

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.3.3

اثر زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل

Effect of the timing of nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions

محمد رضایی مراداعلی^۱، علیرضا عیوضی^۲، سلیمان محمدی^۳ و فرخ غنی شایسته^۴

چکیده

رضایی مراداعلی، م.، ع.ر. عیوضی، س. محمدی و ف. غنی شایسته. ۱۴۰۰. اثر زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۴): ۳۴۰-۳۲۰.

به منظور بررسی اثر زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت دانه ارقام گندم نان در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل، آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب در استان آذربایجان غربی به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری کامل (I1)، قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله تا رسیدگی (I2) و قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا رسیدگی (I3) در کرت‌های اصلی، زمان مصرف کود نیتروژن شامل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در چهار سطح: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی (N1)، ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله شروع طویل شدن ساقه (N2)، ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله شروع طویل شدن ساقه (N3)، ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله (N4) و پنج رقم گندم نان زرین (G1)، پیشگام (G2)، اروم (G3)، زارع (G4) و میهن (G5) بودند که به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که تیمار قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله تا رسیدگی نسبت به آبیاری کامل، باعث افزایش معنی‌دار محتوای نیتروژن، فسفر و روی دانه (به ترتیب ۲۳، ۳۷ و ۱۸ درصد) و کاهش معنی‌دار محتوای پتاسیم و منیزیم دانه (به ترتیب ۱۱ و ۴۵ درصد) شد. بیش‌ترین میزان نیتروژن، فسفر، آهن، روی و منیزیم دانه در تیمار کمبود آب (I2) در تیمار کودی ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله شروع طویل شدن ساقه در ارقام میهن و پیشگام مشاهده شد. در تیمار آبیاری کامل، تقسیط نیتروژن تا مرحله ظهور سنبله باعث افزایش محتوای نیتروژن، فسفر و منیزیم دانه شد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۷۰۲۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کودی ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله شروع طویل شدن ساقه، بدست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که با زمان‌بندی مناسب مصرف کود نیتروژن در شرایط کمبود آب و کاشت ارقامی مانند پیشگام و میهن می‌توان عملکرد و کیفیت دانه گندم تولیدی را در مناطق سرد با شرایط آب و هوایی مشابه محل اجرای این تحقیق افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: گندم، پنجه زنی، تقسیط نیتروژن، طویل شدن ساقه و قطع آبیاری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی خاص به شماره ۹۲۳۲۶-۰۳-۳۶-۴ مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد
۱- دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: Rezaei54@yahoo.com)
۲- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۴- مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

مقدمه

سطح زیر کشت گندم آبی در ایران در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ حدود ۱۹۳۰۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد ۴۲۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. استان آذربایجان غربی گندم آبی با بیش از ۹۰ هزار هکتار گندم کاری با میانگین عملکرد ۳۸۲۹ کیلوگرم در هکتار، از نظر سطح زیر کشت ششمین استان و از نظر عملکرد هفتمین استان کشور است و گندم از مهم ترین منابع درآمد اصلی کشاورزان محسوب می شود. در سال های اخیر بدلیل کمبود آب در فصل بهار عملکرد مناسبی از کشت ارقام گندم با نیاز آبی بالا بدست نمی آید. به علاوه زمان بندی مصرف کود نیتروژن در فصل بهار در شرایط کمبود آب نیز همواره با مشکل روبرو شده و با توجه به افزایش قیمت نهاده ها و توصیه هایی مبنی بر رعایت زمان صحیح مصرف کودهای شیمیایی، نگرانی کشاورزان در خصوص بهترین زمان مصرف کود نیتروژن برای حصول عملکرد دانه بیشتر در شرایط کم آبیاری افزایش یافته است. از این رو کم آبیاری توأم با بهینه سازی مصرف کود یک راهبرد مطلوب برای دستیابی به تولید مناسب در شرایط محدودیت آب محسوب می شود (Kheirabi et al., 2005).

اصلاح ارقام گندم متحمل به کم آبیاری با عملکرد دانه بالا و کیفیت مناسب، بخصوص افزایش محتوای عناصر روی، کلسیم و منیزیم دانه در راستای کاهش مصرف آب، از اهمیت زیادی برخوردار است (Malakouti et al., 2005; Malakouti et al., 2008). یکی از مهم ترین عناصر تعیین کننده عملکرد دانه در شرایط کمبود آب نیتروژن است. مصرف بهینه آب و نیتروژن با استفاده از روش های مناسب مدیریتی از اهداف کشاورزی پیشرفته است (Tavakoli, 2012). شی و همکاران (Shi et al., 2010) در آزمایشی اثرات بلند مدت مصرف سطوح نیتروژن (صفر، ۱۳۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر غلظت و جذب عناصر ریز مغذی (آهن، روی، مس و منگنز) و توزیع آنها در بخش های

مختلف دانه گندم زمستانه را در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی پکن در شرایط فاریاب (آبیاری در زمان کاشت، سه برگی، شروع رشد مجدد در بهار و گلدهی) بررسی و مشاهده کردند که مصرف کود نیتروژن به میزان ۱۳۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عدم مصرف کود، غلظت آهن، روی و مس دانه گندم را افزایش داده، ولی بر غلظت منگنز دانه اثر معنی داری نداشت. در ارزیابی اثر سطوح کود نیتروژن و پتاسیم بر میزان عناصر آهن، روی، منگنز و مس در دانه ذرت ارزیابی و گزارش شد که مصرف نیتروژن همراه با سولفات پتاسیم و کلرور پتاسیم باعث افزایش محتوای روی، منگنز، آهن و مس دانه گردید (Manasek et al., 2013). خمدی و همکاران (Khamadi et al., 2015) در ارزیابی اثر بقایای گیاهی گندم، جو، کلزا و ماشک گل خوشه ای و سطوح کود اوره (۱۵۰، ۲۷۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) بر جذب عناصر غذایی گندم گزارش کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان جذب عناصر آهن، روی و منگنز دانه افزایش، ولی میزان جذب مس کاهش یافت. در این تحقیق بیشترین مقدار وزن خشک و محتوای عناصر غذایی دانه در تیمار بقایای گیاهی جو همراه با ماشک و کیلوگرم در هکتار اوره به دست آمد. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2012) در آزمایش ارزیابی اثر روش های مصرف کود نیتروژن بر صفات زراعی گندم زمستانه دیم در شرایط قطع بارندگی از اواسط اردیبهشت گزارش کردند که تیمار پخش سطحی کود در زمان پنجه زنی و تیمار پخش سطحی به میزان دو سوم در زمان پنجه زنی به علاوه محلول پاشی در مرحله ظهور سنبله گندم در مقایسه با سایر تیمارهای کود سرک نیتروژن، عملکرد دانه کمتری داشت و در بین تیمارهای کود سرک بیشترین عملکرد دانه مربوط به مصرف کود در زمان پنجه زنی و قبل از ظهور سنبله بود. در ارزیابی برهمکنش تیمارهای آبیاری (آبیاری کامل و اعمال تنش خشکی از اواخر مرحله ساقه رفتن)

افزایش شدت تنش، از تاثیر مثبت نیتروژن کاسته شد. این تحقیق با هدف ارزیابی اثر زمان مصرف کود نیتروژن در شرایط کم آبیاری بر عملکرد و کیفیت دانه ارقام گندم نان و تعیین زمان مناسب مصرف کود نیتروژن در شرایط کم آبیاری و همچنین شناسایی رقم گندم مناسب از نظر عملکرد و محتوی عناصر غذایی دانه برای توصیه در مناطق سرد و کم آب انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب با ارتفاع ۱۱۴۲ متر از سطح دریا واقع در جنوب شرقی استان آذربایجان غربی انجام شد. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

با زمان‌بندی مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک گندم رقم مهدوی مشاهده شد که مصرف نیتروژن بیشتر در مرحله کاشت نسبت به مرحله گلدهی در مقایسه با مصرف کود بیشتر در مرحله گلدهی نسبت به مرحله کاشت در شرایط تنش کمبود آب، باعث کاهش عملکرد دانه شد (Ahmadi et al., 2006). شهراسبی و همکاران (Shahrasbi et al., 2015) در بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن گندم رقم سیروان گزارش نمودند که قطع آبیاری در مراحل ظهور سنبله و پر شدن دانه با کاهش عملکرد دانه و افزایش میزان پروتئین دانه همراه بود. مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اثر مثبتی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب داشت، ولی این اثر در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متفاوت بود، به‌طوری‌که با

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴)

Table1. Meteorological information at the experiment site (2013-14 and 2014-15)

		۱۳۹۲-۹۳ 2013-2014			۱۳۹۳-۹۴ 2014-2015		
		میانگین دما Mean Temperature (°C)	تبخیر Evaporation (mm)	بارندگی Precipitation (mm)	میانگین دما Mean Temperature (°C)	تبخیر Evaporation (mm)	بارندگی Precipitation (mm)
Months	ماه						
October	مهر	15.2	119.5	4.9	15.2	83.2	4.4
November	آبان	5.4	38.9	47.5	7.4	19.6	32.5
December	آذر	-0.2	0	1.4	4.6	0	52.7
January	دی	2.5	0	13.5	2.7	0	4.2
February	بهمن	1.0	0	8.4	4.9	0	34.5
March	اسفند	2.1	0	20.0	0.6	0	13.7
April	فروردین	10.9	65.9	41.2	10.9	77	25.4
May	اردیبهشت	16.6	155.9	23.3	15.7	156.7	28.5
June	خرداد	21.1	208.2	2.7	21.8	246.8	0.4
July	تیر	23.9	276.9	4.6	26.3	307.1	1
August	مرداد	26.0	316.5	0	26.9	379.1	0
September	شهریور	23.0	301.2	2.1	24.1	321.3	0

سنبله (کد ۵۵ زادوکس) تا رسیدگی (I_2) و قطع آبیاری از مرحله گلدهی (کد ۶۵ زادوکس) تا رسیدگی (I_3) در کرت‌های اصلی، زمان مصرف کود نیتروژن شامل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (۲۶۰ کیلوگرم

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری کامل تا آخر طول دوره رشد گیاه (I_1)، قطع آبیاری از مرحله ظهور

کود اوره) در چهار سطح: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی (N₁)، ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله (N₄) (جدول ۲) و پنج رقم گندم نان زرین (G₁)، پیشگام (G₂)، اروم (G₃)، زارع (G₄) و میهن (G₅) (جدول ۳) بودند که به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار داده شدند.

جدول ۲- تیمارهای کود نیتروژن مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Nitrogen fertilizer treatments (kg.ha⁻¹)

مراحل رشد گندم Wheat growth stages	تاریخ مصرف Application date	۱۳۹۲-۹۳ 2013-2014				۱۳۹۳-۹۴ 2014-2015			
		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
Planting کاشت	Oct. 12 ۲۰ مهر	20	20	20	20	Oct. 11 ۱۹ مهر	20	20	20
Tillering پنجه زنی	April 4 ۱۵ فروردین	100	0	50	50	April 6 ۱۷ فروردین	100	0	50
Stem elongation طویل شدن ساقه	April 29 ۹ اردیبهشت	0	100	50	0	May 1 ۱۱ اردیبهشت	0	100	50
Spike emergence ظهور سنبله	May 10 ۲۰ اردیبهشت	0	0	0	50	May 13 ۲۳ اردیبهشت	0	0	50

جدول ۳- ویژگی‌های زراعی ارقام گندم مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Agronomic characteristics of wheat cultivars

ارقام گندم Wheat cultivars	سال معرفی year of release	عادت رشد Growth habit	روز تا طویل شدن ساقه Days to stem elongation	روز تا ظهور سنبله Days to spike emergence	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to physiological maturity	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)
Zarin زرین	1996 ۱۳۷۵	Facultative بینابین	201	212	270	40	6500
Pishgam پیشگام	2008 ۱۳۸۷	Winter زمستانه	203	211	260	40	8100
Orum اروم	2010 ۱۳۸۹	Facultative بینابین	200	209	265	43	7300
Zareh زارع	2010 ۱۳۸۹	Winter زمستانه	203	211	260	40	7500
Mihan میهن	2010 ۱۳۸۹	Winter زمستانه	203	211	260	43	7800

گندم رقم زرین بیش‌ترین سطح زیر کشت را طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ در استان داشته و اکنون نیز به دلیل ارتفاع بوته زیاد و تولید زیست توده و کاه و کلش بالا در برخی از مناطق شمال استان که زراعت همراه با دامپروری رایج است، کشت می‌شود. ارقام پیشگام و میهن از ارقام رایج در منطقه و متحمل به تنش کم‌آبایی هستند که در حال حاضر بیش‌ترین سطح زیر کشت را در استان دارند. رقم زارع نیز بدلیل متحمل بودن به تنش کم‌آبی و زودرسی و نیز تولید زیست توده کمتر، در برخی از نواحی جنوب استان که مشکل بادزدگی و کاهش منابع آب وجود دارد، مورد پذیرش

زارعین قرار گرفته است. رقم اروم نسبت به ارقام میهن و پیشگام نسبت به تنش کمبود آب حساس‌تر بوده، ولی به‌دلیل وزن هزار دانه بالا و شکل و رنگ دانه مناسب و همچنین تولید زیست توده بیشتر، نسبت به ارقام متحمل به تنش مورد بررسی در این تحقیق، در بین برخی از کشاورزان مرکز استان مورد توجه است.

کرت‌های آزمایشی به طول چهار متر و عرض ۱/۲ متر با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتیمتر در شش ردیف ایجاد شدند. کاشت با استفاده از دستگاه بذر کار مخصوص آزمایشی غلات (گندم و جو) به صورت

کاشت در ۱۷ مهر و در سال دوم در ۱۵ مهر با بذور ضدعفونی شده ارقام گندم با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع انجام و پس از کاشت، یک نوبت آبیاری جهت سبز شدن گیاهچه‌ها انجام شد. در اواسط فروردین پس از مساعد شدن شرایط محیطی علف‌های هرز با استفاده از علف کش توفوردی کنترل شدند. برای یکسان نمودن حجم آب آبیاری در کرت‌ها از کنتور و لوله‌های آبیاری تحت فشار استفاده شد تا در طول فصل زراعی مقدار آب مصرف شده در هر کرت ثابت باشد. مقدار آب مصرفی برای هر دور آبیاری بر اساس روابط مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع و داده‌های ایستگاه هواشناسی محل اجرای آزمایش تعیین شد (Allen *et al.*, 1994) که مقدار ثابت ۰/۳ متر مکعب برای هر کرت آزمایشی بود.

ردیفی انجام شد. به منظور جلوگیری از نفوذ آب در کرت‌های اصلی و عدم اختلاط تیمارهای کودی در کرت‌های فرعی، بین کرت‌ها ۱/۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. کل زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ زیر کشت کلزای ازدیادی بود که در سال اول بخشی از آن و در سال دوم از بقیه زمین استفاده شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۴) کود اوره طبق تیمارهای آزمایشی، کود سولفات پتاسیم (۴۵ درصد پتاسیم) به مقدار ۸۵ کیلوگرم در هکتار و سوپر فسفات تریپل (۲۱ درصد فسفر) به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت به خاک داده شد. سولفات روی نیز به مقدار ۱۸ کیلوگرم در هکتار به صورت نواری در عمق ۴-۳ سانتی متری خاک در هنگام کاشت به خاک داده شد. در سال اول آزمایش،

جدول ۴- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 4. Physical and chemical properties of the soil at the experiment site

بافت خاک	هدایت الکتریکی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
Soil texture	اسیدیته	Total N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K	Fe	Zn
pH	(dS.m ⁻¹)					
Silt سیلت	8	0.12	11.2	250	6.24	0.74

دانه، نمونه‌ها با استفاده از روش والینگا و همکاران (Walinga *et al.*, 1989) هضم شدند. برای اندازه‌گیری فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر، برای اندازه‌گیری پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر و برای اندازه‌گیری آهن، منیزیم و روی از دستگاه جذب اتمی استفاده شد. محتوی پروتئین دانه از ضرب کردن میزان نیتروژن در عدد ۵/۷ بدست آمد (Volas *et al.*, 1997).

پس از انجام آزمون همگنی واریانس خطای آزمایش‌ها و اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها بر اساس کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. برای تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده شده و

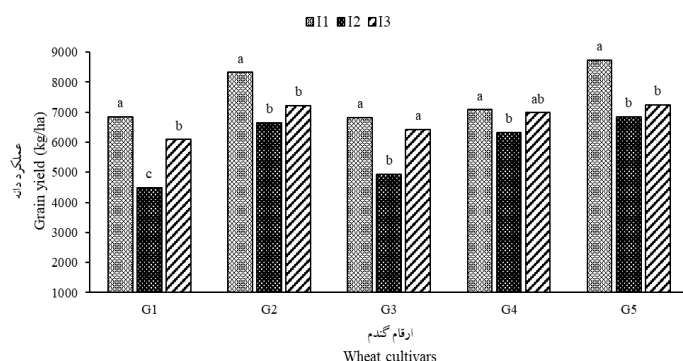
با توجه به کم بودن میزان بارش‌ها پس از اعمال تیمارهای قطع آبیاری تا رسیدگی محصول (سال اول ۳/۸ و سال دوم ۳/۱ میلی‌متر)، تداخلی با تیمارهای آبیاری ایجاد نشد. در مرحله رسیدگی، محصول هر کرت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت با استفاده از کمباین آزمایشات غلات در اواسط تیر برداشت شد. پس از برداشت محصول از هر کرت نمونه‌هایی انتخاب و برای اندازه‌گیری عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منیزیم و روی استفاده شد. پس از آسیاب کردن دانه‌ها از اسید نیتریک برای هضم نمونه‌ها استفاده شد (Gupta, 2000). نیتروژن نمونه‌ها با استفاده از دستگاه میکروکجلدال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر، پتاسیم، آهن، منیزیم و روی

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری، کود نیتروژن، ارقام و برهمکنش آنها بر صفات زراعی و محتوی عناصر دانه در سطح آماری پنج و یک درصد معنی دار بود. با وجود کاهش عملکرد دانه در

شرایط تنش کمبود آب در کلیه ارقام گندم، پاسخ ارقام به تیمارهای آبیاری متفاوت بود. بیشترین عملکرد دانه (۸۷۲۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری کامل از رقم میهن حاصل شد و در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله رقم زرین با ۴۴۸۶ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را داشت (شکل ۱). اختلاف عملکرد دانه رقم زرین در تیمار آبیاری کامل نسبت به تنش شدید آب (I_2) ۳۴ درصد و در رقم میهن ۲۱ درصد بود.



شکل ۱- میانگین عملکرد دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Fig. 1. Mean of grain yield of wheat cultivars in interaction effect of irrigation×cultivar treatments

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی

ارقام گندم: G₁: زرین، G₂: پیشگام، G₃: اروم، G₄: زارع و G₅: میهن

I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃: Irrigation withhold after flowering

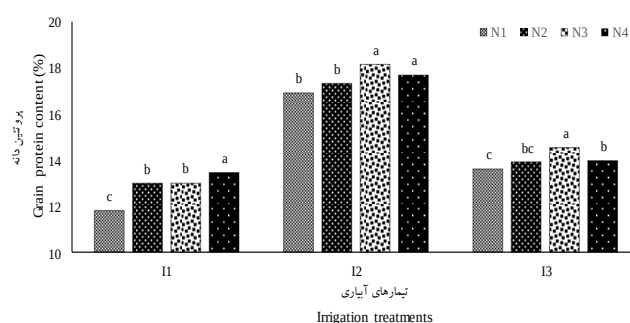
Wheat cultivars; G₁: Zarrin, G₂: Pishgam, G₃: Orum, G₄: Zareh and G₅: Mihan

اروم بوده است (جدول ۵). یکی از دلایل این موضوع تحمل ارقام پیشگام و میهن به تنش خشکی است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمار آبیاری کامل بیشترین محتوای پروتئین دانه (۱۳/۴ درصد) با تیمار کودی N₄ بدست آمد و در تیمار قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله (I₂) با تقسیط کودی N₃، محتوی پروتئین دانه افزایش یافت (۱۸/۱ درصد) (شکل ۲). به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آب انتهای فصل، تقسیط کود نیتروژن تا مرحله شروع طویل شدن ساقه باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود، بنابراین پیشنهاد می‌شود که در شرایط کمبود آب انتهای فصل به دلیل عدم دسترسی به آب کافی برای آبیاری، آخرین زمان تقسیط و مصرف کود نیتروژن قبل از ظهور سنبله انجام شود.

نتایج یک آزمایش نشان داد که مصرف کود نیتروژن به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط آن از زمان کاشت تا اواخر طویل شدن ساقه و شروع مرحله آبستنی، باعث افزایش عملکرد دانه گندم به میزان ۴۳ درصد نسبت به تیمار عدم تقسیط کود نیتروژن شد. تقسیط کود نیتروژن در مرحله ظهور سنبله باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۴ درصد نسبت به مصرف آن در مرحله طویل شدن ساقه گردید (Efretuei et al., 2016). مقایسه میانگین‌های برهمکنش سال در آبیاری در رقم نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل در ارقام پیشگام و میهن و در سال دوم در رقم میهن بوده و کمترین مقدار عملکرد دانه در سال اول در رقم زرین در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله و در سال دوم در همان تیمار در رقم

"اثر زمان مصرف کود نیتروژن بر...، رضایی مرادعلی و همکاران، ۱۴۰۰، ۳۴۰-۳۲۰"



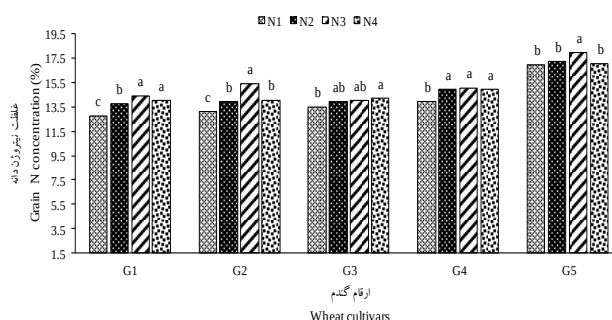
شکل ۲- میانگین محتوای پروتئین دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن

Fig. 2. Mean of grain protein content of wheat cultivars in interaction effect of irrigation×nitrogen treatments

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی
نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طول شدن ساقه، N₃: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله طول شدن ساقه، N₄: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله
I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃: Irrigation withhold after flowering
Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

شدن ساقه و قبل از ظهور سنبله، باعث افزایش محتوای پروتئین دانه شده و مصرف نیتروژن در مرحله ظهور سنبله تاثیر زیادی بر افزایش میزان نیتروژن دانه نداشت. با این حال در کلیه ارقام گندم در تیمار کودی N₁، کمترین میزان نیتروژن دانه را داشتند (شکل ۳).

پاسخ ارقام گندم به زمان‌های مصرف کود نیتروژن متفاوت بود. در ارقام دیررس مانند زرین و اروم، تقصیر کود نیتروژن تا مرحله ظهور سنبله باعث افزایش محتوای پروتئین دانه شد، ولی در ارقام زودرس تر مانند پیشگام و میهن، مصرف نیتروژن تا مرحله شروع طویل



شکل ۳- میانگین غلظت نیتروژن دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای نیتروژن و رقم

Fig. 3. Mean of grain nitrogen concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation×cultivar treatments

نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طول شدن ساقه، N₃: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله
ارقام گندم G₁: زرین، G₂: پیشگام، G₃: اروم، G₄: زارع و G₅: میهن
Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence
Wheat cultivars; G₁: Zarrin, G₂: Pishgam, G₃: Orum, G₄: Zareh and G₅: Mihaan

معنی‌داری از لحاظ محتوای پروتئین دانه در تیمارهای آبیاری و تیمارهای کود نیتروژن داشتند. گندم رقم

معنی‌دار شدن برهمکنش آبیاری در کود نیتروژن در رقم نشان می‌دهد که ارقام گندم پاسخ متفاوت و

میهن در برهمکنش تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله با تیمارهای کودی N_3 و N_4 با ۲۰/۴ درصد، بیشترین میزان پروتئین دانه را داشته و گندم رقم زرین در تیمار آبیاری کامل و تیمار کودی N_1 کمترین میزان پروتئین دانه را داشت (۱۰/۰۲ درصد) (جدول ۶). به نظر می‌رسد که تنش حاصل از قطع آبیاری در گیاه، باعث چروکیدگی دانه‌ها شده و همچنین تقسیط کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه و فراهمی و جذب آن توسط ریشه‌ها، باعث افزایش میزان پروتئین دانه در رقم میهن شده است. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2010) با ارزیابی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و جذب عناصر غذایی ژنوتیپ‌های گندم گزارش دادند که تنش کمبود آب باعث افزایش محتوای پروتئین دانه می‌شود. در یک آزمایش در ایرلند در باره اثر زمان‌های مصرف کود نیتروژن و کود دامی بر کارایی و محتوای نیتروژن دانه گندم زمستانه رقم کوردیال گزارش شد که تقسیط نیتروژن از مرحله طویل شدن ساقه تا مرحله ظهور برگ پرچم، نسبت به مصرف کل نیتروژن در مراحل اولیه طویل شدن ساقه، باعث افزایش ۵۳ درصد در محتوای نیتروژن دانه در سال اول و ۵۶ درصد در سال دوم شد (Erfetuei et al., 2016).

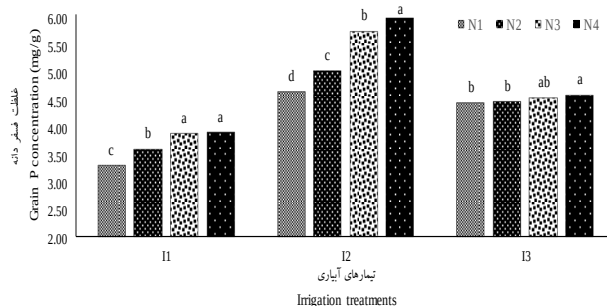
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمار آبیاری کامل بیشترین غلظت فسفر دانه (۳/۹۲ میلی گرم بر گرم) در تیمار کودی N_3 و N_4 بدست آمد و در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله و تیمار کودی N_4 ، غلظت فسفر دانه بیشتر (۶/۰۳ میلی گرم در گرم) بود (شکل ۴). رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2010) نیز در ارزیابی اثر تنش خشکی بر غلظت فسفر دانه گندم اعلام نمودند که با افزایش شدت تنش خشکی غلظت فسفر دانه تا ۱۶ درصد افزایش یافت. در بررسی تاثیر زمان‌های مصرف کود نیتروژن بر غلظت فسفر دانه گزارش شد که در کلیه ارقام مورد ارزیابی، تیمار کودی N_4 بیشترین اثر را بر افزایش غلظت فسفر دانه داشت و در این تیمار

بیشترین غلظت فسفر دانه در ارقام میهن و زارع (به ترتیب ۵/۴۲ و ۵/۱۱ میلی گرم بر گرم) بدست آمد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که کاهش یا افزایش غلظت نیتروژن اندام‌های گیاهی تاثیر مستقیمی بر محتوای فسفر گیاه دارد. در همین ارتباط دی گروت و همکاران (de Groot et al., 2003) در بررسی برهمکنش کود نیتروژن و فسفر بر رشد گیاه سیب‌زمینی در محیط کشت ورمیکولیت اعلام نمودند که کاهش غلظت نیتروژن با کاهش غلظت فسفر اندام‌های گیاه همراه است و علت آن را با کاهش سطح سیتوکینین برگ‌ها و کاهش انرژی گیاه در اثر کاهش غلظت فسفر مرتبط دانستند. خمیدی و همکاران (Khamadi et al., 2015) نیز افزایش جذب فسفر توسط گیاه را از طریق افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه، بهبود متابولیسم گیاه و افزایش قابلیت استفاده از حلالیت فسفر با مصرف کود نیتروژن را گزارش نمودند.

در هر دو سال آزمایش بیشترین میزان فسفر دانه در رقم میهن در تیمار آبیاری I_3 مشاهده شد، ولی تغییرات غلظت فسفر دانه در ارقام گندم در هر دو سال متفاوت بود، بطوریکه اختلاف بین بیشترین و کمترین غلظت فسفر دانه ارقام گندم در سال اول ۲۵ درصد و در سال دوم ۴۷ درصد بود (جدول ۶). غلظت فسفر دانه گندم رقم میهن در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله (I_2) در تیمار کودی N_3 ، بیشترین مقدار (۶/۷۲ میلی گرم بر گرم) و در ارقام زرین و پیشگام در تیمار آبیاری کامل و تیمار کودی N_1 ، کمترین مقدار (۳/۶۱ میلی گرم بر گرم) بود (جدول ۷). غلظت فسفر دانه گندم تحت تاثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که عبارتند از: کاهش وزن دانه گندم بر اثر تنش خشکی که به دلیل اثر تغلیظ، غلظت فسفر دانه افزایش می‌یابد (Marschner, 1995)، وقوع تنش خشکی و کاهش رطوبت خاک باعث وقوع همزمان چند فرآیند می‌شود که شامل کاهش انتقال فسفر به سطح ریشه‌ها از طریق پخشیدگی، کاهش سرعت معدنی شدن مواد آلی و

گندم می‌باشند (Praba et al., 2009). با توجه به افزایش غلظت فسفر دانه در این آزمایش به نظر می‌رسد که فرآیند اول بر فرآیندهای گروه دوم برتری داشتند.

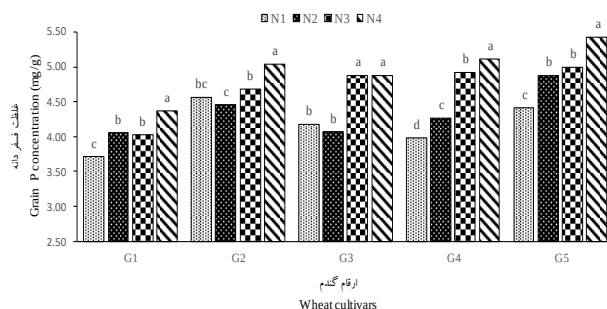
کاهش آزادسازی فسفات معدنی به محلول خاک و افزایش تثبیت فسفر در خاک به دلیل تشکیل رسوب و کاهش قابلیت جذب فسفر خاک بوسیله ریشه‌های



شکل ۴- میانگین غلظت فسفر دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن

Fig. 4. Mean of grain phosphorous concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation×nitrogen treatments

I1: آبیاری کامل، I2: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبه و I3: قطع آبیاری از مرحله گلدهی
نیتروژن N1: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N2: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N3: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N4: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبه
I1: Full irrigation, I2: Irrigation withhold after ear emergence, I3= Irrigation withhold after flowering
Nitrogen N1: 20 kg at planting+100kg at tillering, N2:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N3: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N4: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence



شکل ۵- میانگین غلظت فسفر دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای نیتروژن و رقم

Fig. 5. Mean of grain phosphorous concentration of wheat cultivars in interaction effect of nitrogen×cultivar treatments

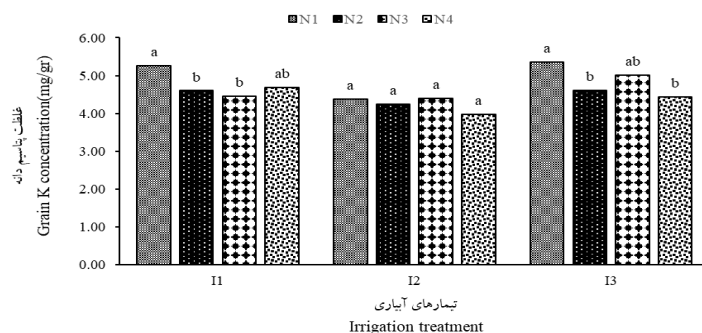
نیتروژن N1: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N2: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N3: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی+ ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبه
ارقام گندم G1: زرین، G2: پشگام، G3: اروم، G4: زارع و G5: میهن
Nitrogen N1: 20 kg at planting+100kg at tillering, N2:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N3: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N4: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence
Wheat cultivars; G1: Zarrin, G2: Pishgam, G3: Orum, G4: Zareh and G5: Mihan

کامل کمتر بود (شکل ۸). بنابراین به نظر می‌رسد که غلظت پتاسیم دانه بیشتر تحت تاثیر تنش کمبود آب قرار گرفته و تقصیط کود نیتروژن در شرایط عدم فراهمی آب تاثیر مثبتی بر افزایش غلظت پتاسیم دانه ندارد. خمندی و همکاران (Khamadi et al., 2015) نیز در ارزیابی اثر

نتایج نشان داد که بیشترین غلظت پتاسیم دانه در تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبه در تیمار کودی N1 بدست آمد (به ترتیب ۵/۲۶ و ۵/۳۶ میلی گرم بر گرم). در کلیه سطوح کودی، غلظت پتاسیم دانه در شرایط تنش شدید خشکی (I2) نسبت به آبیاری

صورت می گیرد و وجود رطوبت کافی در خاک و مصرف نیتروژن در این مراحل می تواند به حفظ سبزیگی گیاه و افزایش جذب پتاسیم کمک کند. در این آزمایش نیز در شرایط شرایط تنش شدید خشکی (I_2) علی رغم تقسیط و فراهمی نیتروژن، غلظت پتاسیم دانه نسبت به آبیاری کامل کاهش داشت. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2005) در ارزیابی اثر تنش کمبود آب و آبیاری تکمیلی بر رشد، عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی گندم در شرایط دیم گزارش دادند که آبیاری تکمیلی اثر مثبت و معنی داری بر غلظت پتاسیم دانه ندارد.

بقایای گیاهی و کود نیتروژن بر کیفیت دانه گندم رقم چمران در شرایط آبیاری کامل گزارش کردند که افزایش مصرف کود نیتروژن از ۱۵۰ تا ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار مصرف توام جو و کود سبز باعث افزایش میزان پتاسیم دانه ۳۷ درصد بوده و در تیمار بدون مصرف بقایای گیاهی این افزایش ۱۰/۲ درصد بود. به نظر می رسد که افزایش مصرف نیتروژن و فراهمی آن در خاک در طول دوره رشد گیاه در شرایط آبیاری کامل باعث افزایش رشد سبزینه ای گیاه و باعث افزایش جذب و انتقال پتاسیم به دانه می شود. در گیاه گندم حداکثر جذب پتاسیم در زمان ساقه رفتن و گلدهی



شکل ۶- میانگین غلظت پتاسیم دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن

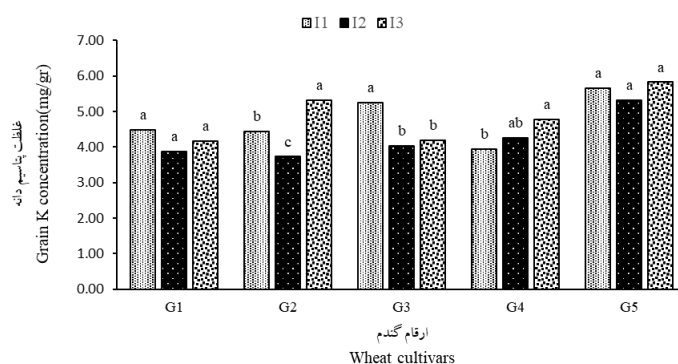
Fig. 6. Mean of grain phosphorous concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation×nitrogen treatments

I_1 : آبیاری کامل، I_2 : قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I_3 : قطع آبیاری از مرحله گلدهی
نیتروژن N_1 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی، N_2 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N_3 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی، N_4 : ۲۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N_4 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله
 I_1 : Full irrigation, I_2 : Irrigation withhold after ear emergence, I_3 : Irrigation withhold after flowering
Nitrogen N_1 : 20 kg at planting+100kg at tillering, N_2 : 20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N_3 : 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N_4 : 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

چاکماک (Cakmak, 2006) اعلام نمود که در گندم، پتاسیم نقش اساسی در شرایط تنش خشکی دارد و توانایی نگهداری پتاسیم در داخل بافت های گیاه برای اصلاح ژنوتیپ های متحمل مهم است. رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2010) نیز یکی از دلایل افزایش غلظت پتاسیم دانه در ژنوتیپ های گندم متحمل به تنش خشکی را در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی بیشتر این ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و انتقال بیشتر پتاسیم به دانه عنوان کردند.

نتایج نشان داد که در کلیه ارقام گندم، کمترین غلظت پتاسیم دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله (I_2) بدست آمد. تغییرات غلظت پتاسیم دانه ارقام گندم در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی متفاوت بود. قطع آبیاری در ارقام حساس به تنش خشکی مانند زرین (G_1) و اروم (G_3) باعث کاهش غلظت پتاسیم دانه شد، ولی در ارقام متحمل مانند پیشگام، زارع و میهن، افزایش غلظت پتاسیم دانه مشاهده شد (شکل ۷). در بیان اهمیت نقش پتاسیم در شرایط تنش خشکی،

"اثر زمان مصرف کود نیتروژن بر...، رضایی مرادعلی و همکاران، ۱۴۰۰، ۳۴۰-۳۲۰"



شکل ۷- میانگین غلظت پتاسیم دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Fig. 7. Mean of grain phosphorous concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation x cultivar treatments

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی

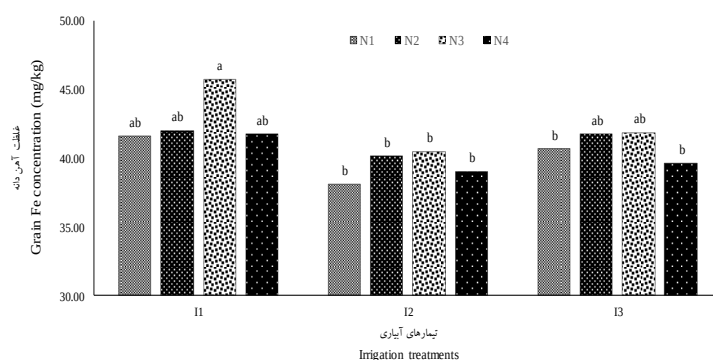
ارقام گندم: G₁: زرین، G₂: پیشگام، G₃: اروم، G₄: زارع و G₅: میهن

I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃: Irrigation withhold after flowering

Wheat cultivars; G₁: Zarrin, G₂: Pishgam, G₃: Orum, G₄: Zareh and G₅: Mihan

تبدیل و باعث اسیدی شدن خاک شده و در نتیجه باعث افزایش حلالیت آهن و جذب بیشتر آن توسط ریشه‌ها می‌شود. نورقلی‌پور و همکاران (Norgolipour *et al.*, 2008) در ارزیابی اثر منابع کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت گندم گزارش دادند که با تقسیط کود نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه و آبیاری کامل با افزایش جذب نیتروژن، غلظت آهن دانه نیز افزایش یافت.

نتایج نشان داد که بیشترین غلظت آهن دانه (۴۵/۷ میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار آبیاری کامل و تیمار کودی N₃ بدست آمد و در کلیه سطوح آبیاری، غلظت آهن دانه در تیمار کودی (N₃) بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۸). آهن در فعال‌سازی چند آنزیم مانند فوماریک هیدروژناز، کاتالاز، اکسیداز و سیتوکروم‌ها نقش دارد. در آزمایش حاضر منبع نیتروژن مصرفی کود اوره بود. اوره در اثر تجزیه به آمونیوم



شکل ۸- میانگین غلظت آهن دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن

Fig. 8. Mean of grain Fe concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation x nitrogen treatments

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی

نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₃: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله

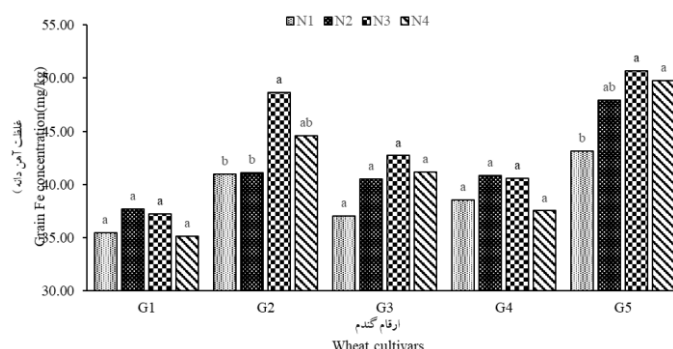
کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₄: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله

I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃: Irrigation withhold after flowering

Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

میلی گرم بر کیلوگرم)، ولی در ارقام زرین و زارع با تیمار کودی (N_2)، غلظت آهن بیشتری در دانه مشاهده شد (شکل ۹).

غلظت آهن دانه در ارقام گندم پیشگام و میهن در تیمار تقسیط کود نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه (N_3)، بیشترین مقدار بود (به ترتیب ۴۸/۶ و ۵۰/۶).



شکل ۹- میانگین غلظت آهن دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای نیتروژن و رقم

Fig. 9. Mean of grain Fe concentration of wheat cultivars in interaction effect of nitrogen x cultivar treatments

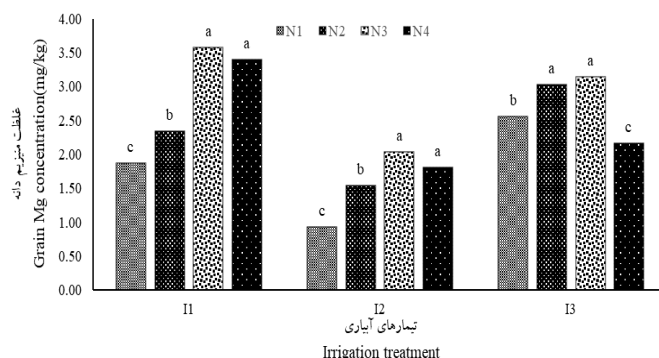
نیتروژن N_1 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی، N_2 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N_3 : ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبه
ارقام گندم G_1 : زرین، G_2 : پیشگام، G_3 : اورم، G_4 : زارع و G_5 : میهن

Nitrogen N_1 : 20 kg at planting+100kg at tillering, N_2 : 20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N_3 : 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N_4 : 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

Wheat cultivars; G_1 : Zarrin, G_2 : Pishgam, G_3 : Orum, G_4 : Zareh and G_5 : Mihan

نتایج نشان داد که غلظت منیزیم دانه در تیمارهای قطع آبیاری با تقسیط کود نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه (N_3) افزایش یافته و مصرف کود نیتروژن تا مرحله گلدهی (N_4) تاثیری بر افزایش منیزیم دانه نداشت. بیشترین غلظت منیزیم دانه (۳/۵۸ میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار آبیاری کامل با تیمار کودی N_3 بدست آمد (شکل ۱۰). به نظر می رسد که کاهش غلظت منیزیم دانه در شرایط تنش کمبود آب ناشی از کاهش انتقال منیزیم به سطح ریشه ها از طریق پخشیدگی، کاهش سرعت معدنی شدن مواد آلی و کاهش آزادسازی منیزیم به محلول خاک و در نتیجه کاهش منیزیم دانه باشد. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2010) در ارزیابی ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش کمبود آب گزارش کردند که افزایش فواصل آبیاری از ۷۰ به ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک، باعث کاهش غلظت منیزیم دانه تا ۲۲ درصد شد.

برهمکنش تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی با تیمار کودی N_3 در رقم میهن با ۵۶/۷ میلی گرم بر کیلوگرم، دارای بیشترین غلظت آهن دانه بوده و کمترین مقدار آن (۳۲/۴ میلی گرم بر کیلوگرم) مربوط به رقم زرین در تیمار کودی N_3 و تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبه (I_2) بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که در تیمار آبیاری کامل غلظت آهن دانه در کلیه ارقام گندم با تیمار تقسیط کود نیتروژن تا مرحله ظهور سنبه (N_4) افزایش یافته، ولی در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبه و تنش شدید خشکی، غلظت آهن دانه فقط در ارقام پیشگام و میهن (متحمل به تنش خشکی) در تیمار تقسیط نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه (N_3) افزایش یافت که دلیل آن هم می تواند در قابلیت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و عناصر غذایی ذخیره شده در اندام های رویشی قبل از گلدهی به دانه باشد.



شکل ۱۰- میانگین غلظت منیزیم دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن

Fig. 10. Mean of grain Mg concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation×nitrogen treatments

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی

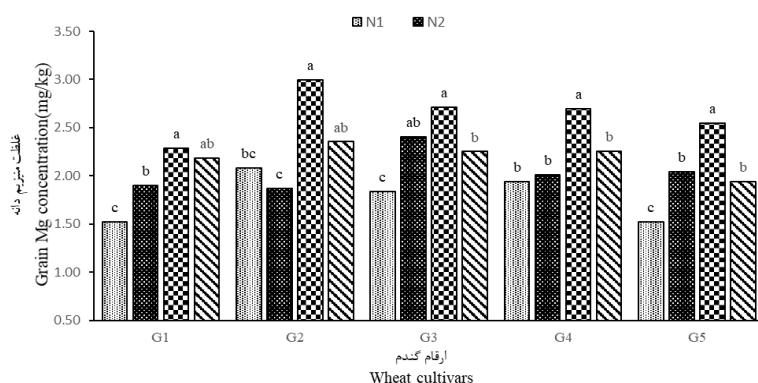
نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₃: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₄: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله

I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃: Irrigation withhold after flowering

Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

در تیمار کودی (N₂)، کمترین غلظت منیزیم دانه (۱/۸۷) میلی گرم بر کیلوگرم) را داشت، ولی در سایر ارقام، تیمار عدم تقسیط کود نیتروژن (N₁) کمترین مقدار منیزیم دانه را داشتند (شکل ۱۱).

در کلیه ارقام گندم، تیمار تقسیط کود نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه (N₃) بیشترین غلظت منیزیم دانه را داشتند. غلظت منیزیم دانه در ارقام گندم به غیر از رقم پیشگام، در تیمارهای کودی مشابه بود. رقم پیشگام



شکل ۱۱- میانگین غلظت منیزیم دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای نیتروژن و رقم

Fig. 11. Mean of grain Mg concentration of wheat cultivars in interaction effect of nitrogen×cultivar treatments

نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₃: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله

ارقام گندم G₁: زرین، G₂: پیشگام، G₃: اروم، G₄: زارع و G₅: میهن

Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

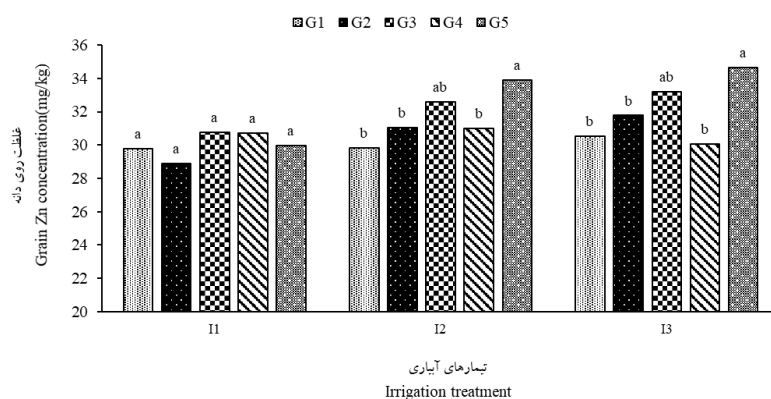
Wheat cultivars; G₁: Zarrin, G₂: Pishgam, G₃: Orum, G₄: Zareh and G₅: Mihan

افزایش یافت. بیشترین افزایش غلظت روی دانه با ۱۶ درصد در تیمارهای قطع آبیاری (۳۴/۶ میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به آبیاری کامل (۲۹/۹ میلی گرم بر کیلوگرم) در رقم میهن مشاهده شد (شکل ۱۲). روی در ترکیب و فعالیت آنزیم‌ها به خصوص در شرایط تنش مشارکت دارد، بنابراین افزایش غلظت روی دانه در شرایط تنش کمبود آب می‌تواند به همین دلیل باشد.

عنصر روی در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین مشارکت داشته و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتازها، الکل دهیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز و RNA و DNA پلیمراز را کاهش می‌دهد (Graham, 2004). حسین و همکاران (Hussein et al., 2013) در بررسی اثر تنش خشکی و مصرف کود سرک نیتروژن در جو گزارش دادند که کمبود آب در مرحله طویل شدن ساقه نسبت به آبیاری کامل باعث افزایش غلظت روی دانه تا ۱۹ درصد گردید.

برهمکنش تیمار آبیاری کامل با تیمار کودی N₃ در رقم پیشگام با ۴/۶۹ میلی گرم بر کیلوگرم، دارای بیشترین غلظت منیزیم دانه بوده و کمترین مقدار آن (۰/۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم) مربوط به رقم زرین در تیمار کودی N₁ و قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله (I₂) بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمار آبیاری کامل و تنش کمبود آب، غلظت منیزیم دانه، در کلیه ارقام گندم با تقسیط کود نیتروژن در تیمارهای N₃ و N₄ افزایش یافت. منیزیم به عنوان کوفاکتور یا فعال کننده آنزیم‌ها، متابولیسم گیاه را در شرایط تنش کنترل می‌نماید (Cakmak and Kirkby., 2008). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با تقسیط نیتروژن می‌توان تا حدودی جذب و افزایش غلظت منیزیم را در شرایط تنش کمبود آب بهبود داد.

نتایج نشان داد که غلظت روی دانه در ارقام گندم، به غیر از رقم زارع، با اعمال تیمارهای قطع آبیاری



شکل ۱۲- میانگین غلظت روی دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Fig. 12. Mean of grain Zn concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation x cultivar treatments

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی

ارقام گندم: G₁: زرین، G₂: پیشگام، G₃: اورم، G₄: زارع و G₅: میهن

I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃: Irrigation withhold after flowering

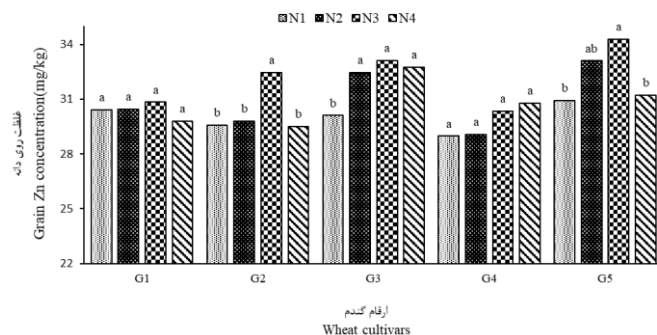
Wheat cultivars; G₁: Zarrin, G₂: Pishgam, G₃: Orum, G₄: Zareh and G₅: Mihan

نیتروژن N₁ کمترین مقدار غلظت روی دانه را داشت (شکل ۱۳). نتایج سایر تحقیقات نشان می‌دهد که نیتروژن از دو طریق بر قابلیت استفاده از روی اثر دارد؛ افزایش

بیشترین غلظت روی دانه در ارقام گندم در تیمار تقسیط کود نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه (N₃) مشاهده شد، با این حال در کلیه ارقام، تیمار تقسیط

اسیدی شدن محیط اطراف ریشه که باعث افزایش قابلیت استفاده روی می شود (Manasek et al., 2013).

تشکیل پروتئین ها و ایجاد کمپلکس روی- پروتئین که می تواند باعث نگهداری روی در ریشه ها شود و همچنین



شکل ۱۳- میانگین غلظت روی دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای نیتروژن و رقم

Fig. 13. Mean of grain Zn concentration of wheat cultivars in interaction effect of nitrogen x cultivar treatments

نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₃: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه، N₄: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله
ارقام گندم G₁: زرین، G₂: پیشگام، G₃: اروم، G₄: زارع و G₅: میهن
Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence
Wheat cultivars; G₁: Zarrin, G₂: Pishgam, G₃: Orum, G₄: Zareh and G₅: Mihan

(به ترتیب ۴۱/۶ و ۱/۸۷ میلی گرم بر کیلوگرم) داشت و افزایش دفعات تقسیط نیتروژن (تیمارهای کودی N₃ و N₄) (به ترتیب ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله طویل شدن ساقه و ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله) علاوه بر افزایش محتوای پروتئین دانه (۱۳/۴ درصد)، فسفر (۳/۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم)، آهن (۴۵/۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و منیزیم دانه (۳/۵۸ میلی گرم بر کیلوگرم) نیز افزایش یافتند. میزان افزایش پروتئین، فسفر، آهن و منیزیم دانه در ارقام حساس به تنش (زرین و اروم) در تیمار آبیاری کامل در تیمارهای کودی N₃ و N₄ نسبت به تیمار N₁ به ترتیب تا ۲۹، ۵۵، ۲۱ و ۶۷ درصد و در رقم متحمل به تنش کمبود آب میهن به ترتیب تا ۶، ۲۵، ۲۰ و ۲۵ درصد بود. به نظر می رسد که در ارقام گندم متحمل به تنش خشکی سیستم ریشه ای گسترده تر، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

نتایج نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین غلظت روی دانه در رقم اروم و در سال دوم در رقم میهن در تیمار آبیاری I₂ مشاهده شد. تفاوت بین کمترین و بیشترین غلظت روی دانه بین ارقام گندم در سال اول ۶۵ و در سال دوم ۴۷ درصد بود (جدول ۶). محققان تأثیر مثبت کلات روی بر افزایش مقاومت به تنش خشکی گندم را گزارش کرده اند (Dehghanian and. Madandoost, 2008).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق در مناطق سرد کشور با شرایط آب و هوایی مشابه محل اجرای آزمایش، در صورت فراهم بودن آب کافی تا انتهای دوره رویش، تقسیط دو مرحله ای کود نیتروژن (N₁) (۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه زنی) اثر کمتری بر افزایش میزان پروتئین دانه (۱۱/۸ درصد)، فسفر دانه (۲/۳۲ میلی گرم بر گرم) و آهن و منیزیم دانه

جدول ۵- میانگین غلظت عناصر غذایی دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای سال و آبیاری و رقم

Table 5. Mean of grain nutrient concentration of wheat cultivars in interaction effect of

year×irrigation×cultivar treatments						
سال	آبیاری	ارقام گندم	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	عملکرد دانه Grain yield
Year	Irrigation	Wheat cultivars	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)
۱۳۹۲-۹۳ 2013-2014	I ₁	Zarrin	3.85a	3.59b	29.2a	7418a
		Pishgham	3.65a	4.39a	23.2a	8201a
		Orum	3.68a	5.00a	27.3a	7715a
		Zareh	3.97a	3.68b	29.9a	7601a
		Mihan	1.14b	5.40a	26.5a	8533a
	I ₂	Zarrin	3.92d	3.12b	29.7b	3558b
		Pishgham	4.59b	3.63b	29.9b	5919a
		Orum	4.42b	3.77b	38.4a	3222b
		Zareh	4.16c	3.69b	30.4b	5635a
		Mihan	4.85a	5.42a	31.6ab	5904a
	I ₃	Zarrin	4.24a	3.92b	31.6a	6549a
		Pishgham	4.43a	3.93b	35.1a	6833a
		Orum	4.08b	4.03b	29.4a	6360a
		Zareh	4.36a	4.50ab	29.5a	6719a
		Mihan	4.35a	5.73a	34.7a	6878a
۱۳۹۳-۹۴ 2014-2015	I ₁	Zarrin	3.97b	4.76bc	26.5b	6258b
		Pishgham	3.76b	4.47c	26.3b	8444a
		Orum	3.79b	5.49ab	34.1a	5903b
		Zareh	4.09ab	4.21c	31.4a	6557b
		Mihan	4.27a	6.51a	29.4a	8925a
	I ₂	Zarrin	5.70d	4.16b	33.9a	5313c
		Pishgham	6.66b	4.34b	33.1a	7366a
		Orum	6.42b	4.28b	36.7a	6629b
		Zareh	6.04c	4.81ab	31.5a	7018b
		Mihan	7.04a	5.22a	38.7a	7799a
	I ₃	Zarrin	4.80ab	4.40b	34.4a	5628c
		Pishgham	5.02a	6.71a	32.3a	7609a
		Orum	4.62b	4.35b	36.9a	6465b
		Zareh	4.86a	5.04b	30.5a	7250ab
		Mihan	4.92a	5.93a	34.6a	7600a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's Test

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی

I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃= Irrigation withhold after flowering

جدول ۶- میانگین غلظت عناصر غذایی دانه ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن و رقم

Table 6. Mean of grain nutrient concentration of wheat cultivars in interaction effect of irrigation nitrogen cultivar treatments

آبیاری Irrigation	نیتروژن Nitrogen	ارقام گندم Wheat cultivars	فسفر P(mg.g ⁻¹)	آهن Fe (mg.kg ⁻¹)	منیزیم Mg(mg.kg ⁻¹)	محتوی پروتئین دانه Grain protein content (%)
I ₁	N1	Zarrin	3.16k	32.6f	1.56f	10.0k
	N1	Pishgham	3.16k	42.9a-f	1.77ef	11.1i
	N1	Orum	3.62ghi	37.5d-f	1.77ef	10.4j
	N1	Zareh	3.27jk	48.9b-c	2.18de	12.7ef
	N1	Mihan	3.93ef	45.9a-e	2.08def	14.7b
	N2	Zarrin	3.62ghi	43.5a-f	2.29cde	12.4f
	N2	Pishgham	3.51hij	42.7b-f	2.79bc	12.0g
	N2	Orum	3.39ihk	50.2ab	2.18de	11.8h
	N2	Zareh	3.74fgh	36.8ef	2.49bcd	13.1d
	N2	Mihan	3.85fg	49.8a-c	2.49bcd	15.3a
	N3	Zarrin	3.97ef	39.0c-f	2.29cde	12.9de
	N3	Pishgham	3.85fg	50.7ab	4.69a	12.9de
	N3	Orum	3.74 fgh	41.2b-f	2.60bcd	11.8h
	N3	Zareh	3.74 fgh	41.3b-f	4.93a	14.0c
	N3	Mihan	3.74fgh	48.1a-d	2.39cd	15.6a
	N4	Zarrin	4.90c	35.6ef	2.60bcd	12.3fg
	N4	Pishgham	4.32d	48.5a-d	2.49bcd	11.8h
	N4	Orum	4.20de	42.0b-f	3.01b	12.2g
	N4	Zareh	5.36b	39.8b-f	2.60bcd	13.1d
	N4	Mihan	5.83a	53.9a	2.39cd	15.6a
I ₂	N1	Zarrin	4.17i	41.6a-f	0.62i	14.9l
	N1	Pishgham	5.57de	36.3d-f	0.93ghi	16.1g
	N1	Orum	4.40hi	36.7c-f	1.14f-i	17.1efg
	N1	Zareh	4.29i	48.2ab	1.25e-h	16.2ij
	N1	Mihan	4.87fg	47.4a-c	0.73hi	20.1ab
	N2	Zarrin	5.33d	42.8a-f	1.35d-g	15.6k
	N2	Pishgham	4.98ef	37.6b-f	1.46c-g	16.5hi
	N2	Orum	4.64gh	35.8ef	1.56b-f	17.1efg
	N2	Zareh	4.29i	45.4a-e	1.66b-f	17.4e
	N2	Mihan	6.03b	47.1a-d	1.66b-f	19.8b
	N3	Zarrin	3.60j	32.4f	1.97abc	16.2ij
	N3	Pishgham	3.80j	43.7a-e	2.08ab	18.9c
	N3	Orum	6.61a	39.4a-f	2.29a	17.2ef
	N3	Zareh	6.14b	35.4ef	1.97abc	17.9d
	N3	Mihan	6.72a	47.1a-d	1.87a-d	20.4a
	N4	Zarrin	6.14b	35.3ef	1.66b-e	20.4a
	N4	Pishgham	6.14b	42.4a-f	1.87a-d	16.9fg
	N4	Orum	6.03b	40.3a-f	1.87a-d	16.8gh
	N4	Zareh	5.68c	36.5c-f	1.87a-d	17.9d
	N4	Mihan	6.14b	50.5a	1.77b-e	22.1ij
I ₃	N1	Zarrin	4.49cde	41.0b-h	2.29cde	13.2ghi
	N1	Pishgham	4.98a	43.6b-h	3.55b	12.9ij
	N1	Orum	4.52cde	36.6e-h	2.60cd	12.9ij
	N1	Zareh	4.40def	39.4c-h	2.39cde	12.9ij
	N1	Mihan	4.40def	47.9a-d	1.87ef	15.9c
	N2	Zarrin	4.40def	32.6h	2.08def	13.1hij
	N2	Pishgham	4.87ab	42.9b-h	1.87ef	13.1hij
	N2	Orum	4.17f	50.4a-c	4.38a	12.8j
	N2	Zareh	4.75abc	46.2a-f	1.87ef	14.1de
	N2	Mihan	4.75abc	46.7a-f	1.97ef	16.5b
	N3	Zarrin	4.52cde	37.2d-g	2.60cd	14.0e
	N3	Pishgham	4.40def	51.4ab	2.08def	14.4d
	N3	Orum	4.29ef	47.3a-e	3.84ab	13.1hij
	N3	Zareh	4.87ab	36.0fg	2.08def	13.2dhi
	N3	Mihan	4.52cde	56.7a	2.18c-f	16.2bc
	N4	Zarrin	4.75abc	34.4gh	2.29cde	13.2dhi
	N4	Pishgham	4.64bcd	42.6b-h	2.70c	13.4gh
	N4	Orum	4.40def	41.1b-h	1.87ef	13.5fg
	N4	Zareh	4.29ef	36.1f-h	2.29cde	13.8ef
	N4	Mihan	4.29ef	44.8b-g	1.66f	17.9a

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significant different at the 5% probability level, using Tukey's Test

I₁: آبیاری کامل، I₂: قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی
نیتروژن N₁: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی، N₂: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله و I₃: قطع آبیاری از مرحله گلدهی
کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله، N₄: ۲۰ کیلوگرم در زمان کاشت + ۵۰ کیلوگرم در مرحله پنجه‌زنی + ۵۰ کیلوگرم در مرحله ظهور سنبله
I₁: Full irrigation, I₂: Irrigation withhold after ear emergence, I₃= Irrigation withhold after flowering
Nitrogen N₁: 20 kg at planting+100kg at tillering, N₂:20 kg at planting+100 kg at stem elongation, N₃: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at stem elongation, N₄: 20 kg at planting+50 kg at tillering+50 kg at ear emergence

و کیفیت دانه داشت، بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط عدم اطمینان از فراهم بودن آب کافی برای آبیاری (بر اساس اطلاعات بارندگی منطقه و ذخایر آب موجود و آب‌های زیرزمینی) مصرف کود نیتروژن تا قبل از ظهور سنبه انجام شود. با توجه به اینکه تعداد دفعات کمتر تقسیط کود نیتروژن باعث کاهش کمیت و کیفیت دانه ارقام گندم شد، با مدیریت مناسب تقسیط کود نیتروژن در شرایط آبیاری کامل و کمبود آب و کاشت ارقامی مانند پیشگام و میهن، می‌توان عملکرد و کیفیت دانه گندم تولیدی را در مناطق سرد کشور افزایش داد.

بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه در جذب و انتقال مواد غذایی و انباشت آنها در دانه نسبت به ارقام حساس کارآمدتر است. در شرایط کمبود آب انتهای فصل رشد مصرف نیتروژن تا مرحله طویل شدن ساقه (تیمار کودی N_3) بیش‌ترین تاثیر را بر پروتئین (۱۸/۱ درصد)، فسفر (۵/۷۷ میلی گرم بر کیلوگرم)، آهن (۴۰/۴ میلی گرم بر کیلوگرم) و منیزیم دانه (۲/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم) داشته و همانند شرایط آبیاری کامل، تیمار کودی N_1 تاثیر کم‌تری بر کیفیت دانه داشت. در شرایط تنش شدید کمبود آب، تقسیط نیتروژن تا مرحله ظهور سنبه (تیمار کودی N_4) اثر کمتری بر افزایش محتوی عناصر غذایی

References

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A., H. Isvand and K. Postini. 2006. Intraction of drought stress and nitrogen application timing on yield and physiological traits in winter wheat. Iran. J. Field Crops Sci. 37: 113-123. (In Persian with English abstract).
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Rase and M. Smith. 1994. Crop evapotranspiration- Guidenlines computing crop water requirments- FAO. United Nations.
- Cakmak, I. 2006. Role of mineral nutrients in tolerance of crop plant to environmental stress factors. Sabanci University, Faculty of Engineering and Natural Science, Istanbul, Turkey.
- Cakmak, I. and E. Kirkby. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiol. Planta*. 133: 692-704.
- de Groot, C.C., L.F.M. Marcelis, R. van den Boogaard, W.M. Kaiser and H. Lambers. 2003. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. *Plant Soil*. 248: 257-268.
- Dehghanian, M. and M. Madandoost. 2008. Effect of zinc chelate on drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Water Soil Sci*. 12(45): 393-401.
- Efretuei, A., M. Gooding, E. White, J. Spink and R. Hackett. 2016. Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish J. Agric. Food Res*. 55(1): 63-73.
- Graham, A.W. 2004. Effects of zinc nutrition and high temperature on the growth, yield and grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D Thesis, The University of Adelaide, Waite Campus, South Australia.
- Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, New Dehli, India.
- Hussein, M.M., A. Safaa, A. mahmoud and A.S. Taalab. 2013. Yield and nutrient status of barley plant in response to foliar application of fertilizers under water deficit conditions. *J. Appl. Sci. Res*. 9(7): 4388-4396.

- Khamadi, F., M. Mesgarbashi, P. Hasibi, M. Farzaneh and N. Enayatzamir. 2015.** Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. *Agron. J.* (Pajouhesh & Sazandegi). 108: 158-166. (In Persian with English abstract).
- Kheirabi, J., A.R. Tavakkoli, M.R. Entesari and A.R. Salamat. 1996.** Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Press (In Persian).
- Malakouti, M.J., I. Kalantari, A. Malakouti. 2005.** The need for a new outlook to prevent cell hunger by enriching agricultural crops instead of supplying society's daily calories. Technical Bulletin No. 408. Soil and Water Research Institute. Sana Publication Co., Ministry of Jihad-e- Agriculture. (In Persian).
- Malakouti, M.J., P. Keshavar and N. Karimian. 2008.** A comprehensive approach towards identification of nutrients deficiencies and optimal fertilization for sustainable agriculture. Tarbiat Modares University Press. (In Persian).
- Manasek, J., T. Losak, K. Prokes, J. Hlusek, M. Vitezova, P. Skarpa and R. Filipcik. 2013.** Effect of nitrogen and potassium fertilization on micronutrient content in grain maize (*Zea mays* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 1: 123-128.
- Marschner, H. 1995.** The soil – root interface (rhizosphere) in relation to mineral nutrition. *In: Mineral Nutrient of Higher Plants*. Academic Press, London.
- Mousavi, S.K., M. Feizian and A. Ahmadi. 2012.** Influence of nitrogen fertilizer techniques on morphological traits and winter wheat production in dryland conditions of Lorestan province. *Iran. J. Field Crops Res.* 10(3): 532-545. (In Persian with English abstract).
- Norgolipour, F., Y.R. Baghere and M. Lotfolahi. 2008.** Effect of different sources of nitrogen fertilizer on yield and quality of wheat. *J. Res. Agric. Sci.* 2: 120-129.
- Praba, M. L., J. E. Carins, R. C. Babu and H. R. Lafitte. 2009.** Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. *Crop Sci.* 195: 30- 46.
- Rezaei, M., S. Zehtab-Salmasi, N. Najafi, K. Ghassemi-Golezani and M. Jalal Kamali. 2010.** Effects of water deficit on nutrient content and grain protein of bread wheat genotypes. *J. Food Agric. Environ.* 8(3): 132-136.
- Shahrasbi, S., Y. Emam, A. Ronaghi and H. Pirasteh-Anosheh. 2015.** Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. *Iran. J. Crop Sci.* 17(4): 349 -363. (In Persian with English abstract).
- Shi, R., Y. Zhang, X. Chen, Q. Sun, F. Zhang, V. Rcemheld and C. Zou. 2010.** Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci.* 51: 165-170.
- Tavakoli, A. 2012.** Correlation coefficient, path analysis and drought tolerance indices for wheat under deficit irrigation conditions and nitrogen levels. *Iran. J. Field Crops Res.* 10(2): 198-206. (In Persian with English

abstract).

Voltas, J., I. Romagosa and J.L. Araus. 1997. Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduction barley under Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 52: 117-126.

Walinga, I., W. Van Vark, V.J.G. Houba and J.J. Van der Lee. 1989. Plant analysis procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands.

Wang, Z., S. Li, C.L. Vera and S.C. Malhi. 2005. Effects of water deficit and supplemental irrigation on winter wheat growth, grain yield and quality, nutrient uptake and residual mineral nitrogen in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 1405-1419.

Effect of the timing of nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions

Rezaei Moradala, M.¹, A.R. Eivazi², S. Mohammadi³ and F. Ghani Shayesteh⁴

ABSTRACT

Rezaei Moradala, M., A.R. Eivazi, S. Mohammadi and F. Ghani Shayesteh. 2022. Effect of the timing of nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 23(4): 320-340. (In Persian).

To investigate the effect of the timing of nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of bread wheat cultivars under terminal drought stress conditions, two field experiments were conducted at Agricultural Research Station of Miandoab in West Azerbaijan, Iran, in 2013-2014 and 2014-2015 cropping seasons. Experimental treatments were arranged as split plot factorial in randomized complete block design with three replications. Irrigation levels I_1 = full irrigation, I_2 = irrigation withholding from heading, I_3 = irrigation withholding from anthesis stage) were assigned to main plots, 120 kg.ha⁻¹ nitrogen at four application times (N_1 =20 kg.ha⁻¹ at planting and 100 kg.ha⁻¹ at the tillerign stage, N_2 = 20 kg.ha⁻¹ at the planting and 100 kg.ha⁻¹ at stem elongation stage, N_3 = 20 kg.ha⁻¹ at the planting, 50 kg.ha⁻¹ at the tillering stage with 50 kg.ha⁻¹ at stem elongation stage, N_4 = 20 kg.ha⁻¹ at planting, 50 kg.ha⁻¹ at tillering stage with 50 kg.ha⁻¹ at heading stage) and five bread wheat cultivars (G_1 = Zarrin, G_2 = Pishgam, G_3 = Orum, G_4 = Zareh and G_5 = Mihaan) as factorial were randomized in subplots. Results showed that under terminal drought stress conditions (I_2), concentrations of N, P and Zn of grain increased by 23%, 37% and 18%, respectively, however severe water shortage also reduced the concentrations of potassium (11%) and magnesium (45%). The timing of N_3 and N_4 fertilizer application times increased N, P, Fe and Mg concentrations of grain, while in the N_1 fertilizer application time, only K concentration of grain increased. The highest amounts of N, P, Fe, Zn and Mg in severe water stress conditions (I_2) were observed in the N_3 fertilizer application time with drought tolerant cultivars cv. Mihaan and cv. Pishgam, however under full irrigation conditions the distribution of nitrogen at spike emergence stage (N_4) increased N, P and Mg contents of grain. The highest grain yield (7026 kg.ha⁻¹) obtained under N_3 nitrogen fertilizer application time. The results of this experiment showed that with integrating of appropriate timing of nitrogen fertilizer application under terminal drought stress conditions and planting of new improved cultivars such as cv. Pishgam and cv. Mihaan, bread wheat grain yield and its quality can be improved, in areas with similar environmental conditions.

Key words: Irrigation withholding, Nitrogen split application, Stem elongation, Tillering and Wheat

Received: February, 2021 Accepted: May, 2021

1. Associate Prof., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran (Corresponding author) (Email: Rezaei54@yahoo.com)

2. Assisatant Prof., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

3. Associate Prof., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

4. Researcher, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran