پژوهش‌های خاک / الف / جلد 37 / شماره 1 بهار / 1402

10.22092/IJSR.2023.359792.676

تأثیر کمبود آب و مقادیر نیتروژن بر برخی صفات مؤثر بر عملکرد دانه ذرت بهاره در شرایط آب و هوایی خوزستان

پریسا الهی، شهرام لک[1] و مانی مجدم

گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ ***Parisa_Elahi@gmail.com***

استاد، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ ***Sh.lack50@gmail.com***

استادیار، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ ***manimojaddam@yahoo.com***

ص 1- 15

دریافت: **1401/8/23** و پذیرش: **1401/12/9**

چکیده

آب و نیتروژن از عوامل اصلی مؤثر بر عملکرد محصول هستند. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و مقادیر نیتروژن بر برخی صفات مؤثر بر عملکرد دانه ذرت بهاره، تحقیقی در سال زراعی 94-1393 به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اجرا گردید. تیـــمارهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از*Error! Bookmark not defined.***60، 95، 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A* که حجم کل آب آبیاری در این تیمارها به‌ترتیب 6435، 5620 و 5140 مترمکعب در هکتار بود) و مقادیر نیتروژن مصرفی در سه سطح (شامل مصرف 80 ، 150 و 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) که به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری بر صفاتی چون شاخص سطح برگ بلال، محتوای رطوبت نسبی برگ، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری صفات شاخص سطح برگ و نیتروژن برگ بلال، عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار داد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری پس از60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A* و مصرف 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با میانگین 763/2 گرم در مترمربع به‌دست آمد که با آبیاری در تیمار 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A* و 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن اختلاف آماری معنی‌داری نداشت و بنابر این تیمار اخیردر شرایط آب و هوایی خوزستان پیشنهاد می‌شود.**

واژه‌های کلیدی: آبیاری ذرت، عملکرد بیولوژیکی، نیتروژن برگ ذرت

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس الکترونیکی: *Sh.lack50@gmail.com*

مقدمه

گیاه ذرت به دلیل داشتن ویژگی‌های مطلوب از جمله سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون به سرعت در تمام دنیا گسترش یافته است. این گیاه در میان محصولات زراعی از نظر عملکرد و میزان تولید در دنیا رتبه اول و از نظر سطح زیر کشت مقام سوم را بعد از گندم و برنج به خود اختصاص داده است (فائو، 2018). با توجه به نیاز کشور به مواد پروتئینی و نیز نقش ذرت در تغذیه دام و طیور ضرورت افزایش تولید این محصول در ایران کاملاً محسوس می‌باشد. برای نیل به این هدف انجام تحقیقات به منظور بهره برداری صحیح از منابع آب و خاک و ظرفیت‌های زراعی مناطق خشک کشور و استفاده از ارقام اصلاح شده ضروری به‌نظر می‌رسد. یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان محدودیت آب و عدم توزیع صحیح آن در طول فصل رشد می‌باشد. به عبارتی برای تخصیص بهینه آب در تولید گیاهان زراعی باید رابطه‌ای صحیح بین میزان آب به کار برده شده و میزان محصول تولید وجود داشته باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از 50% افزایش تولیدات غذایی به واسطه استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد.

استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی سهم قابل‌توجهی در افزایش تولید جهانی غذا در پنجاه سال اخیر داشته است. با این وجود چالش‌های زیست محیطی و اقتصادی ناشی از مصرف این عنصر غذایی در کشاورزی لزوم توجه به کارایی مصرف آن را افزایش داده است (کشاورز، 1392). آدمازو و همکاران (2019) با مطالعه اثر تنش رطوبتی بر عملکرد ذرت گزارش کردند که سطوح مختلف تنش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت داشت. بیشترین میزان عملکرد دانه (5524 کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری کامل حاصل شد. ایسقوهی و همکاران (2022) معتقدند در گیاه ذرت که عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافتند.

نیتروژن نخستین عنصری است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح می‌شود در این مناطق میزان مواد آلی که عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن به شمار می‌آیند به دلایلی از جمله دمای بالا، میانگین مصرف کم کودهای حیوانی، کود سبز و بارندگی کم، اندک می‌باشد، بخش عمده‌ای از اراضی جهان (از جمله ایران) در این مناطق واقع شده‌اند و حاصلخیزی خاک‌ها و مدیریت مصرف نهاده های شیمیایی به شدت به مسئله آب مربوط می‌شود و در سال‌های اخیر مصرف و مدیریت صحیح استفاده از کودهای شیمیایی به خصوص نیتروژن که علاوه بر رعایت مسائل زیست محیطی موجب ارتقاء کمیت محصولات کشاورزی گردیده متداول‌ترین تحقیقات به زراعی را به خود اختصاص داده است (لک و همکاران، 1386). کاظمی‌زاده و همکاران (1398) با بررسی عملکرد، بهره‌وری مصرف آب (آبیاری کامل و کم آبیاری به اندازه 30 درصد) و کارآیی نیتروژن (160 و 200 کیلوگرم در هکتار) در کشت ذرت در استان خوزستان گزارش کردند که شاخص سطح برگ با کاربرد بیشتر نیتروژن در شرایط رطوبتی یکسان افزایش می‌یابد.

افزایش نیتروژن به‌شرط اینکه آب کافی در دسترس گیاه باشد؛ باعث افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌شود. مصرف بهینه آب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. عملکرد پایین کشت بهاره و بارندگی بیشتر در دوره کشت پاییزه دلیل کارآیی و بهره‌وری بیشتر مصرف آب در کشت پاییزه بود. در شرایط آب‌و هوایی خوزستان کاربرد ارقام زودرس به جای میان‌رس برای کشت بهاره به‌دلیل مواجه شدن زمان گرده‌افشانی با گرمای شدید توصیه می‌شود. براساس تحقیقات عمر و همکاران (2022) با بررسی چهار سطح کود نیتروژن (صفر، 50، 100 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نشان دادند که کاربرد 50 تا 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش عملکرد

دانه، میزان پروتئین و میزان نشاسته ذرت گردید.. در شرایطی که گیاه ذرت با تنش رطوبت مواجه باشد لازم است که مدیریت کود و تغذیه به گونه‌ای تغییر یابد که ضمن به‌دست آوردن عملکرد قابل قبول بر بازده مصرف منابع تولید افزوده گردد. این امر از یک طرف از هزینه تولید ذرت می‌کاهد و از طرف دیگر ممکن است از مصرف بی‌مورد نیتروژن که با افزایش عملکرد همراه نیست جلوگیری به عمل آورد (مجدم و مدحج، 1391). با توجه به اینکه 90 درصد اراضی کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند کمبود نیتروژن و تنش خشکی به‌ویژه در استان خوزستان با توجه به درجه حرارت بالا، مشهودتر است. این تحقیق با توجه به چالش‌های موجود درکشور و منطقه در رابطه با میزان مصرف کود نیتروژن در شرایط وقوع تنش رطوبتی (در صورت محدودیت منابع آبی منطقه) جهت رسیدن به یک بهره‌وری مناسب از نیتروژن و آب در کشت بهاره ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 94-1393 در شهرستان اهواز با طول جغرافیایی 48 درجه و 40 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی31 درجه و20 دقیقه شمالی و ارتفاع 22/5 متری از سطح دریا اجرا شد. به‌طور کلی آب و هوای خوزستان خشک و نیمه خشک، دارای تابستان گرم و خشک و طولانی است. دوره‌های بارندگی معمولاً بین ماه‌های آبان تا اردیبهشت بوده که در مناطق شمال جلگه خوزستان میزان بارندگی بیشتر و در مناطق جنوبی و شرقی کمتر و محدودتر است. مجموع بارندگی در منطقه اهواز، 176/4 میلی‌متر، کمترین و بیشترین درجه حرارت به ترتیب 2 و 50 درجه، متوسط دما 25/1 درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سال زراعی نیز 268/15 میلی‌متر برآورد گردید (آمار نامه هواشناسی، 1393). به‌منظور بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت از اعماق 30-0 و 60-30 سانتی-متری خاک از پنج قسمت از خاک مزرعه نمونه‌برداری به‌عمل آمد و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده شدند و در نهایت یک نمونه مرکب تهیه شد. نمونه‌ی مرکب در آزمایشگاه از لحاظ ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (*cm*)	رسانایی الکتریکی (dSm^{-1})	*pH*	درصد اشباع	مواد آلی (%)	عناصر قابل جذب (*ppm*)			درصد اجزاء خاک			بافت خاک
					N	*P*	*K*	رس	لای	شن	
0 -30	4/2	7/4	51/97	0/624	6/78	9/3	120/12	45	16	41	رسی لومی
30 -60	6/2	7/2	55/94	0/702	3/99	7/4	91/4	44	15	42	رسی لومی

این آزمایش از 27 کرت تشکیل شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول پنج متر و فاصله بین خطوط کاشت (پشته‌ها) 0/75 متر و دارای عرض 4/5 متر و فاصله دو تکرار (بلوک) از هم دو متر بود. فاصله کرت‌های اصلی معادل سه خط نکاشت و فاصله میان کرت‌های فرعی دو خط نکاشت در نظر گرفته شد. تحقیق به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد مطالعه شامل رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از 60 (شاهد)، 95 و 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیرکلاس *A*) در کرت‌های اصلی و کود نیتروژن در سه سطح (شامل مصرف 80، 150 (شاهد) و 220 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در کرت‌های فرعی بودند. فاصله بذرها بر روی پشته با در نظر گرفتن تراکم 75/000 بوته در هکتار، 17

سانتی‌متر محاسبه گردید. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاو آهن برگردان‌دار و تکمیل آن با دیسک دو طرفه عمود بر هم و عملیات تسطیح با ماله و ایجاد نهر و جوی پشته با فاصله‌ای مناسب بود. پس از تسطیح نهایی نقشه آزمایش پیاده گردید. تکرارها به وسیله نهرکن از هم جدا شده و فاروها با استفاده از شیار بازکن ایجاد شد. برای تأمین نیتروژن مورد نیاز برای تیمارهای 80، 150 و 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کود اوره (46 درصد) استفاده شد. کود اوره برای هر کرت به‌صورت قبل از کاشت (پایه) و 50 درصد آن در مراحل رویشی (5 و 6 برگی) به صورت سرک مصرف شد. میزان کود فسفر نیز براساس مصرف 60 کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل در هنگام تهیه زمین مصرف شد. بذور ذرت هیبرید سینگل کراس 704 قبل از کشت به وسیله قارچ‌کش کربوکسین تیرام ضدعفونی شدند. بذور در اواخر بهمن 1393 به صورت دستی روی پشته‌ها در عمق چهار سانتی‌متری خاک کشت شدند. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام شد. از زمان کاشت تا مرحلهٔ استقرار گیاهچه (مرحله چهار تا پنج برگی) آبیاری‌ها به‌صورت معمول انجام شد و سپس تیمارهای آبیاری بر اساس تبخیر از تشت صورت گرفت. حجم آب آبیاری مورد نیاز هر تیمار در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 3- حجم آب آبیاری در مطالعه ذرت

تیمار	حجم کل آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)
آبیاری پس از تخلیه 30 درصد ظرفیت زراعی	6435
آبیاری پس از تخلیه 40 درصد ظرفیت زراعی	5620
آبیاری پس از تخلیه 50 درصد ظرفیت زراعی	5140

گیاهچه‌های ذرت در مرحله شش برگی کامل، تنک شدند. کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام و جهت مبارزه با آفات و بیماری‌های از سموم مؤثر و سمپاش استفاده گردید. برای محاسبه سطح برگ‌ها در مرحله گلدهی، پنج بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به واحد سطح تعمیم داده شد (کوچکی و سرمدنیا، 1384).

(1

$$W = A \times L \times 0/175$$

A= سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع، L و W= به‌ترتیب حداکثر طول و عرض برگ در پهن‌ترین قسمت.

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، نمونه‌برداری قبل از انجام آبیاری از تمام کرت‌ها در مرحله گلدهی و از برگ پرچم صورت گرفت. از نمونه‌ها دیسک‌های برگی به قطر یک سانتی‌متر تهیه و وزن‌تر آن‌ها تعیین شد. این نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در شدت نور کم در آب مقطر قرار داده شدند، سپس وزن نمونه‌های برگی در حالت آماس (تورژسانس) اندازه‌گیری و به جهت تعیین وزن خشک به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفتند. سپس با استفاده از رابطه زیر میزان آب نسبی برگ بر حسب درصد محاسبه گردید (رهنما، 2006).

(2

$$RWC = (Wf - Wd) / (Ws - Wd) \times 100$$

Wf= وزن‌تر برگ Wd= وزن خشک برگ Ws= وزن اشباع برگ

میانگین درصد لوله شدن برگ با استفاده از خط‌کش میلی‌متری در مزرعه از طریق زیر محاسبه گردید (سانوکا و آگاتا، 1996).

$$\text{لوله شدن برگ} = \frac{\text{بیش‌ترین عرض پهنک برگ در حالت پیچ خوردگی}}{\text{بیش‌ترین عرض پهنک همان برگ در شرایط طبیعی بدون پیچ خوردگی (درصد)}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن با استفاده از روش کجدال میزان معینی از نمونه را با استفاده از اسیدسولفوریک غلیظ (عامل اکسیدکننده) سولفات سدیم انیدر (بالا آورنده نقطه جوش محلول) و یک کاتالیزور هضم می‌شود. در نتیجه عمل هضم، نیتروژن ماده غذایی به جز نیتروژن نیترات‌ها و نیتریت‌ها به سولفات آمونیوم تبدیل می‌شود که بعد از حرارت دادن آن با هیدروکسید سدیم در مجاورت بخار به گاز آمونیاک تبدیل می‌گردد و گاز آمونیاک در محلول اشباع اسید بوریک جمع‌آوری می‌گردد. سپس با تیتراسیون توسط اسیدکلریدریک استاندارد بورات آمونیوم اندازه‌گیری شده و میزان نیتروژن تخمین زده می‌شود (کینی و نلسون، 1982). رسیدگی دانه‌ها با ایجاد لایه سیاه در قاعده دانه‌ها مشخص گردید و برداشت نهایی انجام گرفت. نمونه‌برداری با حذف 50 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای خطوط چهار، پنج و شش انجام گرفت. سطح برداشت نهایی معادل دو مترمربع بود. محصول کل هر کرت ابتدا بسته‌بندی و اتیکت‌گذاری شد و جهت انجام اندازه‌گیری های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه بلال‌ها جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند.

جهت تعیین درصد رطوبت اندام‌های مختلف، دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، نمونه‌های تصادفی از محصول بخش‌های مختلف و دانه هر کرت برداشت و در دمای 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت در دستگاه آون خشک گردید. عملکرد دانه ذرت نیز در رطوبت 14 درصد محاسبه شد. اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، و وزن هزار دانه با استفاده از بلال‌های موجود در سطح برداشت نهایی محاسبه گردید. تعداد ردیف در بلال‌های برداشت شده از هر کرت و تعداد دانه در ردیف بلال‌های برداشت شده از هر کرت شمارش و یادداشت گردید و از حاصل‌ضرب این دو مولفه، تعداد دانه در بلال به‌دست آمد. پس از جدا کردن غلاف بلال‌های برداشت شده از هر کرت، دانه‌های آن‌ها با دقت از چوب آن‌ها جدا گردیدند. دو نمونه 500 تایی از این دانه‌ها داخل آون 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت قرار گرفت سپس وزن گردید. در صورتی که اختلاف دو نمونه کمتر از 5 درصد بود مجموع وزن دو نمونه به عنوان وزن هزار دانه محاسبه گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، به صورت درصد، محاسبه گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها، در قالب طرح اسپلیت‌پلات و با نرم‌افزار *SAS* انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری و نیتروژن و برهمکنش تیمارها قرار گرفت (جدول3). بررسی اثرات متقابل تیمارها نشان داد پایین‌ترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری بعد از 130 میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A* (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) و 80 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 2/5 و بیشترین شاخص سطح برگ به تیمار آبیاری بعد از 60 میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A* (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) و 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 4/4 تعلق داشت (جدول 5). این وضعیت احتمالاً ناشی از اختلال در فرآیند جذب نیتروژن توسط گیاه تحت شرایط کمبود رطوبت بود. ساکی‌نژاد (1382) نیز گزارش نمود که کمبود شدید آب در خاک موجب محدودیت توانایی گیاه جهت جذب نیترات از خاک می‌شود. به‌نظر می‌رسد در تیمار آبیاری بعد از 130 میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس *A*، سطح برگ و سرعت تنفس در طول فرآیند تنظیم سطح برگ کاهش یافته و علاوه بر این افزایش غلظت مواد قندی بافت‌ها در شرایط کمبود آب، باعث کاهش پتانسیل یونی آب برگ شده که ممکن است روی غشای سلولی تأثیر گذاشته و باعث کاهش رشد برگ و

نیز کاهش شاخص سطح برگ شود (ساه و همکاران، 2020). از سویی دیگر، در پتانسیل پایین آب برگ، شروع تشکیل برگ در مریستم‌ها و توسعه بعدی سطح برگ کاهش می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، 1384). آل‌کایسی و بین (2003) در آزمایشی بر روی ذرت نتیجه گرفتند که کمبود آب در مرحله رویشی گیاه، شاخص سطح برگ را کاهش داد که با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. از طرفی مصرف کود نیتروژن سبب افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ شد (نعمتی و سیدشریفی، 2012). همچنان‌که مطالعات آدرنادیم و همکاران (2009) در گیاه ذرت نشان داد که کود نیتروژن اثر مثبت و معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشته است به طوری که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ به‌ترتیب با کاربرد 150 و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد.

میزان رطوبت نسبی برگ بلال

میزان رطوبت نسبی برگ بلال تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت، اما اثر نیتروژن و برهمکنش تیمارها بر این مولفه معنی دار نبود (جدول3). بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ بلال در تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) با میانگین 88/5 درصد و کمترین نیز در تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) با میانگین 74/5 درصد مشاهده شد (جدول4). کم بودن محتوای نسبی آب برگ در تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A را می‌توان به رابطه‌ی نزدیک این مؤلفه با پتانسیل آب گیاه نسبت داد (انیل و همکاران، 2006). تنش کم آبی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش توسعه‌ی برگ‌ها به دلیل کاهش فتوسنتز و مصرف سریع مواد فتوسنتزی می‌شود (نوروزی و همکاران، 1401). همچنین تنش شدید کمبود آب باعث افزایش دمای برگ و در نتیجه پژمردگی، پیچیدگی و پیری زودرس برگ‌ها شده که این وضعیت کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را در پی داشته و منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود. با افزایش تنش کمبود آب، اسمولیت‌ها با صرف انرژی زیاد در گیاه تجمع یافته و در نتیجه انرژی که می‌توانست برای رشد و توسعه برگ‌ها استفاده شود (ماهپارا و همکاران، 2014) که با یافته های این تحقیق مطابقت داشت.

میزان لوله شدن برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که میزان لوله شدن برگ تنها تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت و اثر نیتروژن و برهم کنش تیمارها بر این صفت معنی دار نبود (جدول3). بیشترین میزان لوله شدن برگ به تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) (با میانگین 29/05 درصد) و کمترین مقدار این مؤلفه هم به تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) (با میانگین 7/1 درصد) تعلق داشت (جدول4). یکی از راه‌های مقابله با تنش کمبود آب در گندمیان، پیچش یا لوله شدن برگ‌ها می‌باشد. سازوکار این عمل مربوط به کاهش فشار آماس در سلول‌های بادکنکی (بالیفورم) است که در طول رگبرگ اصلی پهنک برگ‌ها قرار دارند، در هنگام بروز خشکی این سلول‌ها آب از دست داده و سبب پیچش و عمودی شدن برگ‌ها می‌شوند که در نتیجه آن جذب نور کاهش می‌یابد (ساکی‌نژاد، 1382).

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در ذرت دانه‌ای

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	میزان رطوبت نسبی برگ	میزان لوله شدن برگ	نیتروژن برگ بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	2	0/002	34/5	11/6	1009/1	1038/1	94/7	4666	785	34/5
دور آبیاری	2	0/9*	40/5**	101/4*	95/1**	15160/3**	1024/9*	59896**	77117**	109/5**
خطای اصلی	4	0/1	3/8	13/6	1/9	190/6	82/1	641	3534	3/8
مقادیر کود نیتروژن	2	0/1*	3/7$^{n.s}$	10/1$^{n.s}$	79/6**	2524/8**	242/2*	12764**	22518**	17/7*
دور آبیاری$\times$ مقادیر کود نیتروژن	4	0/1*	2/5$^{n.s}$	4/6$^{n.s}$	30/1 **	2179/8**	100/04$^{n.s}$	6287**	7337**	6/5$^{n.s}$
خطای فرعی	12	0/04	2/9	7/4	0/2	210/9	54/9	363	761	2/9
ضریب تغییرات (*CV%*)		5/7	2/1	16/5	19/7	3/4	2/9	2/6	2/1	4/2

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد می‌باشد.

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ذرت تحت تأثیر دور آبیاری و مقادیرکود نیتروژن

تیمارها	شاخص سطح برگ	میزان رطوبت نسبی برگ (درصد)	میزان لوله شدن برگ (درصد)	نیتروژن برگ بلال (درصد)	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)
دور آبیاری									
آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A	4/3 a	88/5a	7/1°	2/5a	495/7 a	186/8 a	685/3 a	1515/4 a	45/2 a
آبیاری بعد از 95 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A	3/5 b	80/3 b	13/3 b	2/3 b	431/8 b	167 b	533/6 b	1264/9 b	42/2 a
آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A	2/63 c	74/5 c	29/05 c	1/9 c	327/9 c	152/5 c	370/2 c	1031/9 c	35/8 b
مقادیر کود نیتروژن									
80 کیلوگرم در هکتار	3/1 b	80/5 a	16/2 a	2/1 b	375/6 b	155/6 b	432/07 b	1165/5 b	37/07 a
150 کیلوگرم در هکتار	3/5 a	81/3 a	16/6 a	2/3 a	435/7 a	174/4 a	562/4 a	1308/6 a	42/9 a
220 کیلوگرم در هکتار	3/6 a	82/2 a	16/ 6 a	2/3 a	444/07 a	176/3 a	579/4 a	1337/9 a	43/3 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، براساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد نیستند.

جدول 5- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ذرت تحت تأثیر اثرات متقابل دور آبیاری و مقادیر کود نیتروژن

دور آبیاری	مقادیر کود نیتروژن	شاخص سطح برگ	نیتروژن برگ بلال (درصد)	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)
آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A	80 کیلوگرم در هکتار	3/7 *b*	2/5 *b*	437/02 *b*	566/07 *b*	1331/6 *b*
	150 کیلوگرم در هکتار	4/3 *a*	2/6 *a*	519/1 *a*	734/6 *a*	1587/4 *a*
	220 کیلوگرم در هکتار	4/4 *a*	2/7 *a*	530/9 *a*	763/2 *a*	1627/2 *a*
آبیاری بعد از 95 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A	80 کیلوگرم در هکتار	3/1 *bc*	2/3 *c*	378/6 *c*	410/3 *c*	1149/1 *c*
	150 کیلوگرم در هکتار	3/6 *b*	2/4 *b*	455/6 *b*	594/5 *b*	1306/6 *b*
	220 کیلوگرم در هکتار	3/8 *b*	2/5 *b*	461/2 *b*	608/4 *b*	1339/1 *b*
آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A	80 کیلوگرم در هکتار	2/5 *d*	2/02 *d*	311/2 *d*	335/4 *d*	1016 *d*
	150 کیلوگرم در هکتار	2/6 *d*	2/04 *d*	332/5 *d*	383/3 *d*	1032/1 *d*
	220 کیلوگرم در هکتار	2/6 *d*	2/04 *d*	339/9 *d*	393/6 *d*	1047/8 *d*

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، براساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد نیستند.

نیتروژن برگ بلال

بنابر نتایج جدول (3)، تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر نیتروژن برگ بلال معنی‌دار بود. بیشترین نیتروژن برگ بلال به تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) و 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 2/7 درصد و کم ترین مربوط به تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) و 80 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 2/02 درصد اختصاص داشت (جدول5). در شرایطی که آب در خاک به اندازه کافی فراهم باشد افزایش مصرف نیتروژن با افزایش جذب این عنصر همراه خواهد بود، درحالی‌که کاهش فراهمی آب در خاک با ایجاد اختلال در جذب نیتروژن، باعث کاهش درصد نیتروژن در برگ می‌شود.

یکی از زیان‌بارترین اثرات تنش خشکی، اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (نوروزی و همکاران، 1401). در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد، اگر چه برخی از سیستم‌های انتقالی عناصر نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کم‌تری جهت جذب عناصر غذایی نیازمند بوده و در این راستا، با کاهش رطوبت تا آستانه بحرانی نیز روند جذب و انتقال برخی از عناصر غذایی توسط ریشه ادامه می‌یابد ولی برخی دیگر از جمله جریان توده‌ای، وابستگی زیادی به مقدار رطوبت دارند و در صورت کاهش رطوبت، عناصری که توسط این جریان انتقال می‌یابند، روند جذب منفی خواهند داشت (تایز و زایگر، 1998). در همین راستا رضایی سوخت آبندانی و همکاران (2020) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و نیتروژن برگ بلال در دور آبیاری 75 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و مصرف240 کیلوگرم نیتروژن در سه تقسیط (50 درصد در زمان کاشت، 25 درصد در مرحله 6 تا 8 برگی و 25 درصد در مرحله 10 تا 12 برگی) به‌دست آمد. لویس و همکاران (2001) گزارش نمودند با افزایش مصرف نیتروژن، درصد نیتروژن برگ بلال به‌صورت خطی افزایش یافت. آن‌ها اظهار داشت برای جذب نیتروژن، این عنصر باید در محلول آب خاک حرکت کند تا به ریشه برسد، از این رو تأمین میزان آب مناسب یکی از کارآترین شیوه‌های حرکت نیترات به سمت ریشه‌ها از طریق جریان توده‌ای می‌باشد.

تعداد دانه در بلال

تعداد دانه در بلال تحت تأثیر تنش کمبود آب و کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول3). پایین ترین تعداد دانه در بلال مربوط به تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) و 80 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 311/2 و بیشترین تعداد دانه در بلال به تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) و 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 530/9 تعلق گرفت (جدول 5). تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر تعداد دانه در بلال در شرایط آبیاری مطلوب، احتمالاً ناشی از جذب مناسب این عنصر در رژیم مطلوب رطوبتی خاک بوده است. می‌توان کم بودن تعداد دانه در بلال در تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A را با کاهش پتانسیل آب خاک و کم شدن آب مصرفی و نیز کمتر شدن طول و قطر بلال مرتبط دانست.

همچنان‌که هانون و کافکا (2004) نشان دادند که با کمبود رطوبت خاک در مراحل اولیه رشد گیاه ذرت، بلال و تعداد دانه در بلال کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. قطاوی و همکاران (1390) اظهار داشت مهم ترین جزء عملکرد دانه، تعداد دانه است. نتایج تحقیقات بسم الهخان و همکاران (2001) نشان داد که تنش آبی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت مانند تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه را کاهش داد. افزایش مصرف

نیتروژن، رقابت گیاهان برای جذب نیتروژن کاهش داده و در نتیجه تعداد دانه در بلال بیشتر شد. این نتایج با یافته‌های عمر و همکاران (2022) که گزارش کردند افزایش تعداد دانه در بلال، متناسب با افزایش میزان نیتروژن است مطابقت داشت. در مقابل کمبود عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، در زمان گلدهی باعث می‌شود دانه‌های کمتری تشکیل شوند. همچنان‌که مهبول آلام و همکاران (2003) گزارش کرد تأثیر نیتروژن بر تعداد دانه ذرت مثبت و کمبود نیتروژن در طول مرحله سبز شدن تا گسترش برگ‌های شش و هفت، تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد که این نتایج با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به طور معنی داری تحت تأثیر تنش کمبود آب و کود نیتروژن قرار گرفت ولی اثر متقابل تیمارها بر این مولفه معنی‌دار نبود (جدول3). بیشترین وزن هزار دانه در تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) با میانگین 186/8 گرم و کمترین وزن هزار دانه مربوط نیز در تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) با میانگین 152/5 گرم مشاهده شد (جدول4). برخورد دوره پرشدن دانه با تنش رطوبتی در تیمارهای تنش آب و کوتاه شدن این دوره به دلیل کاهش دوام سطح برگ عامل اصلی کاهش وزن دانه بود. در همین رابطه قاسمی‌گلذانی و همکاران (2018) گزارش نمودند اعمال تنش آبی سه هفته بعد از گرده‌افشانی در گیاه ذرت بدلیل تأثیر منفی آن بر فتوسنتز برگ و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها باعث کاهش وزن هزار دانه گردید. همچنین لک و همکاران (1386) معتقدند کاهش وزن هزار دانه در تنش شدید خشکی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ در گیاهان تحت تیمار که در نتیجه دوره پر شدن را کوتاه نموده، نسبت داد. با افزایش کاربرد نیتروژن، وزن هزار دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول3). بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با میانگین 176/3گرم بود (جدول 3). تأمین نیازهای گیاه (از لحاظ نور، آب و مواد غذایی) در طی دوره کاکل‌دهی و کمی پس از آن و همچنین در طی دوره پرشدن دانه بر تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه اثرات مثبتی دارد (موسانایی و همکاران، 2017). در همین راستا مهبوبول‌آلام و همکاران (2003) گزارش نمودند با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا 90 کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه همگام با افزایش عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت. از طرفی هانان و همکاران (2008) اظهار داشتند که فراهمی کود نیتروژن در مراحل رشد زایشی و عدم تنش کمبود مواد غذایی منجر به افزایش وزن هزار دانه می‌شود. آن‌ها علت این امر را به افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به تبع آن به افزایش در فرایند فتوسنتز نسبت دادند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد دانه

میان سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل این تیمارها از نظر عملکرد دانه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول3). پایین‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) و 80 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 335/4 گرم در مترمربع و بیشترین عملکرد دانه به تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) و 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 763/2 گرم در مترمربع بود (جدول 5). به‌نظر می‌رسد این وضعیت ناشی از کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک بوده است. جذب نیتروژن به‌طور مؤثری تحت تأثیر آب قابل استفاده در خاک قرار می‌گیرد و افزایش رطوبت خاک عملکرد ذرت

را در پاسخ به نیتروژن مصرفی افزایش داده است (کافی و همکاران، 2009). رضایی سوخت آبندانی و همکاران (2020) در تحقیقات خود نشان دادند که افزایش هم زمان رطوبت خاک و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود و در صورت تنش رطوبتی افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه را به مقدار کم افزایش می‌دهد. همچنین مجدم و همکاران (1386) بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌گردد و افزایش کود نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی عملکرد دانه و بیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که با یافته‌های حاصل از این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش کمبود آب، کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول3). بیشترین عملکرد بیولوژیک به تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) و 220 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 1627/2 گرم در مترمربع و پایین ترین مربوط به تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) و 80 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 1016 گرم در مترمربع تعلق داشت (جدول5). دلیل افزایش تولید کل مادهٔ خشک در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب در مقادیر بیشتر مصرف نیتروژن، گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفادهٔ هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید مادهٔ خشک گردید (لک و همکاران، 1386). افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب، به دلیل گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی قوی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید. در شرایط کمبود آب به علت القا هورمون آبسیزیک اسید، روزنه‌ها بسته می‌شوند تا بدین طریق گیاه تعرق خود را پایین نگه دارد و هدایت روزنه‌ای کاهش یابد. این امر منجر به کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (غلامی‌سالکویه و همکاران، 1390). در اثر کمبود نیتروژن به علت کاهش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، نسبت فتوسنتز گیاه زراعی همچنین عملکرد بیولوژیک گیاه کاهش می‌یابد (موسانایی و همکاران، 2017). نتایج مطالعه برانس و عباس (2005) نیز نشان داد که بالاترین میزان ماده خشک در واحد سطح از بالاترین مقدار نیتروژن بدست آمد. به طوری که با افزایش نیتروژن از صفر به 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد ماده خشک افزایش یافت که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت، اما میان سطوح مختلف مصرف نیتروژن و برهم کنش تیمارها از لحاظ این صفت اختلاف معنی دار نبود (جدول3). در تیمار آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) شاخص برداشت (با میانگین 45/2 درصد) به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (جدول 4). عدم معنی‌دار شدن شاخص برداشت در تیمارهای آبیاری مطلوب با تنش ملایم خشکی در این تحقیق نشان‌دهنده آن بود که در شرایط تنش موقت خشکی نه تنها مواد تولید شده در کل اندام گیاه کمتر بود بلکه اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی نیز به همان نسبت کاهش یافت. در همین راستا آدمازو و همکاران (2019) کاهش شاخص برداشت در سطوح مختلف تنش خشکی را به کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک نسبت داده‌اند. این محققین اظهار داشتند که در شرایط تنش اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه کمتر و این موضوع سبب کاهش عملکرد دانه و کاهش شاخص برداشت می‌شود. این نتایج با یافته‌های حاصل از این تحقیق مطابقت داشت.

رضایی‌سوخت‌آبندانی و همکاران (2020) بیان نمودند که تنش شدید در مرحله زایشی بیشتر بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد تا ماده خشک کل، بنابراین شاخص برداشت کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که آبیاری پس از 60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 6435 مترمکعب در هکتار) بر گیاه ذرت تأثیر بسیار مثبتی بر صفات شاخص‌های کارآیی گیاه ذرت داشت، به‌طوری که تیمار آبیاری بعد از 130 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (حجم کل آب آبیاری 5140 مترمکعب در هکتار) موجب کاهش عملکرد دانه به میزان 46 درصد شد. بنابراین عملکرد محصول رابطه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب دارد. به‌منظور دستیابی به عملکرد بهینه ذرت، ناگزیر از دور آبیاری60 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A هستیم. همچنین افزایش نیتروژن تا حد220 کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه گردید. در پژوهش حاضر مشاهده شد که افزایش هم زمان رطوبت خاک و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه حاصل شد، ولی مصرف مقادیر بالای نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک، عملکرد دانه را به علت کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن کاهش داد. بنابراین مصرف بالای نیتروژن در شرایط عدم دسترسی به آب کافی علاوه بر افزایش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست محیطی، مقدار عملکرد دانه ذرت را نیز کاهش می‌دهد. لذا در شرایط آب و هوایی استان خوزستان به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه ذرت، مصرف 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در شرایط رطوبتی مناسب پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع:

1. آمارنامه اداره کل هواشناسی استان خوزستان، آمار و اطلاعات هواشناسی سال زراعی1394-1393.
2. ساکی‌نژاد، ط. 1382. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز. 288 صفحه.
3. غلامی سالکویه، س. ا. امیری، ح. ر. مبصر، س.ا.ع. موسوی. 1390. بررسی تأثیر آبیاری نوبتی و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.1390.
4. قطاوی، ح. غ. معافپوریان و ع. بحرانی.. 1390. تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و دور آبیاری برعملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین ذرت دانه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. 4(1): 101-90.
5. کاظمی‌زاده، م. ع.ر. هوشمند، ع.ع. ناصری، م. گالبی، و م. مسکر باشی. 1398. بررسی عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و کارآیی نیتروژن در کشت ذرت در استان خوزستان. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. 9(1): 40-26.
6. کشاورز، پ. 1392. راهبردهای افزایش کارآیی مصرف نیتروژن در کشاورزی. نشریه مدیریت اراضی. 1(1): 53-47.
7. کوچکی، ع. و ع. سرمدنیا. 1384. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 467 صفحه.
8. لک، ش. ا. نادری، س.ع. سیادت، ا. آینه‌بند، ق. نورمحمدی و ه. موسوی، 1386. بررسی تأثیر تنش خشکی و مدیریت مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. 13: 705-691.
9. لک، ش. ا. نادری، س.ع. سیادت، ا. آینه‌بند و ق. نورمحمدی. 1386. اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس 704 در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی14(2): 15-1.

10. مجدم، م. و ع. مدحج. 1391. اثر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دانهٔ ذرت دانه‌ای درشرایط بهینه و تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. 10(3): 554-546.

11. نوروزی، ج. س. سیف‌زاده، ا. ارادتمند اصلی، ح.ر. ذاکرین و ا. حدیدی ماسوله. 1401. اثر تقسیط کود نیتروژن بر صفات اکو فیزیولوژیکی دو رقم ذرت در شرایط آبیاری معمول و تنش. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. 32(1): 132-115.

12. *Admasu, R., A.W. Michael, and T. Hordofa. 2019. Effect of moisture stress on maize (Zea Mays L.) yield and water productivity. Inter. J. Environ. Sci. Natural Res. 16(4): 83-87.*
13. *Al-Kaisi, M. M. and X. Yin. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. Agron. J. 95:1475-1482.*
14. *Athernadeem, M., Z. Iqbal, M. Ayoub, and K. Mubeen. 2009. Effect of nitrogen application on forage yield and quality of maize sown alone and in mixture with legumes. Pakistan J. Life Society Sci. 7: 161-167.*
15. *Bismillah Khan, M., N. Hossain, and M. Iqbal. 2001. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. J. Res. (sci). Bahauddin Zakaria University, Multan, Pakistan. 12(1):15-18.*
16. *Bruns, H.A. and H.K. Abbas. 2005. Ultra-high plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi Valley. Agron. J. 97:1136-1140.*
17. *FAOSTAT. 2018. Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. FAO, Rome.*
18. *Ghassemi-Golezani, K., Sh. Heydari, and B. Dalil. 2018. Field performance of maize (Zea mays L.) cultivars under drought stress. Acta Agric. Slovenica. 111(1): 25-32.*
19. *Hanan, S. S., G.A. Mona, and H.I. El-Alia2008. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. Res. J. Agric. Biological Sci. 4: 399-412.*
20. *Hanon, B. and S. Kaffka. 2004. Use of drip irrigation for sugar beet production. Agric. Water Management. 19(2): 166–176.*
21. *Hu, H., and L. Xiong. 2014. Genetic engineering and breeding of drought resistant crops. . Plant Biology. 65: 715-741.*
22. *Iseghohi, I., A. Abe, S. Meseka, W. Mengesha, M. Gedil, and A. Menkir. 2022. Effects of drought stress on grain yield, agronomic performance, and heterosis of marker-based improved provitamin-A maize synthetics and their hybrids. J. Crop. Improv. 36(2): 1-15.*
23. *Kafi, M., A. Borzoee, M Salehi, A. Kamandi, A. Masoumi, and J. Nabati. 2009. Physiology of Enviromental Stresses in Plants (translated). Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) Press, Mashhad, Iran.*
24. *Keeney, D.R., and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen in organic forms. PP. 643-698. In: A. L. Page, R. H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Method of soil analysis. Part II.*
25. *Luis, S., E. Marcio, A.F.M. Guidolin, L.D. Almidia, and V.A. Konslanz. 2001. Nitrogen fertilization impact on agronomic traits of maize hybrids released at different decades. Crop Science. Pesq. agropec. bras. 36(5): 757-764.*
26. *Mahbubul Alam, M., M.D. Mainul Basher, A. Karim, and M. Rafiquel Islam. 2003. Effect of rate of nitrogen fertilizer and population density on the yield and yield attributes of maize (Zea mays). Pakistan. J. Biological Sci. 6(20):1770-1773.*
27. *Mahpara, S., T. Hussain, and J. Farooq. 2014. Drought tolerance studies in wheat (Triticum aestivum L.). Cercetari Agrono.Moldova. 4(160): 133-140.*
28. *Mosanaei, H., H. Ajamnorozi, M.R. Dadashi, A. Faraji, and M. Pessarakli. 2017. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (Triticum aestivum L.) seed deterioration and yield. Emirates. J. Food. Agric. 29(11): 899-910.*

29. *Nemati, A.R. and R. Seyed Sharifi. 2012. Effects of rates and nitrogen application timing on yield, agronomic characterstics and nitrogen use efficiency in corn. Inter J. Agric. Crop Sci. 4(9): 534-539.*
30. *Omar , S., R. Abd Ghani, H. Khaeim, A.H. Sghaier and M. Jolánkai. 2022. The effect of nitrogen fertilisation on yield and quality of maize (Zea mays L.). Acta Alimentaria. 51(2): 249-258.*
31. *Oneill, P.M., J.F. Shanahan, and J.S. Schepers. 2006. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. Crop Sci. 46(2) 681-687.*
32. *Rezaei Sokht-Abandani, R., S.A. Siadat, A. Pazoki, Sh. Lack, and M. Mojddam. 2020. Effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizer on some physiological and agronomical traits of maize hybrid (Zea mays L. CV. Single cross 704). J.Plant Ecophysiol. 12(40): 40-52.*
33. *Sah, R.P., M. Chakraborty, K. Prasad, M. Pandit, V.K. TuduM.K. Chakravarty, S.C. Narayan, M. Rana, and D. Moharana. 2020. Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. Sci.Reports. 10: 1-15.*
34. *Saneoka, H. S. and Agata, W. 1996. Cultivar differences in dry matter production and leaf water relations in water-stressed maize. Grassland. Sci. 41(4): 294-301.*
35. *Taize, L. and E. Zeiger. 1998. Plant Physiology (2nd Ed). Sinager Associates. Inc. Publisher. Sunderland Massa Chussets. 757p.*

Effect of Water Deficit and Nitrogen Levels on Some Traits Affecting Spring Corn Grain Yield in Khuzestan Climate

P. Elahi, S. Lak[1], and M. Mojaddam

Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
E-mail: Parisa_Elahi@gmail.com
Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
E-mail: Sh.lack50@gmail.com
Assistant Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
E-mail: manimojaddam@yahoo.com

Received: November,2022, and Accepted: February, 2023

Abstract

Water and nitrogen are among the main factors affecting crops yield. In order to investigate the effect of different levels of irrigation and amounts of nitrogen on some traits affecting yield of spring corn, a research was carried out in the form of split plots and use of a completely randomized block design with three replications in the research farm of the Islamic Azad University, Ahvaz branch. Treatments included irrigation at three levels (irrigation after 60, 95, 130 mm of evaporation from class A evaporation pan, and the total volume of irrigation water in each treatment was, respectively, 6435, 5620 and 5140 m^3/ha) and amounts of nitrogen consumption at three levels (including 80, 150, and 220 kg.N.ha^{-1}), which were placed in the main and sub plots, respectively. The results showed that irrigation treatment had a significant effect on traits such as leaf area index, leaf relative water content, grain yield and its components, and harvest index. Also, application of nitrogen fertilizer significantly affected the characteristics of leaf area index and cob leaf nitrogen, yield and yield components, biological yield and harvest index. The highest seed yield from the irrigation treatment was obtained after 60 mm of evaporation and 220 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer with an average of 763.2 g.m^{-2}, which had no statistically significant difference with the treatment of 60 mm of class A evaporation pan and 150 kg/ha of nitrogen fertilizer; threfore, this treatment is suggested for the climatic conditions of Khuzestan.

Keywords: *Biological yield, Maize leaf nitrogen content, Corn irrigation*

[1] *Corresponding author: E-mail: Sh.lack50@gmail.com*