

تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر تجمع ماده خشک در گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴

عبدالرحیم هوشمند^{۱*}، امیر سالاری^۲ و احمد جعفرنژاد^۳

- ^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده‌ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. hooshmand_a@scu.ac.ir
- ^۲ - دانش آموخته دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز و استادیار گروه تولیدات گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه
- ^۳ - استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور.

تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش آبی و نیتروژن بر تجمع ماده خشک در گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (KSC704)، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان نیشابور در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارهای اصلی شامل دو سطح تنش آبی ۸۰ و ۶۰ درصد در هر یک از مراحل سه گانه رشد رویشی (IR۸۰ و IR۶۰)، گل‌دهی (IG۸۰ و IG۶۰) و پر شدن دانه (IP۸۰ و IP۶۰) بود که هر یک در دو سطح تیمار فرعی نیتروژن شامل سطح ۱۰۰ (N۱۰۰) و ۵۰ درصد (N۵۰) اعمال گردید. بیشترین مقدار ماده خشک در تیمار شاهد (بدون تنش) و برابر با ۲۲/۸ تن در هکتار تولید گردید، تنش‌های آبی و نیتروژن اعمالی در مراحل مختلف رشد، باعث کاهش ماده خشک نهایی گردید و کمترین مقدار ماده خشک در تنش‌های اعمالی در مرحله رویشی (IR۶۰N۵۰) و برابر با ۱۳/۲ تن در هکتار به دست آمد، بیشترین مقدار کارایی مصرف آب نیز در تیمار شاهد و برابر با ۱/۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان داد که تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن و اثر متقابل آنها در سطح یک درصد بر ماده خشک و کارایی مصرف آب معنی‌دار بوده است. طبق نتایج به دست آمده، توصیه می‌گردد به منظور دستیابی به حداکثر کارایی مصرف آب، مصرف آب و نیتروژن به صورت کامل انجام پذیرد.

کلید واژه‌ها: تنش آبی، ذرت، ماده خشک، نیتروژن.

Effects of Water and Nitrogen Stress at Different Growth Stages on Biomass Accumulation of Maize KSC704

A.R. Hooshmand^{1*}, A. Salari² and A. Jafarnejhad

- 1* - Corresponding Author, Associate Professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
- 2- Ph.D. in Irrigation and Drainage of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran and Assistant Professor, Agricultural Faculty, Torbat Heydarieh University.
- 3- Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Nishabour

Received: 12 March 2016

Accepted: 5 July 2016

Abstract

In order to study the effect of water and nitrogen stress on biomass in Maize variety KSC704, an experiment was conducted at Agricultural and Natural Resources Research Center of Neyshabour city in year 2013. The experimental design was randomized complete block with three replications. The main treatments consisted of two levels of water stress 80 and 60 percent

of water requirement in each of the three stages of growth vegetative, reproductive and grain filling and secondary treatments of two levels of 100 and 50 percent nitrogen. Most of biomass was produced in the control (no stress) equal to 22.8 ton/ha. Water and nitrogen stress applied at different stages of growth, has decreased final biomass. Water and nitrogen stress at vegetative growth stage had highest effect on biomass and lowest biomass was measured in IR60N50 equal to 13.2 ton/ha. Statistical analysis of results also showed that effects of water and nitrogen stress and interaction effects of irrigation and nitrogen had significant effect on biomass and water use efficiency at 1 percent level. The highest water use efficiency were obtained in control (I100N100) treatment with 1.77 kilograms per cubic meter. According to the results, it is recommended to maximize water use efficiency, water and nitrogen use completely done.

Keywords: Water stress, Maize, Biomass, Nitrogen.

آب افزایش می‌یابد (قیصری و همکاران، ۲۰۰۹؛ دی پاولو و رینالدی، ۲۰۰۸).

علاوه بر سطح و میزان تنش وارده، مرحله رشد نیز بر حساسیت گیاه به تنش آبی تأثیر به‌سزایی دارد، سینگ و سینگ^{۱۴} (۱۹۹۵) طی تحقیقی، حساس‌ترین مرحله ذرت نسبت به آب، موثر در عملکرد دانه را، دو هفته قبل تا ۲-۳ هفته پس از گل‌دهی دانسته در حالی که در مطالعه لک و همکاران (۱۳۸۶) حساس‌ترین مرحله رشد گیاه نسبت به تنش آبی، موثر در مقدار ماده خشک کل، مرحله رویشی گزارش شده است. تنش خشکی قبل از گل‌دهی با کاهش تعداد و مساحت برگ‌ها که از اجزای اصلی ماده خشک محسوب می‌شود باعث کاهش ماده خشک می‌گردد (هال و همکاران^{۱۵}، ۱۹۸۱؛ نسमित و ریچی^{۱۶}، ۱۹۹۲؛ سیری^{۱۷}، ۱۹۹۳)، در حالی که در مرحله گل‌دهی، با شکست تلقیح، کاهش تعداد دانه در بلال و کاهش طول دوره رشد گیاه و در مرحله پر شدن دانه با کاهش وزن دانه و کوتاه نمودن طول دوره موثر پر شدن دانه، باعث کاهش ماده خشک نهایی می‌گردد (نسमित و ریچی، ۱۹۹۲).

مقدار نیتروژن کافی در خاک سبب کند شدن پیری برگ گردیده و گیاه را قادر می‌سازد تا فرصت بیشتری برای پر کردن دانه‌ها داشته، عملکرد افزایش یابد (اقبال و پاور^{۱۸}، ۱۹۹۹؛ موزر و همکاران، ۲۰۰۶). کمبود نیتروژن به علت کاهش اندازه و دوام سطح برگ، باعث کاهش میزان نور دریافتی، کارایی استفاده از نور و فتوسنتز گیاه زراعی می‌شود (لک و همکاران، ۱۳۸۶). هیرزل و همکاران^{۱۹} (۲۰۰۷) طی تحقیقی به مقدار ۱۹ تن در هکتار ماده خشک برای شرایط بدون کوددهی و ۳۱ تن در هکتار با استفاده از ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دست یافتند. از آنجایی که تأثیر کود نیتروژن مصرفی بر میزان ماده خشک، وابسته به در دسترس

مقدمه

مهمترین عوامل محدود کننده تولید در گیاهان زراعی از جمله ذرت، کمبود آب و نیتروژن می‌باشد. کمبود این عوامل، با ایجاد تغییرات کالبدی (آناتومیک)، ریختاری (مورفولوژیک^۱)، ساختاری (فیزیولوژیک^۲) و بیوشیمیایی، بر جنبه‌های مختلف رشد و در نهایت تولید ماده خشک ذرت تأثیر می‌گذارد (غدیری و مجیدیان، ۱۳۸۲). میزان این تأثیرات منفی، بستگی به سطح تنش، زمان وقوع و مرحله رشد دارد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۱). اصولاً بیشترین مقدار ماده خشک نهایی در آبیاری کامل به دست آمده، با اعمال تنش آبی، وزن ماده خشک کاهش یافته و با افزایش مصرف نیتروژن، بر میزان کل ماده خشک افزوده می‌گردد (لک و همکاران، ۱۳۸۶؛ زندپارسا و سپاسخواه، ۲۰۰۱؛ گادوین و جنز^۴، ۱۹۹۱؛ لیاو و بارسولوف^۵، ۱۹۷۴؛ پانگ و لتی^۶، ۱۹۹۸؛ شیخی و همکاران، ۱۳۹۱؛ پاندی و همکاران^۷، ۲۰۰۰؛ موزر و همکاران^۸، ۲۰۰۶؛ شانگوان و همکاران^۹، ۲۰۰۰).

در مطالعات انجام شده زیادی مشخص گردیده که تأثیر سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر میزان ماده خشک نهایی معنی‌دار است (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۶؛ قیصری و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۹؛ لک و همکاران، ۱۳۸۶؛ استون و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۱؛ کاکیر^{۱۲}، ۲۰۰۴؛ دی پاولو و رینالدی^{۱۳}، ۲۰۰۸)، هر چند افزایش تنش‌های آبی و نیتروژن، سبب کاهش عملکرد ماده خشک می‌گردد، اما بسته به سطح تنش، ممکن است کارایی مصرف آب بهبود یابد، به طوری که در تنش‌های ملایم، عموماً کارایی مصرف

- 1 - Anatomic
- 2 - Morphological
- 3 - Physiological
- 4 - Godwin and Jones
- 5 - Liao and Bartholomew
- 6 - Pang and Letey
- 7 - Pandey *et al.*
- 8 - Moser *et al.*
- 9 - Shangguan *et al.*
- 10 - Gheysari *et al.*
- 11 - Stone *et al.*
- 12 - Cakir
- 13 - DiPaolo and Rinaldi

- 14 - Singh and Singh
- 15 - Hall *et al.*
- 16 - Nesmith and Ritchie
- 17 - Siri
- 18 - Eghball and Power
- 19 - Hirzel *et al.*

گردید. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد (شکل ۱). تیمارهای تنش آبی شامل دو سطح ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی و تیمارهای تنشی نیتروژن شامل دو سطح ۱۰۰ و ۵۰ درصد بود. آبیاری به صورت هفته‌ای انجام گردید و برای تعیین مقدار نیاز آبی از روش فائو پنمن مانیتیت (نرم‌افزار کراپوات) و برای تعیین مقادیر ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد و محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاه ذرت، از روش فائو ۵۶ استفاده گردید. بدین منظور داده‌های هواشناسی مورد نیاز، به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی شهرستان نیشابور که در ۲ کیلومتری محل آزمایش قرار داشت اخذ گردید (جدول ۱).

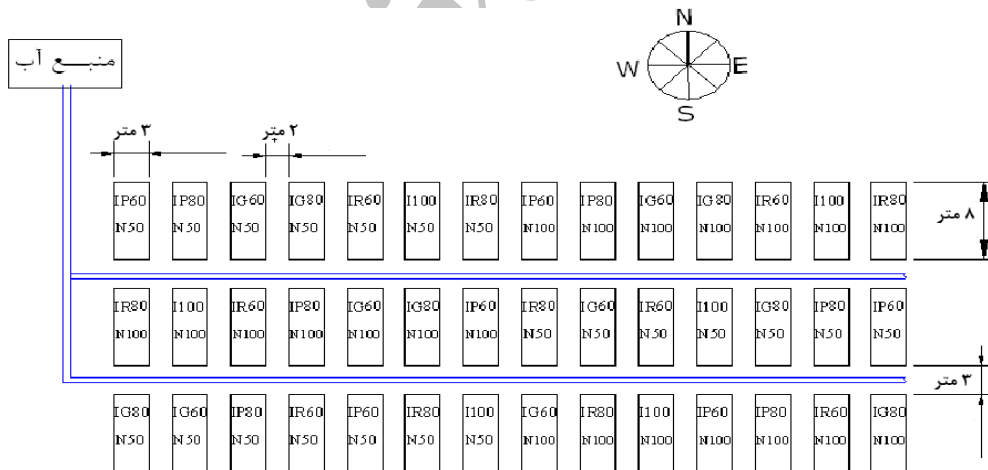
حد بهینه و مورد نیاز نیتروژن بر اساس آزمون خاک (NPK) تعیین شد (جدول ۲) و با توجه به نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد، از منبع کود اوره به‌صورت تقسیطی (در چهار مرحله قبل از کاشت، ۱۰ برگی، گل‌دهی و پرشدن دانه) استفاده گردید. مقدار نیتروژن مورد نیاز (۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز) نیز، بر اساس شاخص کودی و با کاربرد ۴۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره انجام گردید. قبل از انجام آزمایش، مشخصات فیزیک خاک در سه لایه ۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰ و ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید، طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، بافت خاک مزرعه لومی رسی بود (جدول ۳).

بودن آب خاک است، پیشنهاد می‌گردد، مقدار نیتروژن مصرفی در شرایط تنش خشکی شدید، کاهش یابد (قیصری و همکاران، ۲۰۰۹). لیاو و بارسولومف (۱۹۷۴) نیز نشان دادند در صورت عدم جذب آب توسط گیاه، نیتروژنی هم جذب نخواهد شد. بدین دلیل بایستی اثری متقابل بین نیتروژن و آب مصرفی در تولید ذرت وجود داشته باشد. در تحقیقی عملکرد دانه و پروتئین در ذرت علوفه ای مورد بررسی قرارگرفت. دو فاکتور مقدار آب آبیاری در چهار سطح و مقدار کود شیمیائی در پنج سطح انتخاب گردید. نتایج نشان داد عملکرد دانه تحت تاثیر میزان آب، کود و اثر متقابل آنها می باشد. (اعتدالی و نوری امامزاده ایی ۱۳۹۱)

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر تولید ماده خشک کل گیاه ذرت است. تعیین اثرات کم آبیاری بر مراحل رشد و نمو گیاه ذرت و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف از دیگر اهداف این تحقیق می باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن بر تجمع و مقدار نهایی ماده خشک بالای سطح زمین گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (KSC704)، آزمایشی در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان نیشابور استان خراسان رضوی با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه ۴۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۲۴۵ متر از سطح دریا اجرا



شکل ۱- جانمایی تیمارها (I و N به ترتیب نشان‌دهنده تیمارهای آبیاری و نیتروژن، IR_{۶۰} و IR_{۸۰} به ترتیب مصرف ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه در مرحله رشد رویشی، IG_{۶۰} و IG_{۸۰} به ترتیب مصرف ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه در مرحله گل‌دهی، IP_{۶۰} و IP_{۸۰} به ترتیب مصرف ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله پرشدن دانه، N_{۱۰۰} مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز و N_{۵۰} مصرف ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن مورد نیاز).

هوشمند و همکاران: تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف...

جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی منطقه در طول فصل رشد

پارامتر	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	۳۸	۴۰	۳۸/۶	۳۴/۴	۳۳/۴
دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	۱۰	۱۴	۱۱/۲	۳	۵,۵
دمای متوسط (درجه سانتی‌گراد)	۲۳/۸	۲۷/۶	۲۴/۲	۲۰/۳	۱۹/۷
رطوبت نسبی حداکثر (درصد)	۹۶	۹۴	۶۳	۱۰۰	۶۸
رطوبت نسبی حداقل (درصد)	۱۴	۱۰	۸	۹	۱۴
نزولات جوی (میلی‌متر)	۲۴/۳	۷	۰	۴/۶	۰

جدول ۲- مقدار املاح اندازه‌گیری شده خاک قبل از کاشت

عمق (سانتی‌متر)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	پتاس (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	مواد آلی (درصد)
۰ - ۳۰	۰/۸	۱۶	۱۵۰	۰/۰۹
۳۰ - ۶۰	۰/۹	۱۴	۱۳۷	۰/۰۸

جدول ۳- مشخصات خاک محل آزمایش

ضخامت لایه (سانتی متر)	هدایت هیدرولیکی اشباع (میلی متر در روز)	نقطه پژمردگی دائم (درصد)	حد ظرفیت زراعی (درصد)	تخلخل (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۵۰ - ۰	۱۰۰	۲۰	۳۹	۴۹	۳۸	۴۰	۲۲
۱۰۰ - ۵۰	۱۰۰	۲۰	۳۹	۴۸	۳۶	۳۸	۲۶
۱۵۰ - ۱۰۰	۸۹	۱۸	۳۶	۴۵	۳۷	۳۶	۲۷

جدول ۴- مقادیر نزولات جوی، عمق آب آبیاری و تبخیر و تعرق مرجع در طول فصل زراعی

پارامتر (میلی متر)	I _{۱۰۰}	I _{۱۰۰}	IR _{۸۰}	IR _{۶۰}	IR _{۶۰}	IR _{۸۰}	IG _{۸۰}	IG _{۶۰}	IG _{۶۰}	IP _{۸۰}	IP _{۶۰}	IP _{۶۰}	IP _{۸۰}	پارامتر
بارش	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	بارش
عمق آب آبیاری	۱۲۸۹	۱۲۸۹	۱۲۳۰	۱۲۳۰	۱۱۳۰	۱۱۳۰	۱۱۸۹	۱۱۸۹	۱۱۳۰	۱۱۶۹	۱۱۶۹	۱۲۲۹	۱۲۲۹	عمق آب آبیاری
تبخیر و تعرق مرجع	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	۱۴۵۸	تبخیر و تعرق مرجع

IP و IG، IR، N، I به ترتیب نشان دهنده تیمارهای آبیاری، نیتروژن، تنش در مرحله رویشی، تنش در مرحله گل دهی و تنش در مرحله پرشدن دانه و اندیس های ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ به ترتیب تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، N_{۱۰۰} و N_{۵۰} نیز به ترتیب نشان دهنده کوددهی کامل و ۵۰ درصد تنش کودی می باشند.

جدول ۵- پارامترهای متغیر اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف

پارامتر	I _{۱۰۰}	I _{۱۰۰}	IR _{۸۰}	IR _{۶۰}	IR _{۶۰}	IR _{۸۰}	IG _{۸۰}	IG _{۶۰}	IG _{۶۰}	IP _{۸۰}	IP _{۶۰}	IP _{۶۰}	IP _{۸۰}
زمان جوانه زنی، روز	۷	۷	۷	۸	۷	۷	۸	۷	۷	۷	۷	۷	۷
زمان شروع گل دهی، روز	۵۵	۵۶	۵۷	۵۹	۶۲	۶۳	۵۶	۵۵	۵۷	۵۵	۵۶	۵۶	۵۶
طول مدت گل دهی، روز	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۶	۱۶	۱۸	۲۰	۲۳	۱۶	۱۷	۱۸	۱۸
زمان شروع پیری، روز	۱۰۵	۱۰۲	۱۰۱	۱۰۰	۹۵	۹۴	۱۰۰	۹۷	۹۸	۹۶	۱۰۰	۹۹	۹۴
زمان بلوغ فیزیولوژیکی، روز	۱۲۷	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۵	۱۲۰	۱۱۷	۱۲۵	۱۲۱	۱۲۲	۱۲۰	۱۲۷	۱۲۴	۱۱۹
حداکثر عمق ریشه، متر	۱/۸	۱/۸	۱/۹	۱/۷۵	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸

IP و IG، IR، N، I به ترتیب نشان دهنده تیمارهای آبیاری، نیتروژن، تنش در مرحله رویشی، تنش در مرحله گل دهی و تنش در مرحله پرشدن دانه و اندیس های ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ به ترتیب تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، N_{۱۰۰} و N_{۵۰} نیز به ترتیب نشان دهنده کوددهی کامل و ۵۰ درصد تنش کودی می باشند.

تمامی تیمارها در تاریخ ۱۵ مهرماه به روش دستی برداشت شده و در نهایت تجزیه و تحلیل آماری صفات مورد مطالعه و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و به وسیله نرم افزار MSTAT و رسم شکل‌ها و منحنی‌ها به وسیله نرم افزار اکسل انجام گردید.

در طول فصل، پارامترهای متغیر گیاهی از جمله زمان جوانه‌زنی (روز)، شروع گل‌دهی (روز)، شروع پیری (روز)، طول مدت گل‌دهی (روز) و حداکثر عمق ریشه (متر) اندازه‌گیری گردید (جدول ۵).

نتایج و بحث

اعمال تنش در مرحله رویشی، زمان شروع گل‌دهی را به تأخیر انداخت و با افزایش سطح تنش، بر میزان این تأخیر افزوده گردید، ضمن آن‌که در تنش‌های اعمالی در این مرحله، با افزایش سطح تنش‌های آبی و نیتروژن، طول مدت گل‌دهی و حداکثر عمق ریشه کاهش یافت، این یافته‌ها نشان داد که اعمال تنش در مرحله رویشی، تمامی اجزای رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش آنها می‌گردد، پس از رفع تنش، با توجه به فرصت کم باقیمانده تا انتهای فصل و ضعیف بودن گیاه، طول دوره گل‌دهی و زمان بلوغ فیزیولوژیکی نیز کوتاه گردید (جدول ۵).

افزایش سطح تنش‌های آبی و نیتروژن در همه تیمارها، باعث تسریع پیری کانوپی و کاهش دوام و قوام برگ گردیده و زمان بلوغ فیزیولوژیکی را کاهش داد (جدول ۵).

تأثیر تیمارهای تنش آبی در مرحله رشد رویشی

از آنجایی که بخش بیشتری از ماده خشک مربوط به پوشش سبزینه‌ای بالای سطح زمین گیاه شامل ساقه و برگ‌ها بوده و بخش کمتری از آن در مرحله بعدی مربوط به عملکرد دانه‌ها است، با شروع تنش‌ها در هفته دوم اندازه‌گیری‌ها (یک هفته پس از شروع مرحله رویشی و اعمال تنش)، گیاه تحت تأثیر تنش‌های آبی قرار گرفته و پوشش کانوپی کاهش یافت. پس از رفع تنش‌ها در پایان هفته چهارم، گیاه وارد مرحله گل‌دهی شده و از آنجایی که این تیمارها، از این مرحله به بعد، دچار تنش آبی نبودند، با انجام به موقع فرآیند گرده‌افشانی و تلقیح و پرشدن مناسب دانه‌ها، منحنی تجمع ماده خشک از شیب افزایشی مناسبی برخوردار گردید. به عبارتی کمتر بودن ماده خشک نهایی این تیمارها، بیشتر مربوط به کاهش رشد سبزینه‌ای گیاه است تا عملکرد دانه‌های بلال (شکل ۲). به نظر می‌رسد با پیری زودرس کانوپی، فرصت ادامه تجمع ماده خشک از دست رفته و در نهایت ماده خشک نهایی نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار یافته است (جدول ۵).

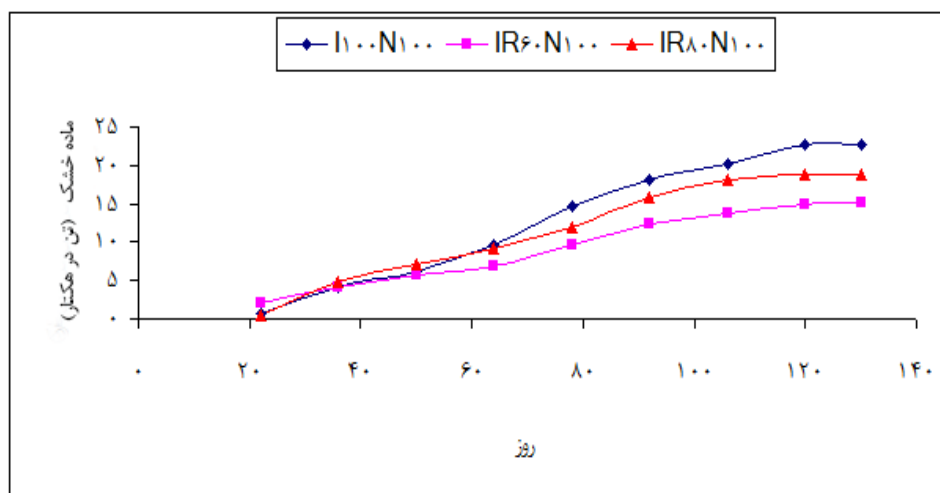
عملیات کاشت در تاریخ سوم خردادماه درون کرت‌هایی مشتمل بر چهار ردیف کاشت به طول ۸ متر انجام شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله گیاه روی ردیف‌ها، ۱۵ سانتی‌متر انتخاب گردیده، بنابراین سطح خالص هر کرت ۲۴ متر مربع (۳×۸) بود، ضمناً به منظور جلوگیری از نشت آب و تأثیر بین واحدهای آزمایشی، بین کرت‌ها، ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت فارو انجام گردید و هر واحد، توسط پشته‌هایی محصور گردید.

در این آزمایش، تیمارهای آبیاری به عنوان فاکتور اصلی (MP) شامل تیمارهای شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، دو سطح تنشی ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در هر یک از مراحل رشد شامل مراحل رویشی (IR)، گل‌دهی (IG) و پر شدن دانه (IP) و تیمارهای نیتروژن به عنوان فاکتورهای فرعی (SP) شامل دو سطح نیتروژن ۱۰۰ و ۵۰ درصد انتخاب گردید. روش کار به این صورت بود که ابتدا، طول دوره رشد گیاه به سه مرحله رویشی (از مرحله ۶-۴ برگی تا ابتدای مرحله تاسلینگ)، گل‌دهی (از ابتدای مرحله تاسلینگ تا ابتدای مرحله شیری‌شدن دانه‌ها) و پرشدن دانه (از مرحله شیری‌شدن دانه‌ها تا بلوغ فیزیولوژیکی) تقسیم گردید، سپس در هر یک از مراحل سه گانه مورد اشاره، دو سطح تنش آبی ۶۰ و ۸۰ درصد و دو سطح نیتروژن ۱۰۰ و ۵۰ درصد اعمال گردید.

به منظور تعیین عمق آب آبیاری مورد نیاز در هر تیمار، ابتدا تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش فائوپنمن‌مانتیت (با استفاده از نرم‌افزار کراپ‌وات) محاسبه گردید و با محاسبه مقدار ضریب گیاهی (Kc) در مراحل مختلف رشد با استفاده از روش فائو ۵۶ (مقادیر ضریب گیاهی در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر با ۰/۳، ۱/۱۵ و ۰/۸۵ بدست آمد)، مقدار تبخیر و تعرق واقعی گیاه به دست آمد، سپس با توجه به تبخیر و تعرق واقعی محاسباتی و نزولات جوی و همچنین سطح تنش، مقدار آب لازم، به هر واحد داده شد (جدول ۴).

روش اعمالی سطوح تنش آبی به این صورت بود تیمارهایی که در مرحله رویشی (مثلاً تیمار IR۸۰N۱۰۰) تحت تنش قرار گرفتند در سایر مراحل رشد (گل‌دهی و پر شدن دانه) تحت تنش نبوده و به طور کامل، آبیاری گردیدند.

جهت اندازه‌گیری‌های میدانی ماده خشک، هر دو هفته یک بار اقدام به نمونه‌برداری شد. بدین منظور در هر بار اندازه‌گیری، پنج بوته شامل تمامی قسمت‌های بالای سطح زمین در داخل آون به مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. منظور از ماده خشک در این تحقیق، کل وزن سبزینه‌ای روی سطح زمین گیاه شامل ساقه، برگ‌ها و بلال‌ها می‌باشد. در انتهای فصل،



شکل ۲- مقایسه ماده خشک سطوح ۶۰ و ۸۰ درصد تنش آبی در مرحله رویشی با تیمار شاهد

تأثیر تیمارهای تنش آبی در مرحله گل‌دهی

بین مقادیر تجمعی ماده خشک تیمارهایی که در این مرحله تحت تنش قرار گرفتند (IG80.N100 و IG60.N100) و تیمار شاهد، تا قبل از اعمال تنش، به دلیل برقراری شرایط یکسان آبی بین تیمارها، اختلافی مشاهده نگردید و با شروع تنش‌ها، تجمع ماده خشک مخصوصاً در سطح ۶۰ درصد کاهش چشمگیری یافت، دلایل عمده این کاهش، در مرحله اول مربوط به شکست شدید تلقیح و گرده‌افشانی (کاهش تعداد دانه در بلال) (جدول ۶) و در مرحله دوم، کاهش طول دوره رشد گیاه به دلیل پیری زودرس کانوبی (جدول ۵) بود. روند تغییرات منحنی تجمعی ماده خشک نشان می‌دهد که در سطح ۸۰ درصد شکست تلقیح و گرده‌افشانی خاصی اتفاق نیفتاده است و عمده کاهش ماده خشک نهایی در این تیمار مربوط به کاهش طول دوره رشد به دلیل پیری زودرس کانوبی است، در حالی که در سطح ۶۰ درصد، هم شکست تلقیح و گرده‌افشانی اتفاق افتاده (کاهش تعداد دانه در بلال) و هم طول دوره رشد گیاه کاهش یافته است (جدول ۵ و ۶).

کاهش مقدار آب از تیمار شاهد به تیمارهای IG80.N100 و IG60.N100 و از تیمار IG80.N100 به تیمار IG60.N100 به ترتیب باعث کاهش ۳/۹۵، ۴/۶ و ۰/۶۵ تن در هکتاری ماده خشک نهایی شده است. در این تیمارها، کاهش ۲۰ درصدی آب مصرفی از سطح پتانسیل (تیمار شاهد) به سطح ۸۰ درصد، تأثیر به مراتب بیشتری در کاهش ماده خشک نهایی نسبت به کاهش همین مقدار آب از سطح ۸۰ درصد به سطح ۶۰ درصد داشته است و یا به عبارتی کارایی مصرف آب در کم‌آبیاری‌ها کمتر است (شکل ۳).

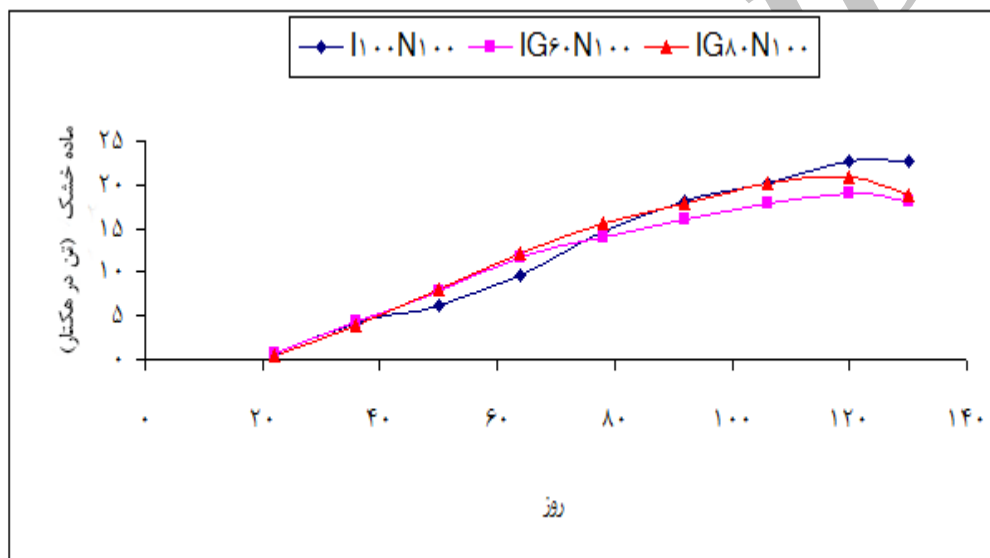
به عبارت دیگر، گیاه تحت تنش در مرحله رویشی که با کاهش تجمع ماده خشک مواجه است، پس از رفع تنش با توجه به فرصت کم باقیمانده، سریعاً اقدام به تشکیل و پر کردن دانه‌ها کرده (طبق اصل حفظ بقا و نسل) ولی کوتاه شدن سیکل زندگی به دلیل پیری زودرس کانوبی، ادامه روند تجمع ماده خشک گیاه را مختل نموده است (جدول ۵). در بین تمامی تیمارهای تنشی، کمترین مقدار ماده خشک تولیدی، مربوط به تیمار ۶۰ درصد تنش آبی در مرحله رویشی (IR60.N50) و برابر با ۱۳/۲ تن در هکتار می‌باشد، این یافته نشان می‌دهد که حساس‌ترین مرحله رشد نسبت به تنش‌های آبی، مرحله رشد رویشی می‌باشد. بیشترین میزان ماده خشک نیز در تیمار شاهد (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و برابر با ۲۲/۸ تن در هکتار به دست آمد، لک و همکاران (۱۳۸۶) نیز کمترین وزن ماده خشک را در تنش‌های اعمالی در مرحله رویشی و بیشترین مقدار آن را در تیمار شاهد گزارش نمودند. کاهش مقدار آب از تیمار شاهد به تیمارهای IG80.N100 و IR60.N100 و از تیمار IR80.N100 به تیمار IR60.N100 به ترتیب باعث کاهش ۳/۹، ۷/۶ و ۳/۷ تن در هکتاری ماده خشک نهایی شده است، به عبارتی کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب از سطح پتانسیل (تیمار شاهد) به سطح ۸۰ درصد، تأثیر بیشتری در کاهش ماده خشک نهایی نسبت به کاهش همین مقدار آب از سطح ۸۰ درصد به سطح ۶۰ درصد داشته است. مفهوم این مطلب آن است که کارایی مصرف آب ماده خشک در کم‌آبیاری‌ها، کمتر است. نتایج محققان دیگر نیز نشان می‌دهد که تنش آبی در مرحله رویشی با تأثیر بر گسترش سطح برگ، باعث کاهش ماده خشک گیاه می‌گردد (کلاسن و شاو، ۱۹۷۰؛ مک پیرسون و بایر، ۱۹۹۷؛ هال و همکاران، ۱۹۸۱؛ نسیمیت و ریچی، ۱۹۹۲؛ سیری، ۱۹۹۳).

هوشمند و همکاران: تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف...

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس

منابع تغییرات	درجه آزادی	بیومس	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	پوشش کانوبی	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۲/۱۲	۱۹۵۴/۵۷	۴۲/۶۶	۰/۰۷۱	۰/۰۱۶
کود نیتروژن	۱	۴۰/۵۷**	۱۶۲۰۵/۳۶**	۱۱۱/۹۵ NS	۶/۰۹۵**	۰/۳۱۹**
آبیاری	۶	۴۴/۲۷**	۳۴۲۴۹/۸۶**	۶۰۰/۰۳**	۱۱/۸۳**	۰/۲۱۴**
اثر متقابل آبیاری و نیتروژن	۶	۱/۱۲۵**	۲۴۸/۵۶ NS	۴۴/۶۴ NS	۱/۲۶۲*	۰/۰۱**
خطا	۲۶	۰/۱۲۹	۴۸۵/۹۶	۱۲۴/۹۲	۰/۵۰۷	۰/۰۰۱

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد و NS نشان‌دهنده غیر معنی‌دار بودن می‌باشد



شکل ۳- مقایسه ماده خشک سطوح ۶۰ و ۸۰ درصدی تنش آبی در مرحله گل‌دهی با تیمار شاهد

تأثیر تیمارهای تنش آبی در مرحله پرشدن دانه

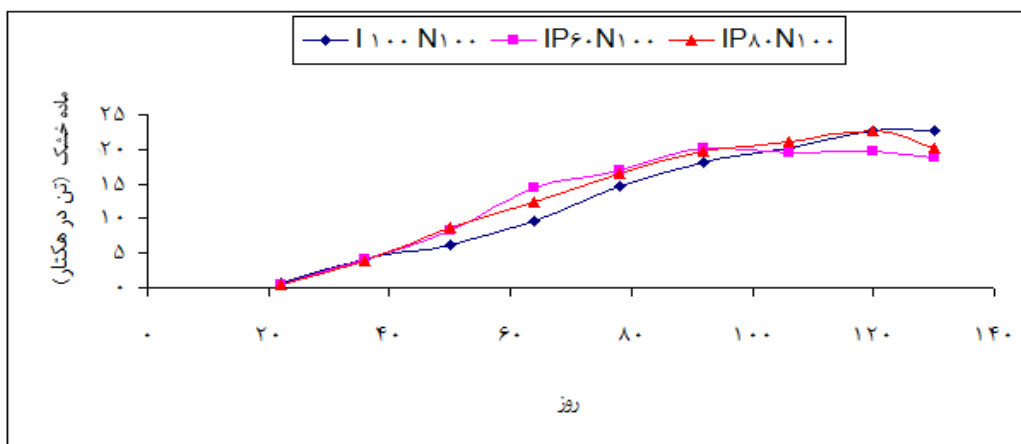
در این مرحله نیز، اختلاف مشخص و معنی‌دار بین منحنی‌های تجمع ماده خشک تیمارهای شاهد، IP۸۰.N۱۰۰ و IP۶۰.N۱۰۰ تا قبل از اعمال تنش مشاهده نمی‌گردد. با اعمال تنش، تجمع ماده خشک گیاه مخصوصاً در سطح ۶۰ درصد (تیمار IP۶۰.N۱۰۰) تحت تأثیر قرار گرفته و به دلایل پیری زودرس تاج پوشش گیاهی و همچنین کند شدن فرآیند فتوسنتز و انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف گیاه، عملکرد دانه و در نهایت عملکرد ماده خشک نهایی کل کاهش می‌یابد. طبق اندازه‌گیری‌های میدانی، عمده دلیل کاهش وزن ماده خشک نهایی در این مرحله، کاهش وزن دانه‌ها بود (جدول‌های ۵ و ۶ و شکل ۴).

همان‌طور که اغلب تحقیقات نشان داده که یکی از حساس‌ترین مرحله رشد ذرت نسبت به تنش آبی، مرحله گل‌دهی مخصوصاً مراحل گرده‌افشانی، ظهور کاکل و ریزش دانه گرده می‌باشد، تنش آبی در این مرحله از طریق رشد ناقص جنین، ناباروری دانه گرده و کاهش تعداد دانه بارور، کاهش شدید ماده خشک را باعث می‌شود (مجدم و همکاران، ۱۳۸۷؛ نسیمیت و ریچی، ۱۹۹۲؛ قوشچی و همکاران^۱، ۲۰۰۸؛ ابوالخیر و مکی^۲، ۲۰۰۷؛ لمکوف و لومیس^۳، ۱۹۸۶).

1 - Ghooshchi *et al.*

2 - Abo-El-Kheir and Mekki

3 - Lemcoff and Loomis



شکل ۴- مقایسه ماده خشک سطوح ۶۰ و ۸۰ درصدی تنش آبی در مرحله پر شدن دانه با تیمار شاهد

قیصری و همکاران (۲۰۰۹) و لک و همکاران (۱۳۸۶) نیز مشابهاً دریافتند که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، میزان کل ماده خشک گیاه ذرت نیز افزایش یافته و اثر کود نیتروژن بر ماده خشک نهایی وابسته به در دسترس بودن آب خاک است.

تأثیر تنش نیتروژن در تیمارهای تحت تنش آبی در

مرحله رویشی

سطح ۶۰ و ۸۰ درصد تنش آبی: در این تیمارها نیز همانند تیمار شاهد، کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن همواره باعث کاهش مقدار ماده خشک تجمع یافته نسبت به سطح نیتروژن ۱۰۰ درصد گردید. اختلاف بین سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد مصرف نیتروژن در این تیمارها در اوایل رشد کم بوده و بعد از آن به دلیل رشد سریع تاج پوششی گیاه، احتیاج بیشتر به نیتروژن و برداشت و مصرف نیتروژن از منطقه ریشه‌ها روز به روز بر دامنه این اختلاف افزوده شد، به طوری که این تفاوت‌ها، در زمان بلوغ فیزیولوژیکی به حداکثر مقدار خود رسید. در این تیمارها، قبل از شروع کوددهی تقسیطی هفته چهارم، تجمع ماده خشک کاهش و پس از آن افزایش یافت (شکل‌های ۶ و ۷).

کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن در سطوح ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در مرحله رویشی، به ترتیب باعث کاهش ۲/۶ تن در هکتاری (۱۳/۸ درصد) و ۲ تن در هکتاری (۱۳/۲ درصد) ماده خشک نهایی شد، به عبارتی، در تنش‌های شدیدتر، تأثیر نیتروژن بر مقدار ماده خشک نهایی کمتر بود (شکل‌های ۶ و ۷)، این پدیده احتمالاً به دلیل کاهش مقدار جذب نیتروژن (در شرایط تنش‌های شدیدتر) و افزایش فشار اسمزی خاک افزوده می‌باشد. قیصری و همکاران (۲۰۰۹) ضمن دستیابی به نتایج مشابهی، پیشنهاد نمودند که مقدار کود نیتروژن کاربردی تحت شرایط تنش خشکی، کاهش یابد.

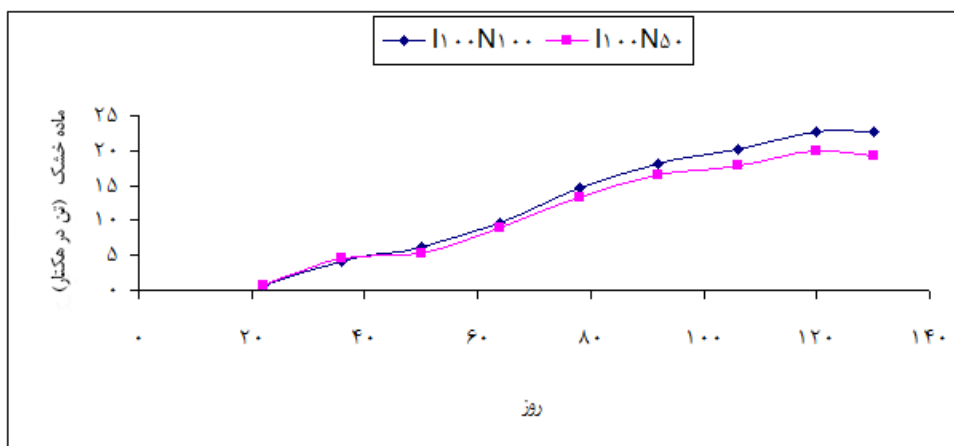
کاهش مقدار آب از تیمار شاهد به تیمارهای IP80.N100 و IP60.N100 و از تیمار IP80.N100 به تیمار IP60.N100 به ترتیب باعث کاهش ۲/۷، ۴/۱ و ۱/۴ تن در هکتاری ماده خشک نهایی شده است. به عبارتی کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب از سطح پتانسیل (تیمار شاهد) به سطح ۸۰ درصد، تأثیر مضاعفی در کاهش ماده خشک نهایی نسبت به کاهش همین مقدار آب از سطح ۸۰ درصد به سطح ۶۰ درصد داشته، به عبارتی با افزایش سطح تنش آبی، کارایی مصرف آب کاهش یافته است (شکل ۴). علت اصلی کاهش ماده خشک نهایی در تیمارهای تحت تأثیر تنش خشکی (ملایم و شدید) در مرحله پر شدن دانه، کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال و وزن دانه می‌باشد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷؛ غدیری و مجیدیان، ۱۳۸۲).

مشابه با این نتایج، محققین دیگری نیز بیان داشته‌اند که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه، عمدتاً با تأثیر بر وزن هزار دانه، باعث کاهش ماده خشک نهایی می‌گردد (نسمیت و ریچی، ۱۹۹۲؛ اوتار و همکاران، ۱۹۸۷).

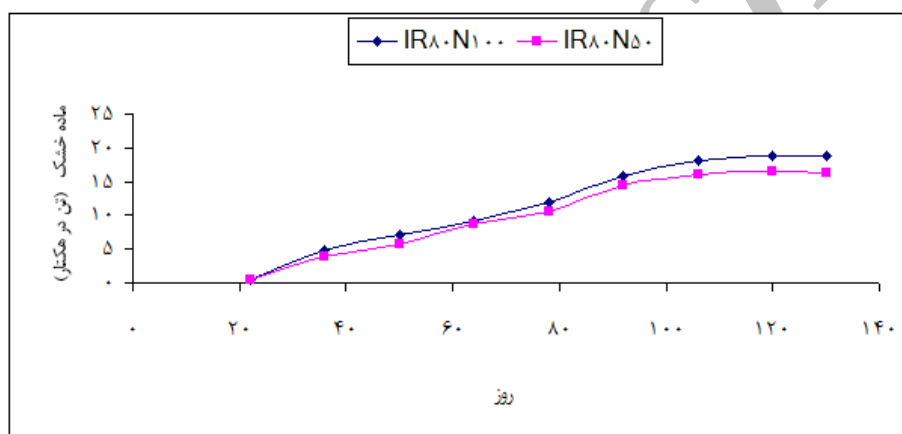
تأثیر تنش نیتروژن در شرایط بدون تنش آبی (تیمار شاهد)

در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی، کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن، همواره باعث کاهش مقدار ماده خشک تجمعی گردید و این تفاوت به دلیل رشد سریع پوشش کانوبی گیاه و احتیاج بیشتر گیاه به نیتروژن و از طرفی مصرف و تخلیه نیتروژن منطقه توسعه ریشه‌ها، همواره در حال افزایش بود و در زمان بلوغ فیزیولوژیکی، مقدار این تفاوت‌ها، به حداکثر مقدار خود رسید (شکل ۵). کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن در سطح پتانسیل آبی (تیمار شاهد) باعث کاهش ۳/۶ تن در هکتاری (۱۵/۸ درصدی) ماده خشک نهایی شد.

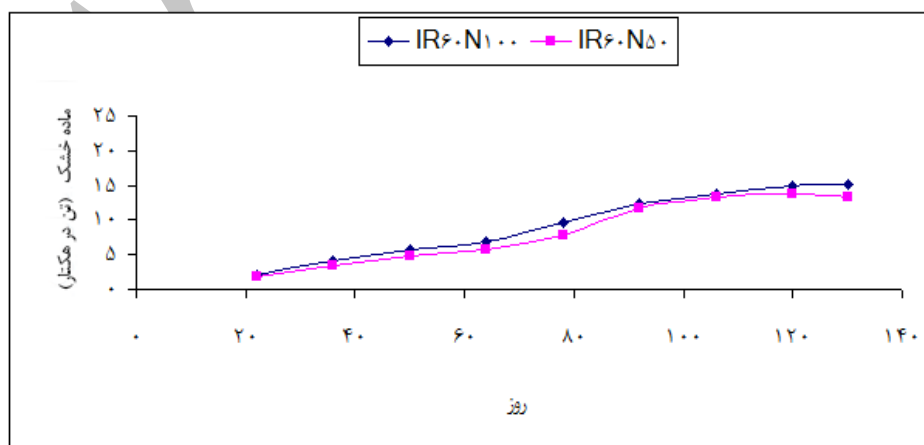
هوشمند و همکاران: تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف...



شکل ۵- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصدی تنش نیتروژن در تیمار شاهد



شکل ۶- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش نیتروژن در سطح ۸۰ درصدی تنش آبی در مرحله رشد رویشی

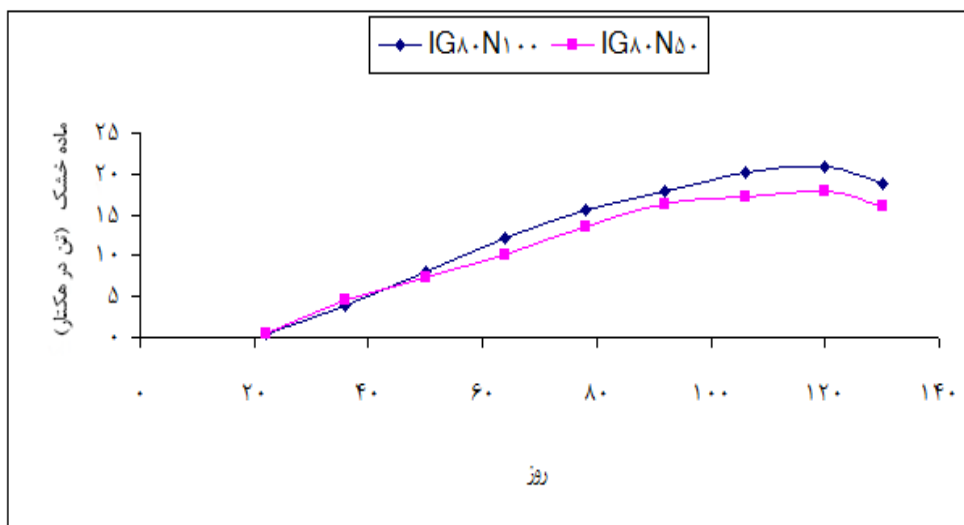


شکل ۷- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش کودی در سطح ۶۰ درصدی تنش آبی در مرحله رشد رویشی

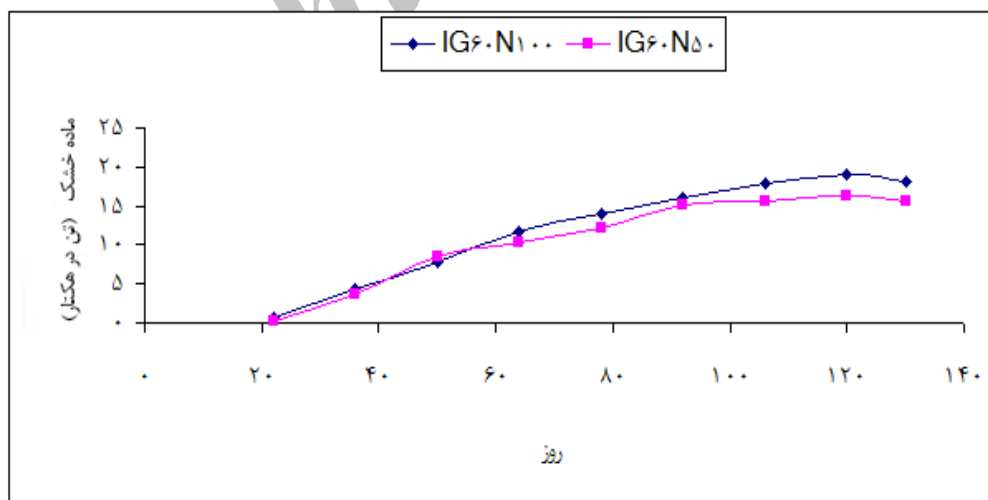
مستقیم از طریق کاهش میزان فتوسنتز و ساخت مواد پرورده و همچنین کاهش دوام برگ و طول دوره رشد گیاه، کاهش مقدار ماده خشک در طول دوره رشد گیاه را باعث شد (جدول‌های ۵ و ۶). در این سطح، کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن باعث کاهش ۲/۸ تن در هکتاری (۱۴/۸ درصدی) ماده خشک نهایی گردید (شکل ۸).

تأثیر تنش نیتروژن در تیمارهای مختلف تنش آبی طی مرحله گل‌دهی

سطح ۸۰ درصدی تنش آبی: با کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن، در این مرحله از رشد، اختلاف بین ماده خشک تجمعی تیمارهای IG۸۰N۱۰۰ و IG۸۰N۵۰ قبل از اعمال تنش آغاز و تا زمان بلوغ فیزیولوژیکی ادامه یافت. کاهش مصرف نیتروژن به‌طور

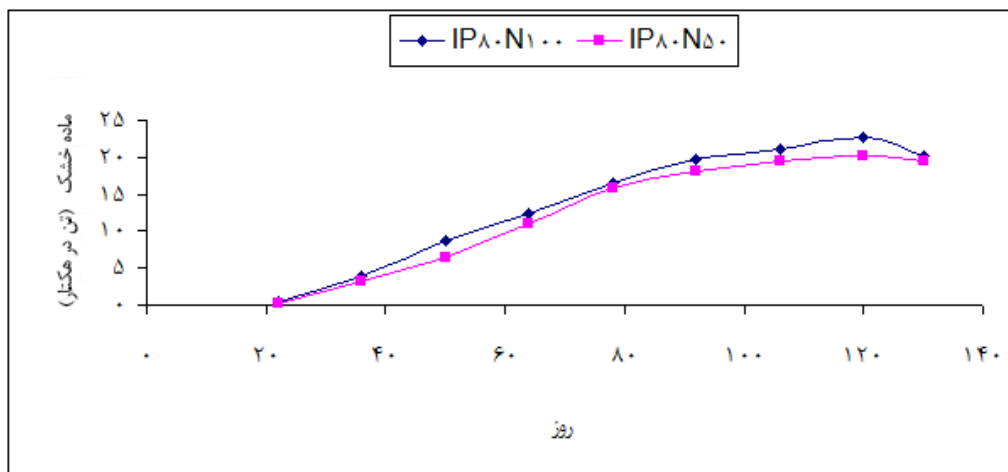


شکل ۸- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش نیتروژن در سطح ۸۰ درصد تنش آبی در مرحله گل‌دهی

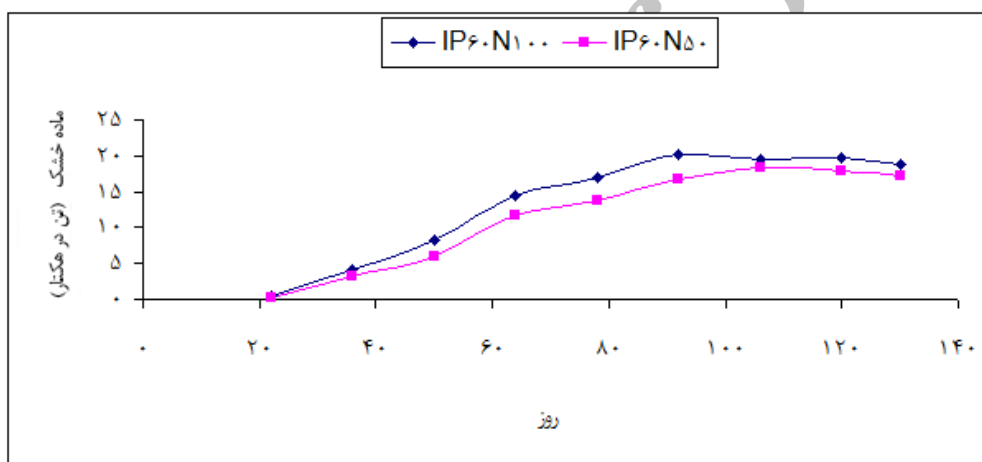


شکل ۹- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش نیتروژن در سطح ۶۰ درصد تنش آبی در مرحله گل‌دهی

هوشمند و همکاران: تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف...



شکل ۱۰- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش نیتروژن در سطح ۸۰ درصد تنش آبی در مرحله پر شدن دانه



شکل ۱۱- مقایسه ماده خشک سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش نیتروژن در سطح ۶۰ درصد تنش آبی در مرحله پر شدن دانه

درصدی مصرف نیتروژن در هر یک از سطوح ۶۰ و ۸۰ درصد تنش آبی اعمالی در مرحله گل‌دهی نشان می‌دهد که کاهش ماده خشک نهایی سطح ۸۰ درصد نسبت به سطح ۶۰ درصد (به دلیل کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن) بیشتر بوده و یا به عبارتی کارایی مصرف نیتروژن در کم آبیاری‌ها کمتر می‌باشد (شکل‌های ۸ و ۹). لک و همکاران (۱۳۸۶) نیز نتیجه مشابهی گرفتند که با مصرف نیتروژن کافی، تعداد دانه در بلال (که از اجزای اصلی ماده خشک می‌باشند) تحت شرایط تنش خشکی به مقدار کم و در شرایط آبیاری کامل، به میزان بیشتری افزایش می‌دهد. در همین رابطه زید و الساماری^۱

سطح ۶۰ درصدی تنش آبی: تا روز ۵۰ام (۱۶ روز بعد از آغاز اعمال تنش آبی) اختلاف چندانی بین مقادیر ماده خشک تجمعی تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیتروژن مشاهده نشد، اما در ادامه با نزدیک شدن به انتهای فصل و تحریک پیری زودرس کانوپی در اثر تنش‌های اعمالی، تجمع ماده خشک در سطح ۵۰ درصد، کاهش بیشتری نسبت به سطح ۱۰۰ درصد یافت این یافته نشان‌دهنده آن است که نیتروژن با نقشی که در ساختمان تولید ماده خشک و همچنین دوام و قوام برگ دارد می‌تواند بر میزان ماده خشک نهایی موثر باشد. در سطح تنش آبی ۶۰ درصد، کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن باعث کاهش ۲/۵ تن در هکتاری (۱۳/۷ درصدی) ماده خشک نهایی شده است (شکل ۹). کاهش ۵۰

1 - Zeid and El-Semary

دانه) و کاهش دوام سطح برگ و پیری زودرس کانوپی (در تنش‌های اعمالی در تمامی مراحل) می‌باشد، نیتروژن نیز با تأثیر بر مقدار پوشش کانوپی در طول فصل رشد، تعداد دانه در بلال و دوام سطح برگ، ماده خشک را تحت تأثیر قرار داد. این نتایج نشان‌دهنده این مطلب است که تنش‌های آبی بر تمام اجزای عملکرد و رشد و توسعه گیاه تأثیر جدی و اساسی دارد. نتایج نشان داد که تنش‌های آبی و نیتروژن اعمالی، کارایی مصرف آب را به شدت تحت تأثیر قرار داده است، به عبارتی در شرایط منطقه، تنش‌های آبی ملایم نمی‌تواند باعث بهبود کارایی مصرف آب شود، لذا بایستی آبیاری به صورت کامل انجام و از کم آبیاری اجتناب نمود (جدول ۶). قیصری و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش نمودند که ماده خشک تحت تأثیر آبیاری و مقدار نیتروژن قرار گرفته و دلیل عمده کاهش ماده خشک را کاهش پوشش کانوپی، تعداد دانه در بلال و پیری زودرس معرفی نمودند.

مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده

از آزمون دانکن

بین مقادیر ماده خشک تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و از آنجایی که بین مقادیر وزن هزار دانه و پوشش کانوپی تیمار شاهد و اکثر تیمارها، تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و از طرفی بین تعداد دانه تیمار شاهد و سایر تیمارها، تفاوت معنی‌دار وجود دارد، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عمده ماده خشک تیمارهای تحت تنش نسبت به تیمار شاهد، به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال است. از آنجایی که در مصرف نیتروژن کافی، کاهش ۲۰ درصدی آب مصرفی در مراحل رویشی، گل‌دهی و پرشدن دانه (تنش ملایم) و کاهش ۴۰ درصدی آب مصرفی در مراحل گل‌دهی اثر یکسانی بر کاهش ماده خشک کل نهایی داشت، نتیجه گرفته شد اولاً بین مقدار ماده خشک کل نهایی تیمارهای تحت تنش ملایم در مراحل سه گانه رشد اختلاف معنی‌دار وجود نداشته و در صورت مواجهه با کمبود آب در دسترس به میزان ۲۰ درصد، می‌توان این مقدار کمبود را در هر مرحله از رشد اعمال نمود، از طرفی تنش ملایم در مراحل مختلف رشد، دارای تأثیر یکسانی نسبت به تنش متوسط در مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه بر ماده خشک نهایی است، به عبارتی اگر حجم مشخص آب در اختیار باشد و این آب جواب‌گوی نیاز آبی کامل گیاه نباشد، می‌توان طوری برنامه‌ریزی نمود که گیاه در مرحله رویشی با تنش ملایم مواجه شده و در طول مراحل بعدی رشد از جمله گل‌دهی و پر شدن دانه، با تنش متوسط روبه‌رو گردد (جدول ۷).

(۲۰۰۱) نیز بیان نمودند اگر آب کافی در دسترس گیاهان نباشد، کاربرد کود بی‌فایده خواهد بود.

تأثیر تنش نیتروژن در تیمارهای مختلف تنش آبی طی مرحله پرشدن دانه

سطوح ۶۰ و ۸۰ درصد تنش آبی: همان‌طور که در شکل‌های (۹) و (۱۰) نیز مشاهده می‌گردد، کاهش ۵۰ درصدی مصرف نیتروژن، باعث کاهش مقدار ماده خشک تجمعی نسبت به سطح نیتروژن ۱۰۰ درصد گردیده است. در سطح ۸۰ و ۶۰ درصد تنش آبی این مرحله، کاهش ۵۰ درصد مصرف نیتروژن به ترتیب باعث کاهش ۰/۵ تن در هکتاری (۲/۵ درصدی) و ۱/۵ تن در هکتاری (۸ درصدی) ماده خشک بالای سطح زمین شد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

مسلماً مصرف کمتر نیتروژن در یک سطح مشخص آب (مثلاً ۸۰ درصد)، باعث تجمع کمتر ماده خشک می‌شود زیرا نیتروژن نیز یکی از مواد مهم و ضروری ساخت و تجمع مواد پرورده (ماده خشک) می‌باشد. علاوه بر آن، کمبود نیتروژن، پیری زودرس و کاهش طول دوره رشد گیاه را باعث می‌گردد، با کاهش مصرف آب و افزایش سطح تنش آبی، کارایی جذب و مصرف نیتروژن نیز کاهش می‌یابد و یا به عبارتی کارایی مصرف نیتروژن در کم‌آبیاری‌ها کمتر است. از نکات بارز منحنی‌های تجمع ماده خشک، افزایش مقطعی ماده خشک پس از کاربرد نیتروژن و سرانجام کاهش تدریجی آن به علت مصرف و کاهش میزان نیتروژن در دسترس است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

تحلیل

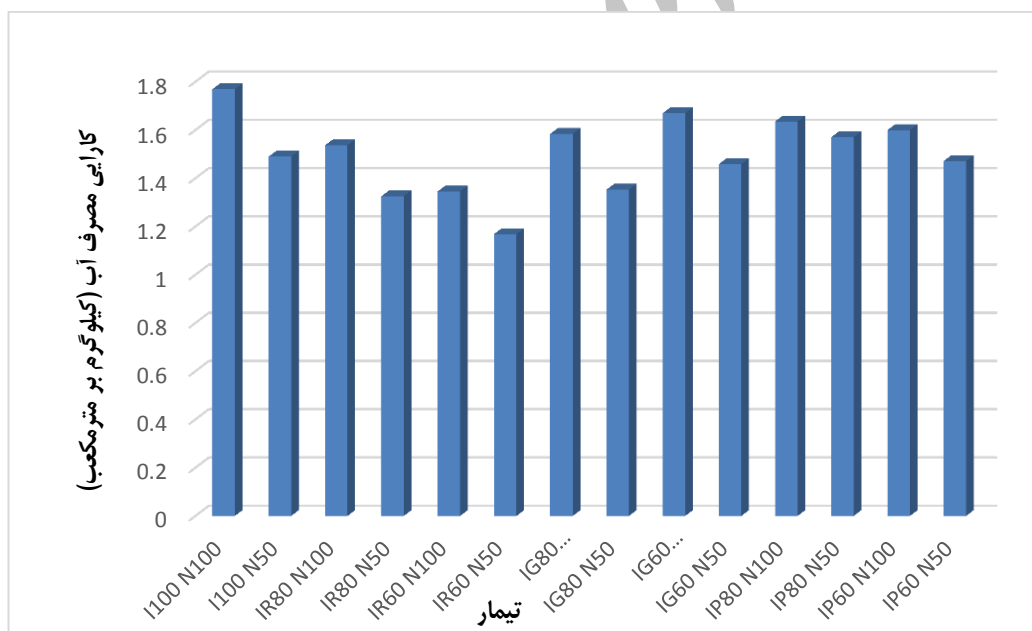
تجزیه و تحلیل آماری صفات مورد مطالعه و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و به وسیله نرم‌افزار MSTAT انجام گردید. نتایج نشان داد تأثیر سطوح مختلف آبی و نیتروژن و اثر متقابل آنها، در سطح احتمال یک درصد بر ماده خشک و کارایی مصرف آب ماده خشک معنی‌دار شده است. معنی‌دار شدن تأثیر فاکتورهای فوق بر ماده خشک و کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد، نشان‌دهنده اهمیت و تأثیر زیاد آنها بر ماده خشک کل است (جدول ۶). معنی‌دار شدن تأثیر تنش‌های آبی بر ماده خشک، به دلیل کاهش مقدار پوشش کانوپی در طول فصل رشد (در تنش‌های اعمالی در مرحله رویشی)، شکست تلقیح و کاهش تعداد دانه در بلال (مخصوصاً در تنش‌های اعمالی در مرحله گل‌دهی)، کاهش وزن هزار دانه (مخصوصاً در تنش‌های اعمالی در مرحله پر شدن

هوشمند و همکاران: تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف...

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های ماده خشک و کارایی مصرف آب ماده خشک اندازه‌گیری شده تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن

تیمار	ماده خشک (تن در هکتار)	کارایی مصرف آب ماده خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه	پوشش کانویی حداکثر (درصد)
I100.N100	۲۲/۸ A	۱/۷۷ A	۲۲۵/۹ A	۷۰۲ A	۹۴ A
IR80.N100	۱۸/۹ BC	۱/۵۳۷ BCD	۲۱۸/۱ AB	۶۳۷ B	۹۳ A
IR60.N100	۱۵/۲ EF	۱/۳۴۳ EF	۲۰۵ ABCD	۵۱۱ FG	۹۰ AB
IG80.N100	۱۸/۸۵ BC	۱/۵۸۳ BC	۲۱۷/۵ AB	۵۸۳ CD	۹۴ A
IG60.N100	۱۸/۲ BCD	۱/۶۷ AB	۲۱۴/۵ ABC	۴۵۳ HI	۹۴ A
IP80.N100	۲۰/۱ B	۱/۶۳۷ ABC	۲۱۴/۸ ABC	۶۱۱ BC	۹۴ A
IP60.N100	۱۸/۷ BC	۱/۶ ABC	۱۹۶ CD	۵۷۰ DE	۹۴ A
I100.N50	۱۹/۲ BC	۱/۴۹ BCDE	۲۲۳/۱ AB	۶۴۱ B	۹۳ A
IR80.N50	۱۶/۳ DE	۱/۳۲۳ EF	۲۰۹/۲ ABCD	۵۹۵ CD	۹۲ AB
IR60.N50	۱۳/۲ F	۱/۱۷۳ F	۲۰۶/۳ ABCD	۴۸۴ GH	۸۹ B
IG80.N50	۱۶/۱ DE	۱/۳۵۳ DEF	۲۲۱/۷ AB	۵۳۹ EF	۹۴ A
IG60.N50	۱۵/۹ E	۱/۴۵۷ CDE	۲۱۳/۶ ABC	۴۳۲ I	۹۳ A
IP80.N50	۱۹/۳ BC	۱/۵۷ BC	۲۰۳/۸ BCD	۵۶۹ DE	۹۴ A
IP60.N50	۱۷/۲ CDE	۱/۴۷۳ CDE	۱۹۱/۴ D	۵۳۲ F	۹۴ A

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر فاکتور حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن معنی‌دار نیستند.



شکل ۱۲- مقادیر کارایی مصرف آب ماده خشک در تیمارهای مختلف

کارایی مصرف آب به ترتیب در تیمارهای I100.N100، IG60.N100 و IP80.N100 با مقادیر برابر با ۱/۷۷، ۱/۶۷ و ۱/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین ضرایب آن به ترتیب در تیمارهای IR60.N50، IR80.N50 و IP80.N50 با مقادیر ۱/۱۶، ۱/۳۳ و ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمده است، مفهوم این نتایج این است که در

کارایی مصرف آب ماده خشک

کارایی مصرف آب که نسبت ماده خشک تولیدی به میزان آب مصرفی است، می‌تواند نشان‌دهنده برتری یکی تیمار یا روش یا فاکتور نسبت به تیمار، روش و یا فاکتور دیگر باشد. بررسی کارایی مصرف آب بین تیمارهای تحقیق نشان داد که بالاترین ضرایب

بایستی از مصرف آن در شرایط تنش‌های متوسط و شدیدتر اجتناب نمود، نتایج مشابهی نیز توسط زندپارسا و سپاسخواه (۲۰۰۱)، گادوین و جنز (۱۹۹۱)، لیاو و بارسولومف (۱۹۷۴)، پانگ و لتی (۱۹۹۸) و پاندی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش گردیده است.

معنی‌دار شدن تأثیر تنش‌های آبی و نیتروژن بر ماده خشک و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱ درصد، نشان دهنده اهمیت تأثیر زیاد این عوامل بر ماده خشک کل است.

از آنجایی که بین مقدار کارایی مصرف آب تیمار شاهد و سایر تیمارهای تحت تنش، اختلاف معنی‌دار وجود دارد، تیمار شاهد (بدون هیچ گونه تنشی)، به عنوان گزینه انتخابی استراتژی آبیاری معرفی می‌گردد و در صورتی که آب کافی در اختیار نباشد، با کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب در مرحله گل‌دهی می‌توان به بیشترین مقدار کارایی مصرف آب دست یافت.

صورت در اختیار داشتن آب کافی، اگر هدف فقط تولید ماده خشک کل بالای سطح زمین (شامل ساقه، برگ و بلال) باشد، نبایستی گیاه در هیچ یک از مراحل رشد، تحت هیچ‌گونه تنشی حتی تنش ملایم نیز قرار گیرد، زیرا حداکثر تولید ماده خشک به ازای واحد حجم آب مصرفی در شرایط بدون تنش آبی و مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن به دست آمد، البته باید در نظر داشت این مسئله درباره ذرت سیلویی که وزن کل ماده خشک گیاه مهم است و نه فقط عملکرد دانه آن، حائز اهمیت است (جدول ۷ و شکل ۱۲).

نتیجه گیری

کاهش آب یا نیتروژن کاربردی، سبب کاهش تولید ماده خشک نهایی گردیده و مصرف نیتروژن در شرایط تنش ملایم، عملکرد ماده خشک را بهبود بخشید، در حالی که در شرایط تنش متوسط، مصرف نیتروژن تأثیری بر افزایش عملکرد ماده خشک نهایی نداشته لذا

منابع

- ۱- اعتدالی، س. و م. امامزاده ایی ۱۳۹۱. اثرات تنش آب و کود بر عملکرد و مقدار پروتئین ذرت علوفه ای در سیستم کود-آبیاری. علوم و مهندسی آبیاری (۴): ۳۹-۴۷.
- ۲- شیخی، م.، ساجدی، ن. و م. جیریایی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش کمبود آب بر خصوصیات زراعی هیبریدهای ذرت در شرایط اقلیمی اراک. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۳(۳): ۱۰۱-۱۱۰.
- ۳- علیزاده، ا.، مجیدی، ه.ا.، نادیان، ح.، نورمحمدی، ق. و م. عامریان. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی و رشد و نمو ذرت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۵): ۱۲۸-۱۱۶.
- ۴- غدیری، ح. و م. مجیدیان. ۱۳۸۲. تأثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای. مجله علوم آب و خاک، ۷(۲): ۱۱۳-۱۰۳.
- ۵- لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، ع.، آینه‌بند، ا.، نورمحمدی، ق. و ه. موسوی. ۱۳۸۶. تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. مجله علوم آب و خاک، ۱۱(۴۲): ۱۴-۱.
- ۶- مجدم، م.، نادری، ا.، نورمحمدی، ق.، سیادت، ا.، آینه‌بند، ا. و ه. موسوی. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر تنش کمبود آب، مقادیر مختلف و شیوه توزیع نیتروژن بر عملکرد دانه و بازده نیتروژن ذرت دانه ای. مجله علوم کشاورزی ایران، ۱: ۹۷-۱۰۶.
- ۷- مجیدیان، م.، قلاوند، ا.، کریمیان، ن. و ع. کامگارحقیقی. ۱۳۸۷. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن، کود دامی و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۱(۲): ۸۵-۶۷.
- 8- Abo-El-Kheir, M.S.A. and B.B. Mekki. 2007. Response of maize single cross-10 to water deficits during silking and grain filling stages. World Journal of Agricultural Sciences, 3(3): 269-272.
- 9- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89(1): 1-16.
- 10- Classen, M. M. and R. H. Shaw. 1970. Water deficit effects on com grain components. Agronomy Journal, 62:652-655.

- 11-DiPaolo, E. and M. Rinaldi. 2008. Yield response of maize to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105(3): 202–210.
- 12-Eghball, B. and J. F. Power. 1999. Composted and noncomposted manure application to conventional and no-tillage systems maize yield and nitrogen uptake. *Agronomy Journal*, 91: 819–825.
- 13-Gheysari, M., Mirlatifi, S. M., Bannayan, M., Homaei, M. and G. Hoogenboom. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. *Agricultural Water Management*, 96(5):809 – 821.
- 14-Ghooshchi, F., Seilsepour, M. and P. Jafari. 2008. Effects of water stress on yield and some agronomic traits of maize (SC 301), *American-Eurasian Journal, Agricultural and Environmental Sciences*, 4(3): 302-305.
- 15-Godwin, D.C. and C.A. Jones. 1991. Nitrogen dynamics in soil plant systems. In: Hanks, R.J., Ritchie, J.T. (Eds.), *Modeling Plant and Soil System*. *Agronomy*, 31: 287–321.
- 16-Hall, A. J. L., Emcoff, J. H. and N. Trapani. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield its Components, and Their determinants. *Maydica*, 26:19-38.
- 17-Hirzel, J., Matus, I., Novoa, F. and I. Walter. 2007. Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production and nutrient uptake. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(1): 102–109.
- 18-Lemcoff, J. H. and R. S. Loomis. 1986. Nitrogen influenced on yield determination in maize. *Crop Science Journal*, 26:1017 – 1022
- 19-Liao, C. F. H. and W. V. Bartholomew. 1974. Relation between nitrate absorption and water transpiration by maize. *Soil Science Society of American Proceeding*, 38 (3): 472–479.
- 20-Mcperson, H. G. and J. S. Boyer. 1997. Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to a water deficiency. *Agronomy Journal*, 69:714-718.
- 21-Moser, S. B., Feil, B., Jampatong, S. 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.
- 22-Nesmith, D. S. and J. T. Ritchie. 1992. Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit *Agronomy Journal*, 84:107-113.
- 23-Ouottar, S. R., Jones, J. and R. K. Crookston. 1987. Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development, *Crop Science Journal*, 27:726-730.
- 24-Pandey, R. K., Maranville, J. W. and A. Admou. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*, 46(1): 1–13.
- 25-Pang, X. P. and J. Letey. 1998. Development and evaluation of ENVIRO-GRO, an integrated water, salinity, and nitrogen model. *Soil Science Society of America Journal*, 62(5): 1418–1427.
- 26-Shangguan, Z. P., Shao, M. A. and J. Dyckmans. 2000. Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 44(2): 141–149.
- 27-Singh, B. R. and D. P. Singh. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Research*, 42 (2-3): 57–67.

- 28-Siri, B. 1993. Influence of drought stress on seedling growth and leaf anatomy as related to yield components and grain yield of tropical maize cultivars. Ph.D. thesis, Christians-Albrechts-University of Kiel, Germany.
- 29-Stone, P. J., Wilson, D. R., Reid, J. B. and R. N. Gillespie. 2001. Water deficit effects on sweet corn. I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(1): 103-113.
- 30-Zand-Parsa, Sh. and A. R. Sepaskhah. 2001. Optimal applied water and nitrogen for maize. *Agricultural Water Management*, 52(1): 73-85.
- 31-Zeid, I. M. and N. A. El-Semary. 2001. Response of two differentially drought tolerant varieties of maize to drought stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(7): 779-784.

Archive of SID