه افزایش یافت و این ارتباط تحت تأثیر تیمارهای مقدار آب قرار گرفت. طریق الاسلام و همکاران (1391) نیز نشان دادند که با افزایش تنش خشکی از 50 میلیمتر به 200 میلیمتر تبخیر از تشتک افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، تولید فتوسنتزی خالص یا جذب خالص، نسبت سطح برگ و نسبت وزن برگ بوجود آمد. هافل و همکاران (2008) نیز با مطالعه اثرات متقابل دو سطح آب و دو سطح نیتروژن در 19 ژنوتیپ برنج، نتیجه-گیری نمودند که در شرایط بدون آب (دیم)، کاربرد نیتروژن عملکرد دانه را 32 تا 69 درصد کاهش می‌دهد. گزارشات متعددی در رابطه با افزایش عملکرد ناشی از کاربرد نیتروژن نیتروژن منتشر شده است (مجیدیان و

اثرات کاربرد توأم سطوح مختلف آب و نیتروژن بر میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم

بر اساس داده‌های به دست آمده بیشترین میانگین جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان 612، 85/7 و 849 کیلوگرم در هکتار از کاربرد توأم 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و 9500 متر مکعب در هکتار (تیمار IIN270) به دست آمد.

روابط رگرسیونی بین برخی صفات مورد مطالعه

بر اساس نتایج به دست آمده همبستگی بالایی بین میزان جذب کل نیتروژن و عملکرد علوفه ($R^2=0.945$) و ارتفاع بوته‌ها و عملکرد علوفه خشک ($R^2=0.772$) وجود داشت (شکل 3). چنین نتایج در مورد عملکرد تر و ارتفاع و جذب کل روی نیز وجود داشت.

جمع بندی و بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که با اعمال تنش رطوبتی یا کاهش نیتروژن مصرفی ارتفاع و قطر بوته‌ها کاهش معنی‌داری یافت. بر اساس گزارش مارشتر (1995) و تیموتی و جو (2003) نیتروژن کاربردی می‌تواند تأثیر مثبتی بر ارتفاع و قطر ساقه‌ها داشته باشد آن‌ها علت افزایش ارتفاع در گیاهان زراعی در اثر افزایش میزان نیتروژن را به واسطه نقشی می‌دانند که این عنصر در تولید و صدور هورمون سیتوکینین از ریشه به اندام‌های هوایی ایفا می‌نماید. آن‌ها اعتقاد دارند که افزایش این هورمون موجب افزایش سرعت تقسیم سلولی و افزایش ارتفاع گیاهان می‌شود. بر اساس تحقیقات گوتتری و همکاران (2001) آثار تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد بیشترین نمود را در ارتفاع و قطر بوته‌ها در ذرت علوفه‌ای داشته است. آنها سه شرایط رطوبتی نرمال، تنش متوسط و

افزایش معنی‌دار یافت. پاپادوپولوس (1992) گزارش نمود که به علت کاهش ایجاد روان آب در سطح مزرعه و نفوذ بهتر آب در خاک، استفاده از آبیاری بارانی می‌تواند کارایی مصرف آب آبیاری را حدود 70 درصد یا بیشتر افزایش دهد. وی نشان داد که به علت کاهش ایجاد روان آب در سطح مزرعه و نفوذ بهتر آب در خاک راندمان مصرف کودهای شیمیایی افزایش می‌یابد.

در مجموع نتایج نشان داد که 1) میزان اثربخشی نیتروژن بستگی شدیدی به میزان آب آبیاری دارد به طوری که اگر آب عامل محدود کننده نباشد، مصرف نیتروژن از صفر تا سطح 270 کیلوگرم در هکتار می‌تواند عملکرد علوفه خشک را به شدت از نزدیک به 36 تن به نزدیک به 42/5 تن در هکتار افزایش دهد اما زمانی که آب عامل محدود کننده باشد (تیمار I4 شرایط تنش نسبتاً شدید) کاربرد نیتروژن زیاد نمی‌تواند عملکرد را زیاد تغییر دهد. 2) در هر سطحی از نیتروژن، کمبود آب مصرفی موجب کاهش عملکرد گردید. 3) در حالی کمترین عملکرد علوفه خشک از عدم کاربرد نیتروژن و کمترین مقدار آب (تیمار NOI4) به دست آمد اما کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن در این سطح از آب نتوانست اختلاف عملکرد معنی‌داری را به وجود آورد. 3) بالاترین میانگین عملکرد خشک (42/3 تن در هکتار) و بیشترین جذب کل نیتروژن از کاربرد 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و 9500 متر مکعب در هکتار آب آبیاری (تیمار IIN270) به دست آمد. اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و تیمار I3N180 (کاربرد توأم 180 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و 7500 متر مکعب در هکتار) وجود نداشت به همین دلیل در شرایط کمبود آب تیمار I3N180 و در شرایط کمبود نیتروژن تیمار I2N90 به عنوان تیمارهای برتر پیشنهاد می‌گردند.

همکاران، 1387، آلكوزن و همكاران، 1993 و بولمن و اسمیت، 1993، طریق الاسلام و همکاران، 1391 و عزیزان و سپاسخواه، 2014). داده‌های آزمایش نشان دادند که زمانی که میزان آب مصرفی بالا بود با افزایش میزان نیتروژن مصرفی عملکرد تر و خشک بطور مستقیم اما غیر خطی افزایش یافت در حالی که در زمان تنش رطوبتی، با افزایش نیتروژن مصرفی، عملکرد تر و خشک روند کاهشی داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن اضافی راهکار مناسبی برای جبران کمبود آب نیست و در مناطقی که با تنش رطوبتی مواجه هستند بایستی نیتروژن مصرفی را نیز کاهش داد.

این نتیجه با نتایج بدست آمده از تحقیقات زورتاولی و همکاران (2009) و قیصری و همکاران (2010) مطابقت دارد. زورتاولی و همکاران (2009) نیز با انجام یک آزمایش گلدانی سه ساله، اثرات متقابل نیتروژن و آب را بر تجمع و کارایی نیتروژن در فلوریدا را مطالعه نمودند و نتیجه‌گیری نمودند که کاربرد نیتروژن زیاد در شرایط کمبود آب تأثیر منفی بر عملکرد دارد. قیصری و همکاران (2010) نیز نشان دادند که افزایش نیتروژن مصرفی راهکار مناسبی برای جبران کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب نبوده و این که اثر نیتروژن مصرفی بر عملکرد تابعی از فراهمی آب در خاک است و با افزایش تنش بایستی مقدار نیتروژن کاربردی را کاهش داد.

با توجه به نتایج به دست آمده با افزایش تنش رطوبتی میزان جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش و با افزایش کاربرد نیتروژن جذب کل این سه عنصر افزایش معنی‌دار یافت. نتایج نشان داد که گرچه تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر غلظت این عناصر (داده‌های مربوطه در مقاله نیامده است) نداشت اما با توجه به تأثیر معنی‌دار آب و نیتروژن بر عملکرد علوفه، در نهایت با افزایش میزان آب و نیتروژن مصرفی میزان جذب کل این عناصر

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره 982. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران، 128 صفحه.
2. سپهری، ع.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، قره یاضی، ب. و یمینی، ی. 1381. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و تکامل، عملکرد و اجزا عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران، جلد چهارم، شماره 3، 201-184.
3. طریق الاسلام، م.، ضرغامی، ر.، مشهدی اکبر بوجار، م.، و اویسی، م. 1391. تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد 8، 174-161.
4. علی‌احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. 1373. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، جلد 1، نشریه شماره 893. موسسه تحقیقات خاک و آب تهران، ایران، 128 صفحه.

5. علی‌زاده، پ.، فلاح، س. و رئیسی، ف. 1391. برهمکنش منبع نیتروژن و تنش خشکی در مرحله گلدهی ذرت بر جذب و کارایی نیتروژن و فسفر. نشریه آب و خاک، جلد 26، شماره 5، 1190-1199.
6. مجیدیان، م.، فلاوند، ا.، کریمیان، ن. و کامکار حقیقی، ع. ا. 1387. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن، کود دامی و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. دوره اول، شماره 2، 67-85.
7. Alcozn, F., M. Hozn, and V.A. Haby. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. *Agronomy Journal*. 85:1198-1203.
8. Azizian, A., and Sepaskhah, A. R. 2014. Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: agronomic behavior. *International Journal of Plant Production* 8 (1),107-130.
9. Bahadar, K. M., M. Arif, and M. A. Khan. 2007. Effect of tillage and Zinc application methods on weeds and yield of maize. *Pakistan Journal Botany*, 39: 1583-1591.
10. Bulman, P., and D.L. Smith. 1993. Yield and yield and components response of spring barley to fertilizer nitrogen. *Agronomy Journal*. 85: 226-231.
11. Engel, R. 1997. Response of oat to water and nitrogen. *Fertilizer Facts*, 15:1-2.
12. Gheysari, M., S.M. Mirlatifi, M. Bannayan, M. Homaei, and G. Hoogenboom. 2010. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. *Agricultural Water Management*. 97: 1411-1710.
13. Guttieri, M. J., J. C. Stark, K. Brien, and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41: 327-335.
14. Haefele, S. M., S.M.A. Jabba, J.D.L.C. S.M.A., Siopongco, A. J.D.L.C., Tirol-Padre, A., S.T. Amarante, P.C. S.T., StaCruz, P.C. and W.C. Cosico., W.C. 2008. Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crops Research*. 107: 137-146.
15. Hanks, R. J., J., Keller, V.P. Rasmussen, and B.D. Wilson. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. *Soil Science Society of America Journal*. 40:426-429.
16. Hao, X., C. Chang, and C. W. Lindwall. 2001. Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. *Soil and Tillage Research*. 62: 167-169.
17. Hill, R.W., R., Newhall, A., Brain, and N., Sheridan. 2000. Grass pastures response to water and nitrogen. Utah State University Extension, USA.
18. Izaurralde, R.C., Y., Feng, J.A., Robertson, W.B., McGill, N.G., Juma, and B.M., Olson. 1995. Long-term influence of cropping system, tillage method, and nitrogen source on nitrate leaching. *Canadian Journal of Soil Science*. 75:497-505.
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. Academic Press London. 233p.
20. Mose, S. B., B., Feil, S., Jampatong, and P., Stamp. 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*. 81: 41-58.
21. Paolo, E.D., and M., Rinaldi. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 105: 202-210.
22. Papadopoulos, I. 1992. Fertigation of vegetables in plastic houses present situation and future prospects. *Acta Horticulture*. 233,: 151-179.
23. Patil, S.L. and M. N. Sheelavantar. 2006. Soil water conservation and yield of winter sorghum as influenced by tillage, organic materials and nitrogen fertilizer in semi-arid tropical India. *Soil and Tillage Res.*, 89: 246-257.

24. Roberts, K, D.D., Howard, C.O., Gwathmey, and D.E., Sleigh. 1999. Economics of broadcast and injected nitrogen on no-till cotton produced at three locations in Tennessee. *The Journal of Cotton Science*. 3:109-115.
25. Soon, Y.K., and M.A., Arshad. 2005. Tillage and liming effects on crop and labile soil nitrogen in an acid soil. *Soil and Tillage Research*. 80: 23-33.
26. Timothy, W. and Joe, E. 2003. Rice fertilization. Mississippi Agricultural and forestry Experiment station. No: 1341: 1-4.
27. Zorita, M. D. 2000. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dry land corn productivity. *Soil and Tillage Research*. 54:11-19.
28. Zotarelli, L., M.D., Dukes, J.M.S., Scholberg, R., Muñoz-Carpena, and L., Icerman. 2009. Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*. 96- 8: 1247-1258.

