تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۹
۷۶۲-۷۴۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2261.1577

مقاله پژوهشی

بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر غلظت و میزان برداشت عناصر غذایی دانه ذرت

علی کریمی[۱]، محمداقبال قبادی[۲]، مختار قبادی[۲]، ایرج نصرتی[۲]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲. دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر قطع آبیاری در زمان‌های مختلف رشدی بر مقدار عناصر موجود در دانه ذرت دانه‌ای (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴)، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۴ در روستای سیاهگُل واقع در شهرستان گیلانغرب (استان کرمانشاه)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل شاهد (هر هفته آبیاری) و یک مرتبه قطع آبیاری به مدت دو هفته از ۷، ۲۱، ۳۵، ۴۹، ۶۳، ۷۷ و ۹۱ روز پس از کاشت و یک مرتبه قطع آبیاری به مدت سه هفته از ۷، ۲۸، ۴۹، ۷۰ و ۹۱ روز پس از کاشت بودند. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که قطع آبیاری اثرات معنی‌داری بر عملکرد دانه، غلظت و عملکرد عناصر مورد بررسی موجود در دانه داشت. بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد به دست آمد. در تیمارهای دو هفته و سه هفته قطع آبیاری در۴۹ روز بعد از کاشت (ظهور گل‌آذین نر) نسبت به شاهد تا ۹۷ درصد کاهش داشتند. غلظت عناصر مورد بررسی در تیمارهای دو و سه هفته قطع آبیاری نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۴۵-۱۲ و ۵۸-۱۰ درصد افزایش نشان داد. بیشترین غلظت در تیمارهای دو هفته قطع آبیاری در ۷۷ روز پس از کاشت و سه هفته قطع آبیاری در تیمار ۴۹ روز پس از کاشت به دست آمد. در تیمار قطع آبیاری به مدت سه هفته در روز ۴۹ پس از کاشت، غلظت عناصر آهن، روی، مس، نیتروژن، پتاسیم، فسفر و سدیم نسبت به شاهد ۱۰/۹، ۲۰/۷، ۴۶/۱، ۲۵/۱، ۲۶/۸، ۴۸/۲ و ۵۸/۳ درصد افزایش داشت. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که در هر مرحله از رشد و نمو گیاه ذرت که با تنش خشکی مواجه گردد هم بر عملکرد دانه و هم برجذب کل عناصر دانه تأثیر منفی دارد.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، روی، آهن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم

مقدمه

ذرت یکی از گیاهان زراعی است که بیش‌ترین پتانسیل تولید را در بین غلات دارد (Muthukumar et al., 2005). امروزه در تمام جهان، ذرت به‌طور مستقیم، به‌صورت ماده غذایی برای میلیون‌ها نفر و به‌طور غیرمستقیم به‌صورت یک محصول علوفه‌ای، به‌عنوان یکی از ارکان ضروری امنیت غذائی جهانی محسوب می‌شود. در گیاهان زراعی چهار کربنه، اگرچه مقاومت بالایی به کم‌آبی وجود دارد ولی در بین آن‌ها ذرت بیشترین حساسیت به تنش‌های محیطی دارد (Emam and Niknejad, 2011). این گیاه در شرایط تنش آبی به دلیل مواجه‌شدن با درجه حرارت‌های بالا و محیط‌های گرمسیری، کاهش معنی‌دار عملکرد دیده می‌شود (Campos et al., 2004) که به علت کاهش بقاء دانه گرده گزارش شده است (Lizaso et al., 2018). علاوه بر این، کیفیت دانه برای تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها فاکتور مهمی است و این فاکتور ارزش نهایی دانه را مشخص می‌کند (Jalilian et al., 2014).

تنش خشکی با تأخیر در رشد بلال و کاهش فراهمی مواد پرورده جهت رشد بلال، سبب کاهش طول بلال

* نگارنده پاسخگو: محمداقبال قبادی. پست الکترونیک: eghbalghobadi@yahoo.com

می‌گردد (RafeeManesh et al., 2010). همچنین بر اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد مخازن تشکیل‌شده در گیاه یا دانه‌ها اثرات منفی داشته و باعث کاهش تعداد آن‌ها شده است (Farjam et al., 2014).

سازوکارهای جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیله پدیده اسمز همگی تابعی از میزان رطوبت در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت، شدت و میزان جذب عناصر غذایی دستخوش تغییرات می‌شوند. گیاه ذرت در دوره‌های مختلف رشد و نمو نیازهای متفاوتی به عناصر غذایی دارد. پس اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر جذب عناصر متفاوت بوده و با افزایش نیاز گیاه به عنصر غذایی، اثر تنش خشکی در آن مرحله نیز بیشتر خواهد بود (Alizadeh et al., 2007). غلظت عناصر غذایی نیز دارای اهمیت بوده و حفظ تعادل در عناصر غذایی گیاه ضروری است، چرا که عناصر غذایی از قبیل نیتروژن و فسفر برای حفظ کارایی مصرف آب و عنصری چون پتاسیم برای کنترل تلفات آب از گیاه دارای نقش‌های مهمی می‌باشند (Sardanz and Penuelas, 2008). میزان سدیم و پتاسیم همیشه در شرایط تنش بخصوص خشکی مورد توجه بوده است. در واقع به منظور تنظیم فشار اسمزی، سلول‌ها و بافت‌های تحت تنش میزان سدیم را افزایش می‌دهند تا قابلیت جذب آب از خاک بهبود یابد (El-Tayeb, 2006). نتایج گزارش‌ها نشان داده است که در گیاه ذرت به دلیل افت شدید عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی، غلظت فسفر، آهن، روی، مس و پتاسیم در دانه افزایش، ولی میزان کل عناصر در دانه (عملکرد عنصر در دانه) کاهش داشته است (Rafieeet al., 2004). عملکرد عناصر در بافت‌های گیاهان، بستگی زیادی به کاهش نسبی جذب عناصر، تجمع ماده خشک کل و چگونگی تغییر آن‌ها نسبت به هم دارد و در شرایط تنش خشکی کاهش تجمع ماده خشک می‌تواند مقاومت گیاه را در تحمل تنش افزایش دهد (Tajmolianet al., 2011). علاوه بر این، در شرایط خشکی، جذب و تثبیت دی‌اکسید کربن بر اثر بسته شدن نسبی روزنه‌ها و یا کاهش درجه گشودگی آن‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد، ولی انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به دانه کاهش نمی‌یابد (Seghatoleslami et al., 2005)؛ بنابراین، عملکرد بالای ذرت مستلزم تأمین آب کافی در طول فصل رشد گزارش شده است (Jose et al., 2000).

هرچند در مورد پتاسیم وضعیت متفاوت گزارش شده است و بررسی‌های انجام‌شده نشان داده است که میزان‌های مختلف پتاسیم بر سطوح متفاوت تنش خشکی بر ذرت به این نتیجه رسیدند که اثر چندان معنی‌داری بین تیمارهای مصرف پتاسیم با تیمار شاهد وجود نداشته است (Kazemi and KeyvanMarashi, 2017). در بین گیاهان نیز عکس‌العمل به تنش خشکی و میزان جذب عناصر در خاک متفاوت است و نتیجه آزمایشی نشان داده است که در زمان تنش خشکی توانایی ذرت، نسبت به سویا و برنج به علت حفظ بیشتر تورگر باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده است (Tanguilig et al., 1987).

در بسیاری از مناطق بزرگ تولیدکننده ذرت در ایران مثل مناطق گرم کرمانشاه که ذرت به‌صورت تابستانه کشت می‌شود، در برخی سال‌ها به دلیل عدم دسترسی به آب کافی و یا همزمانی رشد ذرت با سایر گیاهان زراعی نظیر آفتابگردان و سایر محصولات جالیزی، گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد به صورت اجتناب‌ناپذیری با کمبود آب مواجه می‌گردد. در این تحقیق کلیه زمان‌های رشدی گیاه ذرت از سبز شدن تا رسیدن فیزیولوژیک با فرض سوختگی پمپ شناور چاه آب و مدت زمان راه‌اندازی دوباره آن‌که معمولاً ۱۴ تا ۲۱ روز طول می‌کشد و محصول در معرض تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد، برخی عناصر دانه (سدیم، پتاسیم، نیتروژن، فسفر، آهن، روی و مس) دانه مورد بررسی قرار گرفت. با اطلاع از وضعیت عناصر موجود در دانه می‌توان بخشی از تغییرات گیاه را شناخت و به نوعی با آثار منفی تنش در فرآیندهای متابولیکی مقابله کرد. شناخت اثر تنش‌های مختلف محیطی روی فیزیولوژی گیاه برای آگاهی از سازوکارهای مقاومت و بقای گیاهان به منظور افزایش مقاومت در برابر تنش خشکی ضروری است. بر این اساس، این آزمایش با هدف بررسی اثر کوتاه‌مدت (قطع آبیاری به مدت دو هفته) و بلندمدت (قطع آبیاری به مدت سه هفته) تنش در طول کل زندگی گیاه (بدون در نظر گرفتن مراحل مهم رشد و نمو که توسط محققین دیگر بررسی شده بود) بر جذب نهایی تعدادی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در دانه طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

خصوصیات اکولوژیکی منطقه

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در روستای سیاهگل، از توابع شهرستان گیلان غرب، استان کرمانشاه که دارای اقلیمی با زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم و خشک و ارتفاع ۷۱۶ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه شهرستان حدود ۴۳۷ میلی‌متر است. وضعیت آب و هوای منطقه در سال اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است. قبل از آماده‌سازی زمین، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری انجام و نتایج حاصله در جدول ۲ درج گردیده است.

بافت خاک از نوع رسی – لومی با اسیدیته خنثی بود. در این محدوده اکثر عناصر غذایی از حلالیت کمتری برخوردار بوده و جذب توسط گیاه کاهش می‌یابد (Abdolmaleki et al., 2017). در خاک محل اجرای آزمایش، میزان فسفر و پتاسیم بسیار بیشتر از حد نیاز گیاه ذرت بود و سایر عناصر مثل آهن، روی و مس نیز در حد کفایت برای رشد و نمو ذرت بودند، لذا توصیه کودی توسط آزمایشگاه تجزیه خاک ارائه نگردید. همچنین گیاه ذرت به دلیل عملکرد بالا و نیاز زیاد و عکس‌العمل مثبت نسبت به نیتروژن کود اوره مصرف گردید.

جدول ۱. مشخصات آب‌وهوایی محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۴

Table 1- The weather characteristics at place of experiment in 2015

پارامترها Parameters	ماه (Month) فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر Jul	مرداد Aug	شهریور Sep	مهر Oct	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb	اسفند Mar
بارندگی Rainfall (mm)	42.0	6.9	0.0	0.0	0.0	2.3	3.7	340	58.4	51.4	62.8	79.6
درجه حرارت حداکثر T. max (ºC)	36.7	31.0	42.0	44.7	45.8	40.6	37.5	31.1	24.1	19.8	22.5	24.0
درجه حرارت متوسط T. man (ºC)	16.2	23.6	29.4	31.9	34.5	31.8	26.2	15.8	10.9	9.3	8.8	14.5
درجه حرارت حداقل T. min (ºC)	4.4	4.6	16.7	19.5	22.9	21.9	14.4	5.8	-2.0	-2.2	-3.6	3.5

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق۳۰-۰ سانتیمتر)

Table 2. Physical and chemical characteristics of the experiment soil (depth 0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	نیتروژن Nitrogen	پتاسیم K_2O	فسفر P_2O_5	آهن Fe	روی Zn	مس Cu
		(٪)				(mg kg^{-1})				
Clay-Loam	7.24	35	32	33	0.019	680	63	6.8	1.7	1.12

تیمارهای تحقیق

آزمایش به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل شاهد (هر هفته آبیاری)، قطع آبیاری به مدت دو هفته از روزهای ۷، ۲۱، ۳۵، ۴۹، ۶۳، ۷۷و ۹۱ پس از کاشت و قطع آبیاری به مدت سه هفته از روزهای ۷، ۲۸، ۴۹، ۷۰ و ۹۱ پس از کاشت (جمعاً ۱۳ تیمار) بودند. در تمامی تیمارها (بجز شاهد) فقط یک مرتبه به مدت دو و یا سه هفته آبیاری قطع شد و قبل و پس از آن، آبیاری‌ها به‌صورت هفته‌ای و مثل تیمار شاهد انجام گردید (جدول ۳).

عملیات زراعی (کاشت، داشت و برداشت)

رقم مورداستفاده هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بود. پس از عملیات تهیه بستر بذر، بر اساس نتیجه آزمون خاک، فقط نیتروژن (به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) در سه مرحله ۶-۴ برگی، ۱۰ برگی و شروع دانه پر کردن تقسیط و توزیع شد. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول شش متر به فاصله ۶۵ سانتیمتر و بین بوته ۱۸ سانتیمتر و با تراکم۸۵۰۰۰ بوته در هکتار طراحی شد.

جدول ۳. مشخصات تیمارهای آزمایش **Table 3. Characteristics of experiment's treatments**

شماره تیمار No. treatment	نام تیمار Treatment name	تعداددور آبیاری No. of I. cycle	آب مصرف‌شده (مترمکعب در هکتار) Water volume (m^3 ha^{-1})	
			در هر نوبت آبیاری Each of I.	کل دوره رشد Whole of life cycle
1	شاهد* Control*	14	490	6860
2	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۷** Not I. for 2 weeks from 7 DAS**	13	490	6370
3	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۲۱** Not I. for 2 weeks from 21 DAS**	13	490	6370
4	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۳۵** Not I. for 2 weeks from 35 DAS**	13	490	6370
5	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۴۹** Not I. for 2 weeks from 49 DAS**	13	490	6370
6	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۶۳** Not I. for 2 weeks from 63 DAS**	13	490	6370
7	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۷۷** Not I. for 2 weeks from 77 DAS**	13	490	6370
8	قطع آبیاری به مدت دو هفته در روز ۹۱** Not I. for 2 weeks from 91 DAS**	13	490	6370
9	قطع آبیاری به مدت سه هفته در روز ۷** Not I. for 3 weeks from 7 DAS**	12	490	5880
10	قطع آبیاری به مدت سه هفته در روز ۲۸** Not I. for 3 weeks from 28 DAS**	12	490	5880
11	قطع آبیاری به مدت سه هفته در روز ۴۹** Not I. for 3 weeks from 49 DAS**	12	490	5880
12	قطع آبیاری به مدت سه هفته در روز ۷۰** Not I. for 3 weeks from 70 DAS**	12	490	5880
13	قطع آبیاری به مدت سه هفته در روز ۹۱** Not I. for 3 weeks from 91 DAS**	12	490	5880

آبیاری هفتگی*؛ قبل و بعد از این مدت آبیاری به‌صورت هفتگی**

I= Irrigation; DAS = days after sowing;
* =Irrigation each week;**= Irrigation was fulfilled weekly before and after this time

فاصله بین بلوک‌ها چهار متر و جهت جلوگیری از نشت آب بین کرت‌ها دو خط به‌صورت نکاشت باقی گذاشته شد. تاریخ کاشت ششم تیرماه بود. آب مورداستفاده از چاه و به کمک لوله‌کشی به ابتدای بلوک‌ها انتقال داده شد. دور آبیاری بر اساس زمان رسیدن به ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک و عمق توسعه ریشه (۵۰ سانتیمتر) طراحی و مدت زمان آن یک هفته با ۴۹۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد. بر این اساس، تعداد دفعات آبیاری در تیمار شاهد (هر هفته آبیاری) ۱۴ مرتبه (۶۸۶۰ مترمکعب در هکتار) و در تیمارهای دو و سه هفته قطع آبیاری در زمان‌های مختلف به ترتیب ۱۳ (۶۳۷۰ مترمکعب در هکتار) و ۱۲ (۵۸۸۰ مترمکعب در هکتار) مرتبه بودند. با توجه به تراکم، دو مترمربع از هرکدام از کرت‌ها به‌عنوان سطح برداشت انتخاب و کف‌بُر شدند و دانه‌های روی بلال‌ها جدا و نمونه‌های موردبررسی از این دانه‌ها استخراج گردیدند.

تعیین غلظت عناصر غذایی در دانه

برای اندازه‌گیری عناصر معدنی نمونه‌های دانه‌ای بعد از برداشت به دقت شسته شدند و در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین شدند. عناصر ریزمُغذی نیز از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسیدکلریدریک استخراج شدند. برای اندازه‌گیری مواد معدنی، نمونه‌های دانه‌ای بعد از آرد شدن با آسیاب برقی مخصوص، با ترازو (با دقت۰/۰۰۰۱ گرم)، مقدار دو گرم از

هرکدام از نمونه‌ها را وزن و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت خاکستر شدند (Westerman, 1990).

سدیم و پتاسیم توسط فلیم فتومتر (مدل PERKIN3110PFP7-)، فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Shimadzu -UV150) و عناصر آهن، روی و مس با دستگاه جذب اتمی مدل (Varian 220) اندازه‌گیری شدند و مقدار عناصر ماکرو برحسب درصد و میکرو برحسب ذره در میلیون (ppm) گزارش گردیدند. نیتروژن دانه نیز بروش نلسون و سومرز (Nelson and Sommers, 1973) و با دستگاه کجلدال (ساخت شرکت تکاتور سوئد، مدل ۱۰۳۰) به دست آمد.

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌های حاصل مطابق مدل طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با نرم‌افزار آماری SAS و میانگین‌ها با روش LSD مقایسه شدند. برای مقایسه بهتر تیمارها، مقایسه گروهی صورت گرفت. بر این اساس، مقایسه گروهی ۱، مقایسه شاهد با تیمارهای دو هفته و سه هفته و مقایسه گروهی ۲، مقایسه تیمارهای دو هفته و سه هفته قطع آبیاری بودند. شکل‌ها نیز با نرم‌افزار Sigmaplot رسم شدند.

نتایج و بحث

اثر قطع آبیاری بر عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسات گروهی نیز نشان داد که بین شاهد با تیمارهای دو هفته و سه هفته و همچنین بین دو هفته و سه هفته دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۴).

مقایسات میانگین عملکرد دانه نشان داد که تیمار قطع آبیاری به مدت دو هفته در مراحل ۴۹، ۶۳ و ۷۷ روز بعد از کاشت و تیمار قطع آبیاری به مدت سه هفته بعد از ۴۹ و ۷۰ روز بعد از کاشت، بیشترین کاهش داشتند (شکل ۱). در سایر مراحل نسبت به تیمار شاهد (هر هفته آبیاری) میزان خسارت به عملکرد دانه کمتر بود. عملکرد دانه در قطع آبیاری دو هفته در ۴۹، ۶۳ و ۷۷ روز بعد از کاشت به ترتیب به میزان ۷۴/۲، ۵۷/۳ و ۵۲/۲ درصد و در سه هفته قطع آبیاری در روزهای ۴۹ و ۷۰ بعد از کاشت به ترتیب به میزان ۹۷/۴ و ۹۵/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد (هر هفته آبیاری) کاهش عملکرد نشان دادند. به‌عبارت‌دیگر، در مرحله ۴۹ روز بعد از کاشت (که مصادف با مرحله ظهور گل‌آذین نر)، در دو هفته قطع آبیاری تا ۷۴ درصد و در سه هفته قطع آبیاری تا ۹۷ درصد کاهش نشان دادند. به نظر می‌رسد کاهش عملکرد به دلیل تأثیر شدید خشکی و گرما بر بقاء و آزاد شدن گرده‌ها و انتقال آن بر کلاله و رشد کلاله و همچنین تأثیر بر آمادگی مادگی برای دریافت و عملیات تلقیح و در نهایت کوچک و کم شدن مخازن فیزیولوژیک عنصرها (دانه‌ها) باشد که بعد از رفع تنش، غیرقابل جبران است (Ordóñezet al.,2015). در مطالعه‌ای دیگر نیز گزارش شده است که مرحله ظهور ابریشم‌ها که نزدیک به مرحله ظهور گل‌آذین نر است و مرحله پر شدن دانه، ذرت به دمای بالا حساس است (Yan et al., 2017).

اثر قطع آبیاری بر غلظت و میزان برداشت عناصر غذایی کم‌نیاز دانه (آهن، روی و مس)

اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد در کشت تابستانه بر غلظت و جذب کل عناصر آهن، روی و مس اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۴). در تیمار شاهد (هر هفته آبیاری) کمترین مقدار عناصر آهن، روی و مس در دانه و در دو هفته قطع آبیاری در ۷۷ روز بعد از کاشت نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۵/۵، ۱۱/۵ و ۴۵/۲ درصد افزایش نشان دادند. همچنین در تیمار سه هفته قطع آبیاری در ۴۹ روز بعد از کاشت نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰/۹، ۲۰/۷ و ۴۶/۱ درصد افزایش داشتند (شکل ۲).

وقتی تنش خشکی اتفاق می‌افتد میزان جذب فعال عناصر نیز کاهش می‌یابد؛ اما در این شرایط با بسته شدن روزنه‌ها، میزان تولید مواد فتوسنتزی و ذخیره آن در بافت‌های گیاهی بیشتر از کاهش عناصر است (Hu and Schmidhalter, 2005). شاید به همین دلیل است که در شرایط تنش در زمان‌های مختلف درصد عناصر موجود در گیاه در هر مرحله از تنش بیشتر از تیمار شاهد بوده است. در مورد عملکرد عناصر آهن، روی و مس که برآیند غلظت مواد در عملکرد دانه است، نتیجه برعکس بود. نتایج تجزیه واریانس هم نشان داد که قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد ذرت اثر معنی‌داری بر عملکرد این عناصر داشته و در

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار قطع آبیاری در زمان‌های مختلف رشد بر عملکرد دانه، غلظت و میزان برداشت عناصر دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

Table 4. Analysis of variance (mean squares) the effect of not irrigation at different growth stages on grain yield, content and elements yield of corn kernel (SC704)

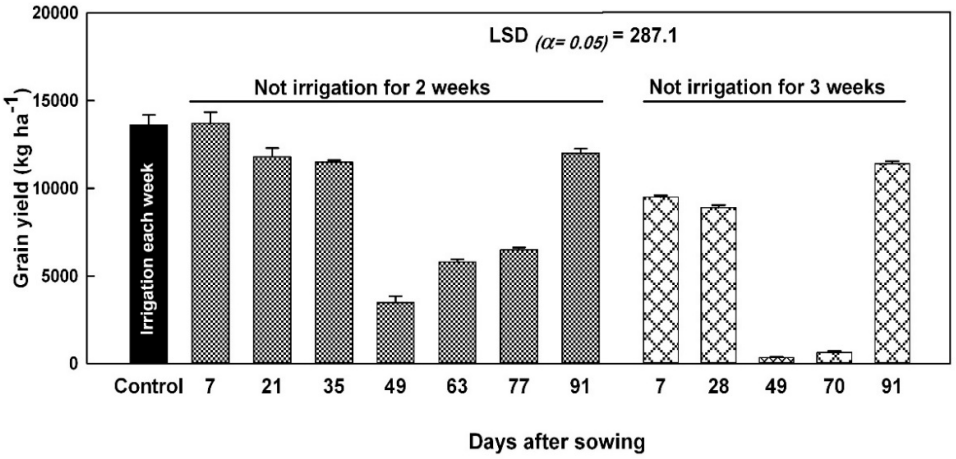
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	غلظت Content			میزان برداشت Elements yield		
			آهن Fe	روی Zn	مس Cu	آهن Fe	روی Zn	مس Cu
بلوک (Replication)	2	20524^{ns}	0.080^{ns}	0.03^{ns}	0.039^{ns}	0.00002^{ns}	0.00001^{ns}	0.0000003^{ns}
تیمار (Treatment)	12	561417**	3.48**	2.70**	3.26**	0.03**	0.009**	0.0008**
مقایسه گروهی ۱ (Orthogonal 1)	1	807761**	3.43**	1.72**	4.41**	0.42**	0.012**	0.0004**
مقایسه گروهی ۲ (Orthogonal 2)	1	593495**	6.51**	1.39**	6.46**	0.12**	0.004**	0.00007**
خطا (Error)	23	29027	0.14	0.03	0.045	0.000008	0.000002	0.0000006
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*19.6*	*1.40*	*1.21*	*4.10*	*3.95*	*3.75*	*5.87*

ns، * و**به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

مقایسه گروهی ۱: شاهد با تیمارهای دو هفته و سه هفته قطع آبیاری. مقایسه گروهی ۲: تیمارهای دو هفته با سه هفته قطع آبیاری

ns,* and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels.

Orthogonal 1: Control and treatment of two weeks and three weeks of no irrigation. Orthogonal 2: Treatments for two weeks with three weeks of no irrigation

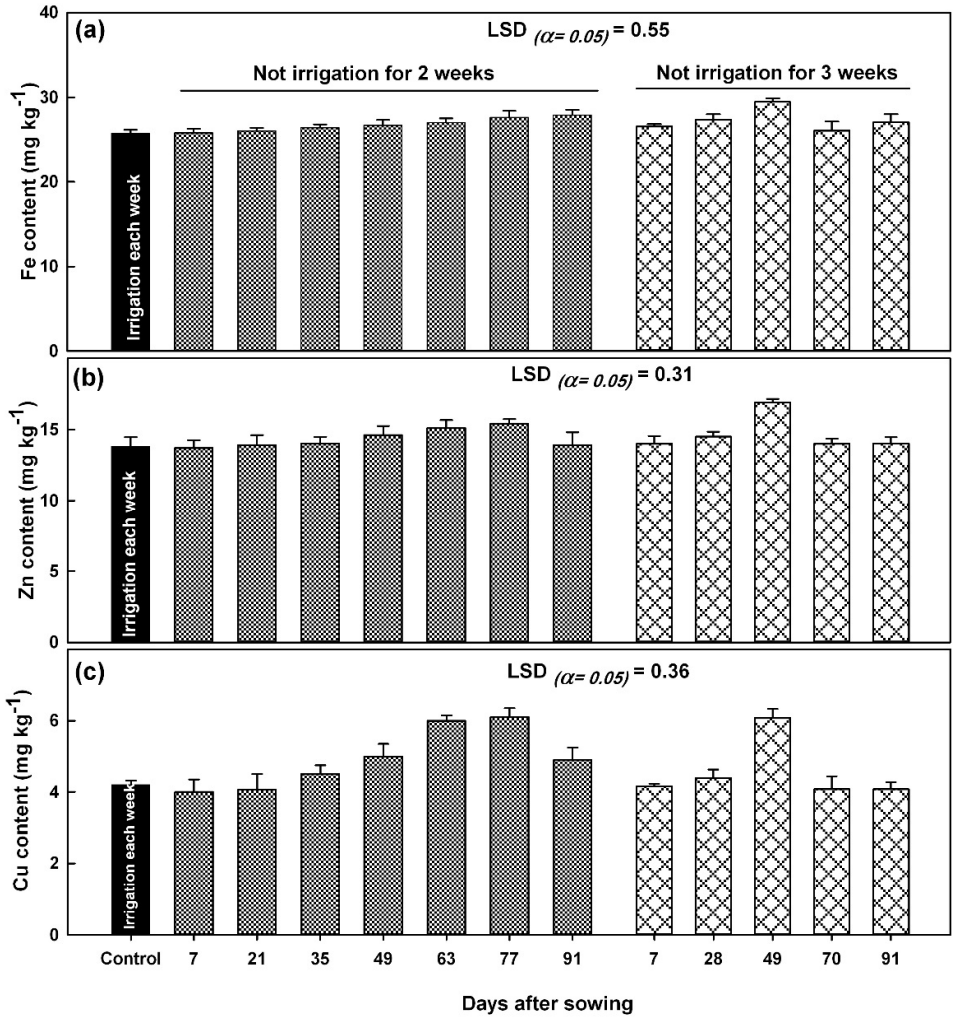


شکل ۱. مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (آبیاری در کل دوره رشد برای تیمار شاهد و قبل و بعد از اعمال سایر تیمارها به صورت هفته‌ای بوده است)

Fig. 1. Mean comparison the effects of not irrigation on grain yield of maize (SC704);(Irrigation was conducted weekly on the whole growth period for control treatment and before and after applying other treatments)

تیمار شاهد (هر هفته آبیاری) عملکرد در بیشترین مقدار و در قطع آبیاری در روز ۴۹ بعد از کاشت نسبت به شاهد عملکرد عناصر آهن، روی و مس به ترتیب ۷۳/۴، ۴۵/۷ و ۶۶/۶ درصد کاهش داشت. عملکرد این عناصر در سه هفته قطع آبیاری در ۴۹ روز بعد از کاشت نیز نسبت به شاهد به ترتیب ۹۰/۱، ۶۲/۴ و ۶۰/۰ درصد کاهش داشتند (شکل ۳). نتایج یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهش‌های علیزاده و همکاران (Alizadehet al, 2008) مبنی بر افزایش غلظت

مس در هنگام تنش خشکی در ذرت مطابقت داشت. همچنین نتایج این تحقیق با یافته‌های رفیعی و همکاران (Rafieeet al., 2004) که گزارش نمودند در گیاه ذرت به دلیل افت شدید عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی، غلظت عناصر در دانه افزایش، ولی کل جذب عناصر در دانه کاهش می‌یابد، مطابقت دارد.

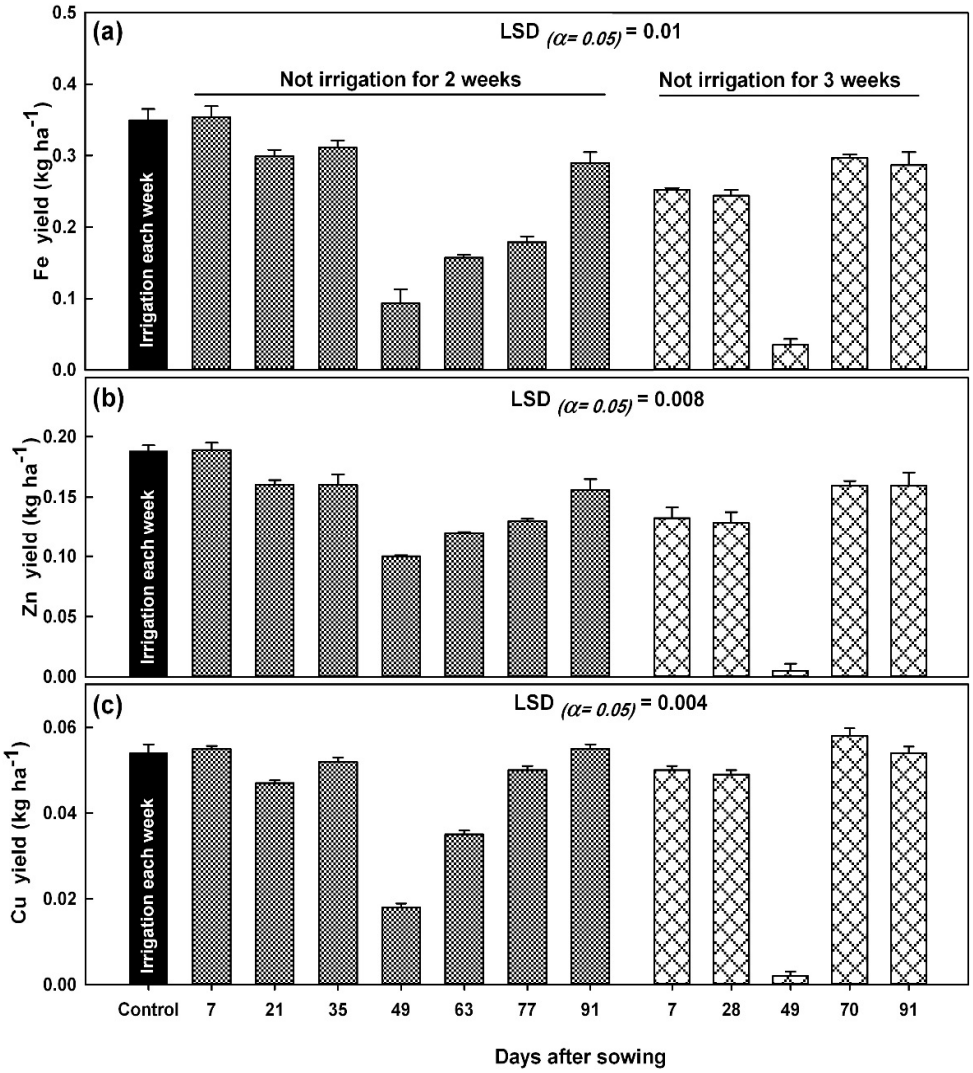


شکل ۲. مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر غلظت عناصر آهن (a)، روی (b) و مس (c) دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (آبیاری در کل دوره رشد برای تیمار شاهد و قبل و بعد از اعمال سایر تیمارها به‌صورت هفته‌ای بوده است)

Fig. 2. Mean comparison the effects of not irrigation on Fe (a), Zn (b) and Cu (c) contents of maize (SC704); (Irrigation was conducted weekly on the whole growth period for control treatment and before and after applying other treatments)

اثر قطع آبیاری بر غلظت و میزان برداشت عناصر غذایی دانه (نیتروژن، پتاسیم، فسفر و سدیم)

جدول تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری بر غلظت و عملکرد عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر و سدیم دانه ذرت، اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). در تیمار شاهد (هر هفته آبیاری) مثل صفات قبل، کمترین میزان غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر و سدیم مشاهده گردید. در دو هفته قطع آبیاری در روز ۷۷ بعد از کاشت دارای بیشترین مقدار این عناصر بودند که نسبت به شاهد به ترتیب ۱۸/۸، ۱۲/۰، ۳۸/۲ و ۳۳/۸ درصد افزایش داشتند. در سه هفته قطع آبیاری در روز ۴۹ بعد از کاشت نیز دارای بیشترین مقدار این عناصر بودند و به ترتیب نسبت به شاهد ۲۵/۱، ۲۶/۸، ۴۸/۲ و ۵۸/۳ درصد افزایش داشتند (شکل ۴).

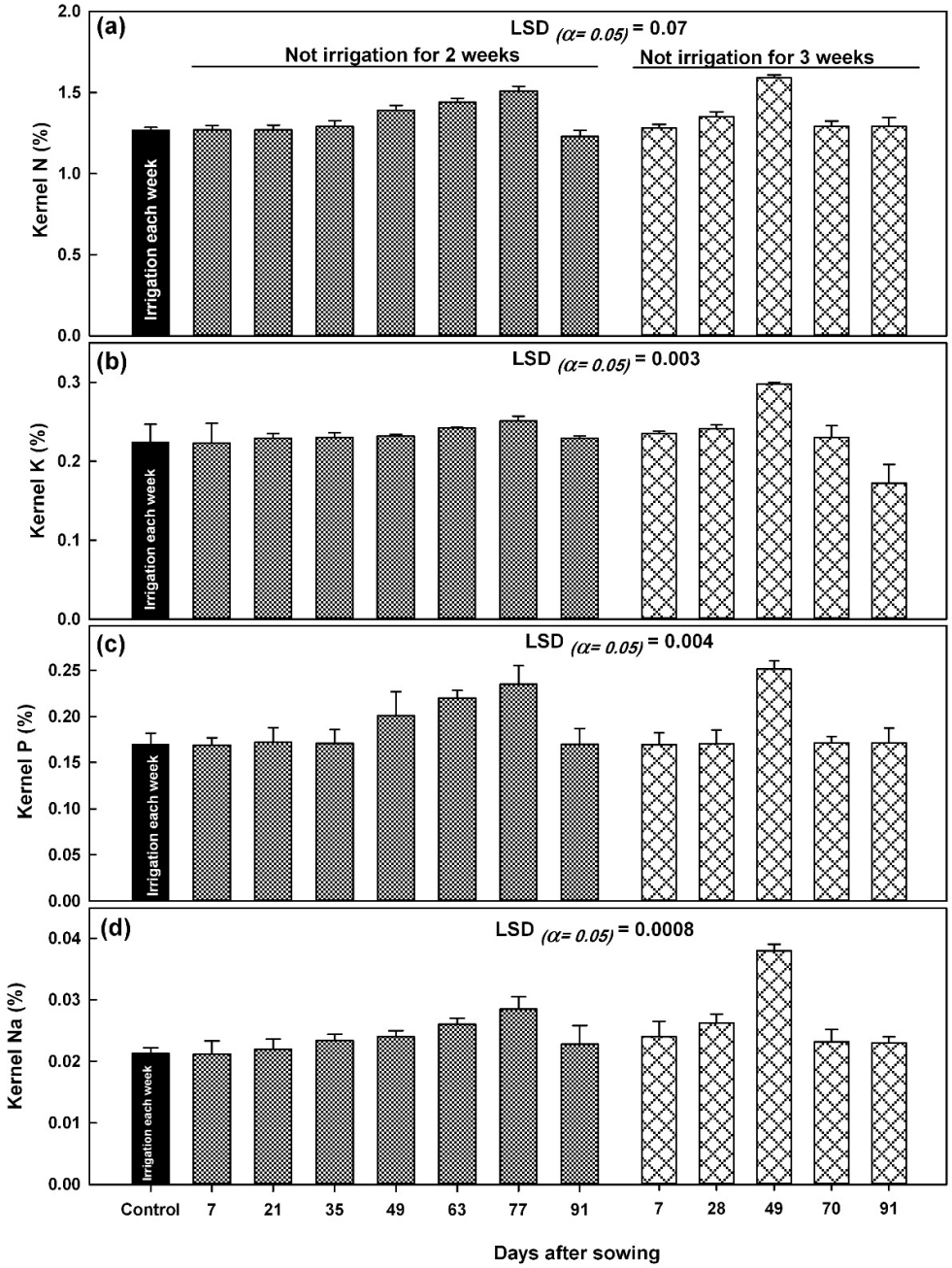


شکل ۳. مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر مقدار کل عناصر آهن (a)، روی (b) و مس (c) موجود در دانه در هکتار ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (آبیاری در کل دوره رشد برای تیمار شاهد و قبل و بعد از اعمال سایر تیمارها به‌صورت هفته‌ای بوده است)

Fig. 3. Mean comparison the effects of not irrigation on Fe (a), Zn (b) and Cu (c) yield of maize (SC704); (Irrigation was conducted weekly on the whole growth period for control treatment and before and after applying other treatments)

عملکرد عناصر که در شکل ۵ آمده است، نشان می‌دهد که برعکس غلظت عناصر، تیمار شاهد دارای بیشترین مقدار و در تیمار دو هفته قطع آبیاری در روز ۴۹ بعد از کاشت عملکرد عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر و سدیم نسبت به شاهد به ترتیب ۹۲/۲، ۷۳/۲، ۶۹/۵ و ۷۰/۶ کاهش نشان داد. در سه هفته قطع آبیاری نیز در تیمار ۴۹ روز بعد از کاشت به دلیل کاهش شدید عملکرد دانه، عملکرد عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر و سدیم نسبت به شاهد به ترتیب ۹۶/۰، ۸۸/۸، ۹۵/۳ و ۹۵/۱ درصد کاهش داشتند (شکل ۵). با ایجاد تنش خشکی در ذرت بر غلظت عنصر نیتروژن در دانه افزوده شد ولی در مورد جذب کل، این وضعیت صدق نمی‌کرد و با ایجاد تنش خشکی، غلظت کل عنصر نیتروژن در دانه کاهش یافت که به دلیل کاهش عملکرد بود. این تغییر غلظت عنصر نیتروژن دانه در مرحله پر شدن دانه محسوس‌تر بود و هر چه مدت‌زمان تنش بیشتر شد، بر افزایش غلظت نیتروژن دانه و کاهش کل جذب نیتروژن دانه، اثر تشدیدکنندگی داشت. دلیل این تفاوت، کاهش شدید عملکرد دانه به دلیل تنش شدید خشکی بود. نتایج این تحقیق با یافته‌های ساکی‌نژاد و بخشنده (Sakinejad and Bakhshandah, 2009) که اعلام نمودند در شرایط

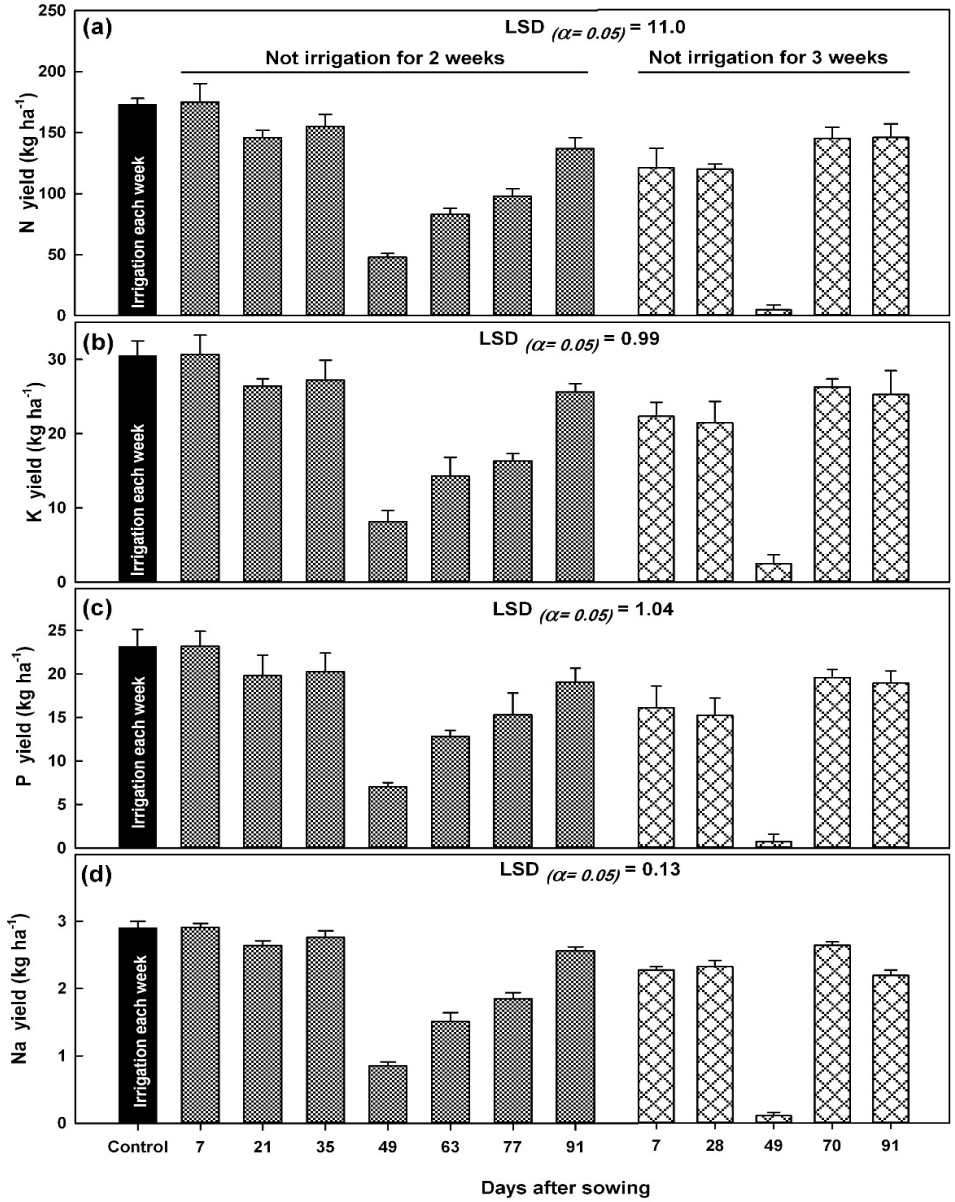
بروز تنش خشکی نسبت به ساکارز و نشاسته میزان انتقال عنصر نیتروژن از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت افزوده می‌شود و هر چه شدت تنش افزایش پیدا کند، این روند انتقالی به دلیل تحرک زیاد نیتروژن در گیاه افزایش می‌یابد، مطابقت داشت.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر غلظت عناصر نیتروژن (a)، پتاسیم (b)، فسفر (c) و سدیم (d) دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (آبیاری در کل دوره رشد برای تیمار شاهد و قبل و بعد از اعمال سایر تیمارها به‌صورت هفته‌ای بوده است)

Fig. 4. Mean comparison the effects of not irrigation on N (a), K (b), P (c) and Na (d) contents of maize (SC704); (Irrigation was conducted weekly on the whole growth period for control treatment and before and after applying other treatments)

در مورد پتاسیم نیز گزارش شده است که به دلیل خشک و تر شدن متوالی و طولانی در مناطق خشک و نیمه خشک رهاسازی پتاسیم از بین لایه‌های رسی راحت‌تر انجام شده که باعث افزایش غلظت پتاسیم در خاک می‌شود و جذب پتاسیم را بیشتر می‌کند (Sakinejad and Bakhshandah, 2009) و همچنین با نتایج تحقیقات ثمره و همکاران (Samarahet al, 2004) که گزارش نمودند در هنگام تنش خشکی بیشتر گیاهان جهت افزایش مقاومت به خشکی برخلاف پدیده انتشار با مصرف انرژی غلظت یون پتاسیم را در ریشه و اندام‌های هوایی خود بالا می‌برند و افزایش جذب پتاسیم با تأثیر مثبت بر فتوسنتز، رشد، افزایش انتقال مواد ازته به دانه سبب افزایش عملکرد تا حد ممکن می‌شوند، مطابقت دارد.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر عملکرد نیتروژن (a)، پتاسیم (b)، فسفر (c) و سدیم (d) دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴؛ آبیاری در کل دوره رشد برای تیمار شاهد و قبل و بعد از اعمال سایر تیمارها به‌صورت هفته‌ای بوده است

Fig. 5. Mean comparison the effects of not irrigation on N (a), K (b), P (c) and Na (d) yield of maize (SC704); Irrigation was conducted weekly on the whole growth period for control treatment and before and after applying other treatments

جدول ۵. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار قطع آبیاری در زمان‌های مختلف رشد بر غلظت و عملکرد عناصر دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

Table 5. Analysis of variance (mean squares) the effect of not irrigation at different growth stages on content and elements yield of corn kernel (SC704)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	غلظت Content				برداشت عناصر Elements yield			
		نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	سدیم Na	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	سدیم Na
بلوک (Replication)	2	0.002^{ns}	0.00001^{ns}	0.00008^{**}	0.0000005^{ns}	7.7^{ns}	0.40^{ns}	0.700^{**}	0.0008^{ns}
تیمار (Treatment)	12	0.037^{**}	0.001^{**}	0.0027^{**}	0.000006^{**}	7834.9^{**}	256.6^{**}	131.36^{**}	2.33^{**}
مقایسه گروهی ۱ (Orthogonal 1)	1	0.019^{**}	0.0007^{**}	0.001^{**}	0.00005^{**}	10196.3^{**}	303.2^{**}	164.62^{**}	2.045^{**}
مقایسه گروهی ۲ (Orthogonal 2)	1	0.006^{ns}	0.002^{**}	0.0000002^{ns}	0.0001^{**}	3813.1^{**}	91.65^{**}	110.91^{ns}	0.736^{**}
خطا (Error)	23	0.002	0.000007	0.00001	0.00000005	42.6	0.34	0.37	0.006
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*3.54*	*1.13*	*1.7*	*13.9*	*5.55*	*2.81*	*3.8*	*3.7*

ns، * و**به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

مقایسه گروهی ۱: شاهد با تیمارهای دو هفته و سه هفته قطع آبیاری. مقایسه گروهی ۲: تیمارهای دو هفته با سه هفته قطع آبیاری

ns,* and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels.

Orthogonal 1: Control and treatment of two weeks and three weeks of no irrigation. Orthogonal 2: Treatments for two weeks with three weeks of no irrigation

نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال تنش خشکی سبب افزایش غلظت عنصر سدیم در ذرت شد. این تجمع سدیم در بافت‌های مختلف گیاهی در شرایط تنش، به دلیل جذب بیشتر توسط ریشه و تخلیه بیشتر از آوند چوب به برگ است. گیاه با این کار تعادل اسمزی برقرار می‌کند که منجر به جذب بیشتر آب می‌گردد (El-Tayb, 2006; Ahmadianet al.,2011).

در گزارشی آمده است که در شرایط بروز تنش خشکی بر میزان تجمع عنصر فسفر و پتاسیم در دانه سویا افزوده شده، ولی از عملکرد آن کاسته شده است و در نهایت غلظت کل فسفر و پتاسیم کاهش‌یافته (Samarahet al., 2004) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد و این تجمع عناصر ممکن است در مقاومت به خشکی داشته باشند. در گزارشی تنش خشکی در مرحله دو هفته قبل از ظهور گل نر و همزمان با ۵۰ درصد ظهور گل نر در ذرت بیشترین اثر کاهشی بر میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر جای گذاشته است (Alizadeh et al., 2008).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که آب، اگرچه، از فاکتورهای مهم و تأثیرگذار برصفات کمی وکیفی دانه ذرت است ولی مرحله رشدی که تنش اتفاق می‌افتد، بسیار مهم است. مهم‌ترین مرحله حساس به تنش خشکی در این آزمایش در کشت تابستانه ذرت مرحله ظهور گل‌آذین نر، گرده‌افشانی و اوایل پر شدن دانه بود که با تأثیر منفی بر عملکرد دانه، جذب کل عناصر در دانه نیز کاهش یافت. افزایش غلظت عناصر در دانه نمی‌تواند کاهش جذب کل عناصر را جبران کند. در رابطه با واکنش گیاهان به تنش خشکی اطلاعات بیشتری لازم است و امیدواریم یافته‌های به‌دست‌آمده از این آزمایش بتواند به شناسایی و تولید گیاهان مقاوم به خشکی و همچنین تشخیص تغییرات عناصر در دانه ذرت در اثر تنش خشکی کمک کند.

منابع

Abdolmaleki, E., ReyhaniTabar, A., Najafi, N., 2017. Determination of the critical level of copper for corn in some soils of East Azerbaijan province. Iranian Journal of Soil and Water Research. 48(3), 659-668. [In Persian with English summary].

Ahmadian, A., Ghanbari, M., Gholavi; B. Siahsar., and Arazmjo, E., 2011. The effect different irrigation regimes and animal manure on nutrient, essential oil and chemical composition on Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science). 4(16), 83-94. [In Persian with English summary].

Alizadeh, O., Majedi, E., NourMohammadi,Gh., 2008.Effect of water stress and soil nitrogen on nutrients absorption in corn plant KSC 704. Journal of Research in Agricultural Science. 4(1), 51-59. [In Persian with English summary].

Campos, H., Cooper, M., Habben, J.E., Edmeades, G.O., Schussler, J.R., 2004. Improving drought tolerance in maize: A view from industry. Field Crops Research. 90(1), 19-34.

El-Tayeb, M.A., 2006. Differential response of two Viciafaba cultivars to drought: growth, pigments, lipid peroxidation, organic solutes, catalase and peroxidase activity. ActaAgronomicaHungarica. 54, 25-37.

Emam, Y., Niknejad, M., 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. 3rd Edition, Shiraz University Press. [In Persian].

Farjam, S., Jafarzadeh- Kenarsari, M., Rokhzadi, A., Yousefi, B., 2014. Effects of inter-row spacing and superabsorbent polymer application on yield and productivity of rainfed chickpea. Journal of Biodiversity and Environment Sciences. 5(3), 316-320.

Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168, 541-549.

Jalilian, A., Ghobadi, R., Shirkhani, A., Farnia, A., 2014. Effect of nitrogen and drought stress on yield components, yield and seed quality of corn. Pajouhesh and Sazandegi (Agronomy). 102, 151-160. [In Persian with English summary].

Jose, C., lnma, F., Phillippe, D., Faci, M. 2000. Simulation of maize yield under water stress with the EPIC phase and CROPWAT models. Agronomy Journal. 92, 669-679.

Kazemi, S., KeyvanMarashi, S. 2017. Effects of different sources of potassium on drought tolerance of maize under deficit irrigation management. Applied Research of Plant Ecophysiology. 4(2), 195-212. [In Persian with English summary].

Lizaso, J., Ruiz-Ramos, M., Rodriguez, L., Gabaldon-Leal, C., Oliveira, J., Lorite, I., Sánchez, D., García, E., Rodríguez, A,. 2018. Impact of high temperatures in maize: Phonology and yield components. Field crops Research. 216, 129-140.

Muthukumar, V., Velayudham, B. K., Thavaprakaash, N., 2005. Growth and yield of baby corn (*Zea mays* L.) as Influenced by plant growth regulators and different time of nitrogen application, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 1(4), 303-307.

Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1973. Determination of total nitrogen in plant material. Agronomy Journal. 65, 109-112.

Ordóñez, R.A., Savin, R., Cossani, C.M., Slafer, G.A., 2015. Yield response to heat stress as affected by nitrogen availability in maize. Field crops research. 183, 184-203.

RafieeManesh, S., Ayenehband, A., Nabati Ahmadi, D., 2010. The effect of different levels of irrigation and withholding irrigation on grain yield and yield components of corn hybrid S.C.704 under Ahwaz condition. Crop Physiology. 2(7), 93-105. [In Persian with English summary].

Rafiee, M., Nadian, H.A., Nour-Mohammadi, G., Karimi, M., 2004. Effects of drought stress, phosphorous and zinc application on concentration and total nutrient uptake by Corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal Agriculture. 35(1), 235-243. [In Persian with English summary].

Sakinejad, T., Bakhshandah, A., 2009. Effect of different irrigation regimes on the transfer process and accumulation of nutrients in corn root. Crop Physiology. 1(1), 17-27. [In Persian with English summary].

Samarah, N., Mullen, R., Cianzio, S., 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seed in response to drought stress. Journal of Plant Nutrition. 27(5), 815-835.

Sardanz, J., Penuelas, J., 2008. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the bryophyte *Hypnum cupressiforme* Hedw. Growing in a Mediterranean forest. Journal of Bryology. 30, 59–65.

Seghatoleslami, M.J., Kaffi, M., Hervan, M., Noormohammadi, G., Darveish, F. 2005. Effect of drought stress on leaf soluble sugar content, leaf rolling index and relative water content of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crop Research. 3(2), 219-232.

Tajmolian, M., Irannezhad, M.H., Malikinejad, H., 2012. Effects of water deficient stress on physiological reaction in *Fortuyniabungei*. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 20(2), 273-283. [In Persian with English summary].

Tanguilig, V., Yambao, E., O'toole, J., De Datta, S., 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. Plant and Soil. 103, 155-168.

Westerman, R.L., 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America book series, No. 3, Madison, USA.

Yan, P., Tao, Z., Chen, Y., Zhang, X., Sui, P., 2017. Spring maize kernel number and assimilate supply responses to high-temperature stress under field conditions. Agronomy Journal. 109, 1433-1442.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 12, No. 3, p. 749-762
Fall 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2261.1577

Original article

Study the effect of not-irrigation at different growth stages of corn on content and amount of grain's elements

A. Karimi[1], M.E. Ghobadi[2*], M. Ghobadi[2], I. Nosrati[2]
1. MS.c. in Agronomy, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Associate Professor, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

Received 9February 2019; Accepted 13April 2019

Abstract
In order to investigate the effect of not irrigation at different growth times on the amount of elements in the grain of corn (SC704), an experiment was carried in Ciahgol village in Gilangharb (Kermanshah province), in base on randomized complete block design (RCBD) with three replications in the summer 2015. Treatments included control (irrigation per week) and once not irrigation for two weeks from 7, 21, 35, 49, 63, 77, 77 and 91 days after sowing and once not irrigation for three weeks from 7, 28, 49, 70 and 91 days after sowing. The results of ANOVA showed that not irrigation had significant effects on grain yield, concentration and yield of the studied elements in the grain. The highest grain yield (13600 kg ha^{-1}) was obtained in the control treatment. In the two weeks and three weeks treatments, not irrigation was reduced to 97% in 49 days after sowing (inflorescence emergence) compared to control. The concentration of the studied elements in the two and three weeks not irrigation treatments compared to the control increased by 12-45 and 10-58%, respectively. The highest concentrations were obtained in two weeks not irrigation treatments 77 days after sowing and three weeks of not irrigation in 49 days after sowing treatment. In the treatment of not irrigation for three weeks on 49 days after planting for elements such as iron, zinc, copper, nitrogen, potassium, phosphorus and sodium in relation to control increased 10.9, 20.7, 46.1, 25.1, 26.8, 48.2 and 58.3%, respectively. In general, the results showed that at each stage of growth and development of the maize, which is faced with drought stress, has an effect both the reduction of grain yield and the absorption of all grain elements.

Keywords: Iron, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Water deficit, Zinc

[*]Correspondent author: Mohammad EghbalGhobadi; E-Mail: eghbalghobadi@yahoo.com.