

## تأثیر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر عملکرد و خصوصیات کیفی دانه گندم

محمدصفر نوری<sup>۱\*</sup>، نثاراحمد طالبمن<sup>۲</sup>

۱. \*دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تخار، افغانستان

۲. دانشجوی دکتری، گروه پویایی محیط و مدیریت، دانشگاه هیروشیما، ژاپن

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۱

## چکیده

آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد ترکیبی کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی انجام گردید. در این آزمایش از ارقام مینامینوکوری و للمی-۲ استفاده شد. تیمارها شامل کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و اعمال تنش خشکی بود. ارقام مذکور بعد از مرحله گلدهی در معرض سه سطح تنش خشکی (آبیاری نرمال، تنش خفیف و شدید خشکی) قرار گرفتند. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش رشد، عملکرد، مقدار نشاسته و پنتوزان قابل حل در آب دانه گردید، درحالی که، میزان پروتئین خام و فیتات فسفر دانه را در هر دو رقم افزایش داد. بالاترین مقادیر عملکرد دانه و نشاسته دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مربوط به رقم للمی-۲ بود. درحالی که، رقم مینامینوکوری بیشترین مقدار پروتئین خام، پنتوزان کل، پنتوزان قابل حل در آب و فیتات فسفر دانه را به خود اختصاص داد. همچنین، نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد مقدار کافی کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم می تواند اثرات زیان بار تنش خشکی را کاهش دهد. علاوه بر آن، انتخاب ژنوتیپ های متحمل در برابر تنش خشکی مانند رقم للمی-۲ جهت به حداقل رساندن خسارت ناشی از تنش خشکی مفید می باشد.

کلیدواژگان: پروتئین، پنتوزان، عملکرد، فیتات، گندم

## مقدمه

تنش خشکی عامل محدودکننده‌ای است که بر عملکرد گندم تأثیر ناگوار می‌گذارد. تنش خشکی چندین فرآیند حیاتی مانند تعرق، انتقال، جذب مواد معدنی و متابولیسم مواد مغذی را در گیاهان متأثر ساخته و باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (Farooq *et al.*, 2009). اثرات ناگوار و محدودکننده‌ی تنش خشکی در دهه‌های آینده به دلیل تغییرات اقلیمی ممکن است افزایش یابد (World Bank, 2008; Lobell *et al.*, 2007). تحت شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب گیاه و شادابی برگ تا حد زیادی کاهش می‌یابد و در نتیجه گیاه نمی‌تواند فعالیت‌های عادی و طبیعی خود را به درستی انجام دهد (Zhu, 2002). تنش خشکی باعث کاهش رشد برگ (Galle *et al.*, 2010) و غلظت رنگدانه‌ها مخصوصاً کلروفیل (Brevedan and Egli, 2003) گردیده، و باز و بسته شدن روزنه‌های برگ (Liang *et al.*, 2002) را کاهش می‌دهد و به همین دلیل فعالیت فتوسنتز را متأثر ساخته و سبب سرعت بخشیدن به پیری برگ می‌شود (Yang and Zang, 2006) که در نهایت منجر به کاهش رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌گردد (Ercoli *et al.*, 2007). بقای گیاه یا مرگ آن تحت شرایط تنش، به شدت تنش، مدت‌زمان، دفعات مواجهه (تکرار)، مرحله رشد گیاه، اندام یا بافتی که در معرض تنش قرار می‌گیرد، و ژنوتیپ گیاهی بستگی دارد (Larkindale *et al.*, 2005; Farooq *et al.*, 2009). گیاه گندم به تنش خشکی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه بسیار حساس است (Yang and Zang, 2006).

کاربرد مقدار بیشتر کود نیتروژن باعث بهبود تحمل به خشکی می‌گردد (Halvorson and Reule, 1994). کاربرد کود نیتروژن با بهبود بخشیدن بهره‌وری مصرف آب، اثر نامطلوب تنش خشکی بر رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Saneoka *et al.*, 2004). مصرف کود نیتروژن همچنین سبب افزایش سطح برگ، افزایش مقدار کلروفیل و بهبود فتوسنتز گردیده و در نتیجه‌ی بهبود فتوسنتز، آسیب‌های ناشی از تنش خشکی کاهش می‌یابد (Wu *et al.*, 2008). کاربرد کود فسفر به طور مؤثر رشد گیاه تحت تنش خشکی را با افزایش رشد ریشه (Singh and Sale, 1998)، راندمان مصرف آب (Garg *et al.*, 2004; and Waraich *et al.*, 2011)، افزایش شاخص سطح برگ و فعالیت فتوسنتز (Singh *et al.*, 2006)، هدایت روزنه‌ای و فعالیت نیترات

ردوکتاز (Bruck *et al.*, 2000; Naeem and Khan, 2009)، افزایش ثبات غشای سلولی و روابط آبی (Sawwan *et al.*, 2014; Kang *et al.*, 2000) بهبود می‌بخشد. استفاده از سطح کافی کود پتاسیم باعث افزایش راندمان مصرف آب (Egilla *et al.*, 2005)، فعالیت فتوسنتزی، رشد و عملکرد گیاهان مختلف در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Tiwari *et al.*, 2001; Egilla *et al.*, 1998). پتاسیم با بهبود بخشیدن بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تنظیم فشار تورژانس و فتوسنتز، فعال‌سازی آنزیم‌ها و انتقال کاتیون‌ها سبب کاهش اثرات زیان‌بار تنش خشکی می‌گردد (Mengel and Kirkby, 2001). این عنصر نقش مهمی در شکل‌گیری توانایی تنظیم اسمزی، حتی در شرایط تنش دارد (Marschner, 2012).

اثرات مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت دانه گیاه در شرایط ایده‌آل (بدون تنش) تاکنون بررسی شده است. با این حال، در مورد اثر ترکیبی آن‌ها در بهبود عملکرد دانه، کیفیت تغذیه‌ای دانه، محتوای پنتوزان و محتوای فیتات گندم در شرایط تنش خشکی پژوهشی انجام نیافته است. بنابراین، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثرات کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی پرمصرف بر رشد، عملکرد، مقدار نشاسته، پروتئین خام، پنتوزان کل، پنتوزان محلول در آب و فیتات فسفر دانه گندم در شرایط تنش خشکی انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

## مواد گیاهی و شرایط رشد

این تحقیق به منظور ارزیابی کاربرد سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت دانه گندم در شرایط تنش خشکی (بعد از مرحله گل‌دهی) طراحی و انجام گردید. قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار بود. بذر گندم در گلخانه آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه هیروشیمای ژاپن در داخل گلدان کشت گردید. در این آزمایش دو رقم گندم، مینامینوکوری (رقم آبی) و للمی-۲ (رقم دیم) مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش در یک گلخانه پلاستیکی با نور آفتاب و درجه حرارت طبیعی انجام شد تا از شسته‌شدن عناصر مغذی خاک به وسیله باران جلوگیری به عمل آید. خاک ریگوزول (regosol) و ورمیکولایت در نسبت‌های ۲:۱ با هم مخلوط گردیده و ۱۰ کیلوگرم از آن در گلدان‌های با ظرفیت ۱۰ لیتر ریخته شد.

### رشد و عملکرد

تعداد پنجه‌ی بارور در هر بوته گندم قبل از برداشت شمارش گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، از هر تیمار ۵۰۰ دانه گندم شمارش شده و به‌طور دقیق وزن گردید و سپس رقم حاصل در عدد ۲ ضرب شد تا وزن هزار دانه به دست آید. برای تعیین عملکرد دانه، سنبله‌های رسیده جمع‌آوری گردیده و در دمای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. سپس سنبله‌ها کوبیده شده، دانه‌های آن جدا گردید و عملکرد دانه (گرم در بوته) یادداشت شد. شاخص برداشت نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$100 \times \text{وزن اندام‌های هوایی} / \text{عملکرد دانه} = \text{شاخص برداشت}$$

### تعیین مقدار نشاسته و پروتئین خام دانه

برای تعیین مقدار نشاسته دانه، اتانول ۸۰ درصد به نمونه‌ی آرد اضافه شده و محلول به‌دست‌آمده سنترفیوژ گردید (۳۰۰ دور در دقیقه)، سپس گلوکز حل‌شده در اتانول دور ریخته شد و نشاسته موجود در نمونه توسط اسید پرکلریک استحصال گردید. در ادامه، ماده‌ی انترون ( $C_{14}H_{10}O$ ) به لوله‌های آزمایش شیشه‌ای که دارای عصاره نمونه بودند اضافه گردید و در آب جوش (با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس) حرارت داده شد. سپس محتوای نشاسته در عصاره‌ی به‌دست‌آمده به‌وسیله‌ی اسپکتروفوتومتر در طول ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Nag, 2016). برای تعیین مقدار پروتئین خام دانه، ابتدا میزان نیتروژن کل دانه با استفاده از روش کجلدال (Jones, 1991) مشخص گردید. سپس مقدار پروتئین خام دانه از حاصل ضرب عدد ثابت ۵/۴۷ در مقدار نیتروژن کل که قبلاً توسط روش کجلدال (Fujihara et al., 2008).

### تعیین مقدار پنتوزان کل و پنتوزان قابل حل در آب

مقدار پنتوزان کل به روش اورسینول- اسیدکلریک (Orcinol-HCl) تعیین گردید. در این روش، نمونه‌های آردشده، با اسید کلریک ۲ نرمال به مدت ۲/۵ ساعت در داخل آب جوش قرار گرفته و سنتریفیوژ گردید. سپس مقدار مشخص محلول مذکور به لوله‌ی آزمایش شیشه‌ای جدید منتقل گردیده، معرف کلراید آهن و اورسینول به آن اضافه شده و مخلوط گردید. لوله‌های آزمایش مزبور به مدت

نتایج تجزیه خاک نشان داد که مخلوط خاک مذکور دارای ۰/۱۶ درصد نیتروژن، ۵/۷۴ میلی‌گرم فسفر و ۷۲/۵۸ میلی‌گرم پتاسیم در هر کیلوگرم خاک می‌باشد. برای تنظیم pH خاک به ۶/۵، مقدار ۶/۴ گرم کلسیم منیزیم کربنات به خاک هر گلدان اضافه شد. سطوح کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در این آزمایش شامل  $F_1$  (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + ۱۰۰ کیلوگرم اکسید فسفر ( $P_2O_5$ ) در هکتار + ۷۵ کیلوگرم اکسید پتاسیم ( $K_2O$ ) در هکتار)،  $F_2$  (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + ۱۲۰ کیلوگرم اکسید فسفر ( $P_2O_5$ ) در هکتار + ۱۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم ( $K_2O$ ) در هکتار) و  $F_3$  (۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + ۱۴۰ کیلوگرم اکسید فسفر ( $P_2O_5$ ) در هکتار + ۱۲۵ کیلوگرم اکسید پتاسیم ( $K_2O$ ) در هکتار) بودند. منابع نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب اوره، سوپرفسفات ساده (SSP) و سولفات پتاسیم بودند. میزان مصرف این کودها در هر گلدان به ترتیب  $F_1$  (۲ گرم اوره + ۳/۷ گرم سوپرفسفات ساده + ۰/۹۶ گرم سولفات پتاسیم)،  $F_2$  (۲/۸ گرم اوره + ۴/۵ گرم سوپرفسفات ساده + ۱/۲۸ گرم سولفات پتاسیم) و  $F_3$  (۳/۵ گرم اوره + ۵/۳ گرم سوپرفسفات ساده + ۱/۶ گرم سولفات پتاسیم) بود. تمامی پتاسیم و فسفر و نصف مقدار نیتروژن قبل از کشت با خاک مخلوط گردید و کود نیتروژن باقیمانده به دو قسمت مساوی تقسیم گردیده و در مراحل پنجه‌زنی و گلدهی به خاک گلدان‌ها اضافه شد.

بذر گندم در اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۶ کشت گردید و سپس گیاهچه‌های ده‌روزه آن به گلدان‌ها انتقال داده شد (در هر گلدان دو بوته کشت گردید). گیاهان به طور منظم قبل از این که در معرض تنش خشکی قرار گیرند، با آب معمولی آبیاری شدند. تیمار خشکی شامل آبیاری نرمال، تنش خشکی خفیف و تنش خشکی شدید بعد از مرحله گل‌دهی اعمال گردید و بدین منظور اندازه رطوبت خاک به ترتیب به ۲۰، ۱۰ و ۶ درصد برای شرایط آبیاری نرمال، تنش خشکی خفیف و تنش شدید خشکی تنظیم گردید. مقدار رطوبت خاک توسط دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتال (مدل TDR-341F) به‌طور منظم بررسی و کنترل می‌گردید. تنش خشکی به مدت ۴۰ روز و تا زمان رسیدگی دانه‌ها و آمادگی محصول برای برداشت، ادامه پیدا کرد. گیاه گندم در اواسط خرداد ماه ۱۳۹۷ برداشت شد و پارامترهای زیر در زمان برداشت و بعد از آن به ثبت رسیدند.

بارور در هر دو رقم، تحت شرایط تنش خفیف و شدید خشکی گردید. رقم للمی-۲ تعداد بیشتری از پنجه‌های بارور را در مقایسه با مینامینوکوری در شرایط نرمال و نیز تحت تنش خشکی تولید نمود.

وزن هزار دانه در بین دو رقم، تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و سطوح مختلف تنش خشکی تفاوت معنی‌داری داشت. رقم للمی-۲ بالاترین وزن هزار دانه را تحت تمام سطوح کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و شرایط تنش خشکی به خود اختصاص داد. کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم تا اندازه‌ای وزن هزار دانه را در رقم مینامینوکوری در حالت تنش خشکی افزایش داد، اما میانگین داده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای  $F_2$  و  $F_3$  در رقم للمی-۲ در شرایط آبیاری نرمال بود. کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم به طور قابل توجهی وزن هزار دانه را در رقم للمی-۲ در تمامی سطوح تنش خشکی افزایش داد. در مقایسه با  $F_1$ ، تیمار  $F_3$  وزن هزار دانه را در رقم للمی-۲ به میزان  $7/7$  و  $16/8$  درصد به ترتیب در شرایط تنش خفیف و تنش شدید افزایش داد. در رقم مینامینوکوری به علت بالابودن مقدار کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار  $F_3$  در مقایسه با تیمار  $F_1$ ، وزن هزار دانه به میزان  $9/1$  و  $4/8$  درصد به ترتیب تحت شرایط تنش خفیف و شدید افزایش یافت.

عملکرد دانه در هر دو رقم گندم به طور منفی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. رقم للمی-۲ در سطوح مختلف تنش نسبت به مینامینوکوری عملکرد دانه بیشتری داشت. کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را افزایش بخشید. تیمار  $F_3$  موجب افزایش عملکرد دانه در هر دو رقم تحت شرایط تنش خشکی گردید. مشاهده شد که تنش خفیف خشکی اثر کمتری بر عملکرد دانه در رقم للمی-۲ داشت. تیمار  $F_3$  بیشترین عملکرد دانه را در رقم للمی-۲ تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خفیف داشت. کمترین عملکرد دانه در رقم مینامینوکوری که مقدار کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم کمتری را در تیمار  $F_1$  دریافت نموده بودند مشاهده گردید. تیمار  $F_3$  عملکرد دانه را در رقم للمی-۲ به میزان  $38/2$  درصد تحت شرایط تنش خفیف و  $24$  درصد در شرایط خشکی شدید در مقایسه با تیمار  $F_1$  افزایش داد. با این حال، در رقم مینامینوکوری افزایش عملکرد دانه بر اثر افزایش مقدار کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار  $F_3$  در

۳۰ دقیقه در آب جوش (۱۰۰ درجه سلسیوس) حرارت داده شده و سپس سرد گردید و مجموع مقدار پنتوزان به‌وسیله اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. پنتوزان قابل‌حل در آب به‌وسیله‌ی هیدرولیز کردن نمونه‌های آردشده در آب مقطر و تکان دادن فلاسک‌های حاوی نمونه به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، استحصال گردید. سپس اسید کلریک ۴ نرمال به محلول نمونه اضافه شده و به مدت ۲ ساعت در آب جوش حرارت داده شده و سرد گردید. در ادامه، با اضافه نمودن معرف کلراید آهن-اورسینول مقدار پنتوزان قابل‌حل در آب به‌وسیله اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد (Hashimoto et al., 1986).

### تعیین مقدار فیتات فسفر دانه

فیتات فسفر دانه بر اساس روش پیشنهادشده توسط رابوی و دیکسن (Raboy and Dickinson, 1984) تعیین گردید. قسمتی از محلول آرد در هیدروژن کلراید (۰/۲ میلی‌مولار) و سدیم سولفیت (۱۰ درصد) تحت حرارت ۴ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس محلول به‌دست‌آمده سنتریفیوژن گردیده و فیتات به شکل رسوبات آهن‌دار استحصال شد و محتوای فیتات فسفر آن با استفاده از آمونیم مولیبدات اندازه‌گیری گردید.

### تجزیه آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه‌ی میانگین‌ها به‌وسیله‌ی آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

### نتایج و بحث

#### رشد گیاه و عملکرد دانه

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری تعداد پنجه‌ی بارور، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را در هر دو رقم مینامینوکوری و للمی-۲ کاهش داده است (جدول ۱). استفاده از سطح بالای کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار  $F_3$  منجر به تولید تعداد بیشتری از پنجه‌های بارور در هر دو رقم در شرایط آبیاری نرمال گردید، درحالی‌که تیمار  $F_1$  پایین‌ترین تعداد پنجه‌ی بارور را در رقم مینامینوکوری تحت شرایط تنش شدید خشکی داشت. تیمار  $F_3$  باعث افزایش تولید پنجه‌های

با این حال، پایین‌ترین شاخص برداشت در تمامی سطوح تنش خشکی مربوط به رقم مینامینوکوری بود. در مقایسه با  $F_1$ ، تیمار  $F_3$  شاخص برداشت را به میزان ۱۴/۹ درصد در شرایط تنش خشکی خفیف و ۸/۷ درصد در شرایط تنش شدید خشکی در رقم للمی-۲ افزایش داد. در رقم مینامینوکوری تیمار  $F_3$  در مقایسه با تیمار  $F_1$  شاخص برداشت را به میزان ۵/۲ و ۹/۲ درصد به ترتیب در شرایط تنش خفیف و شدید افزایش بخشید.

شرایط تنش خفیف و شدید در مقایسه با تیمار  $F_1$  به ترتیب ۲۹/۹ و ۳۵/۰ درصد بود. شاخص برداشت در رقم مینامینوکوری به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت، اما در رقم للمی-۲ شاخص برداشت بالاتر در شرایط تنش خفیف مشاهده شد. تیمار  $F_3$  باعث افزایش شاخص برداشت در هر دو رقم گردید. بالاترین شاخص برداشت در رقم للمی-۲ در شرایط تنش خفیف خشکی در گیاهانی مشاهده شد که تیمار  $F_3$  را دریافت نموده بودند.

جدول ۱- تأثیر کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر تعداد پنجه‌های بارور، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم تحت شرایط تنش خشکی

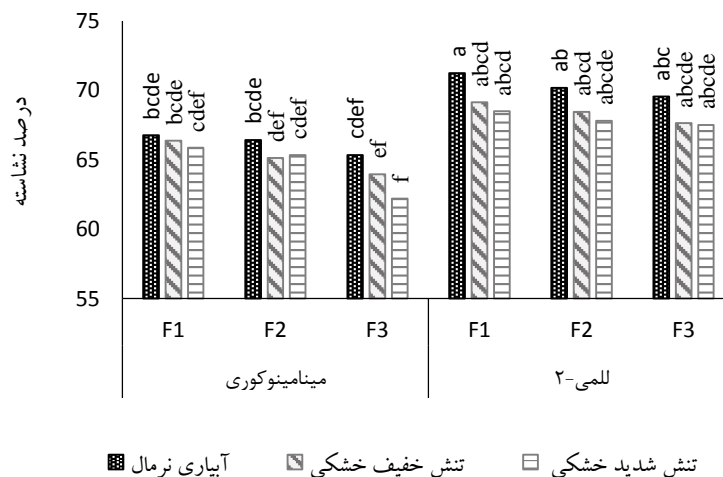
ارقام	سطح تنش خشکی	تیمار کود	تعداد پنجه بارور در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در بوته)	شاخص برداشت
مینامینوکوری	آبیاری نرمال	$F_1$	۱۹/۵۰ <sup>fg</sup>	۳۹/۷۹ <sup>f</sup>	۳۳/۷۹ <sup>gh</sup>	۳۸/۲۰ <sup>f</sup>
		$F_2$	۲۲/۷۵ <sup>abcde</sup>	۳۹/۸۹ <sup>f</sup>	۴۲/۳۴ <sup>e</sup>	۴۰/۴۶ <sup>def</sup>
		$F_3$	۲۵/۲۵ <sup>ab</sup>	۴۴/۴۰ <sup>f</sup>	۴۷/۱۱ <sup>d</sup>	۴۱/۳۰ <sup>cde</sup>
مینامینوکوری	تنش خفیف	$F_1$	۱۹/۷۵ <sup>efg</sup>	۳۶/۴۵ <sup>f</sup>	۳۱/۶۱ <sup>hi</sup>	۳۹/۰۳ <sup>ef</sup>
		$F_2$	۲۳/۵۰ <sup>abcd</sup>	۳۷/۴۱ <sup>f</sup>	۴۰/۶۳ <sup>ef</sup>	۴۰/۳۶ <sup>def</sup>
		$F_3$	۲۵/۲۵ <sup>ab</sup>	۳۹/۷۸ <sup>f</sup>	۴۱/۰۵ <sup>ef</sup>	۴۱/۰۵ <sup>cde</sup>
مینامینوکوری	تنش شدید	$F_1$	۱۸/۰۰ <sup>g</sup>	۳۶/۶۱ <sup>f</sup>	۲۷/۵۲ <sup>i</sup>	۳۸/۳۳ <sup>f</sup>
		$F_2$	۲۰/۷۵ <sup>defg</sup>	۳۷/۰۹ <sup>f</sup>	۳۱/۹۹ <sup>hi</sup>	۴۰/۴۵ <sup>def</sup>
		$F_3$	۲۲/۵۰ <sup>bcdef</sup>	۳۸/۳۵ <sup>f</sup>	۳۶/۹۷ <sup>fg</sup>	۴۱/۸۶ <sup>cd</sup>
المی-۲	آبیاری نرمال	$F_1$	۲۱/۲۵ <sup>cdef</sup>	۵۵/۴۰ <sup>abc</sup>	۵۰/۱۶ <sup>d</sup>	۳۹/۷۸ <sup>def</sup>
		$F_2$	۲۴/۰۰ <sup>abc</sup>	۵۶/۹۶ <sup>a</sup>	۶۳/۰۴ <sup>b</sup>	۴۲/۰۱ <sup>cd</sup>
		$F_3$	۲۴/۷۵ <sup>ab</sup>	۵۷/۷۹ <sup>a</sup>	۶۹/۶۸ <sup>a</sup>	۴۴/۴۹ <sup>b</sup>
المی-۲	تنش خفیف	$F_1$	۲۰/۷۵ <sup>defg</sup>	۵۲/۰۹ <sup>cd</sup>	۵۰/۳۳ <sup>d</sup>	۴۱/۰۴ <sup>cde</sup>
		$F_2$	۲۳/۰۰ <sup>abcd</sup>	۵۲/۵۳ <sup>bcd</sup>	۵۷/۴۶ <sup>c</sup>	۴۳/۵۳ <sup>bc</sup>
		$F_3$	۲۵/۷۵ <sup>a</sup>	۵۶/۱۱ <sup>ab</sup>	۶۹/۵۵ <sup>a</sup>	۴۷/۱۷ <sup>a</sup>
المی-۲	تنش شدید	$F_1$	۲۰/۷۵ <sup>defg</sup>	۴۷/۵۰ <sup>e</sup>	۴۸/۴۵ <sup>d</sup>	۴۱/۶۴ <sup>cde</sup>
		$F_2$	۲۲/۵۰ <sup>bcdef</sup>	۵۰/۲۱ <sup>de</sup>	۵۶/۴۲ <sup>c</sup>	۴۵/۱۶ <sup>ab</sup>
		$F_3$	۲۳/۷۵ <sup>abcd</sup>	۵۵/۵۰ <sup>abc</sup>	۶۰/۰۷ <sup>bc</sup>	۴۵/۲۷ <sup>ab</sup>

میانگین‌های با حروف مختلف دارای تفاوت معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) می‌باشند.

### مقدار نشاسته

مقدار نشاسته دانه تحت تأثیر تنش خشکی کاهش پیدا کرد (شکل ۱). بیشترین مقدار نشاسته دانه در شرایط آبیاری نرمال و در رقم للمی-۲ و کمترین آن در شرایط تنش خشکی شدید و در رقم مینامینوکوری مشاهده شد. مقدار نشاسته دانه با افزایش در سطح کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش یافت. در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال، تنش خفیف و شدید خشکی مقدار نشاسته دانه را در رقم مینامینوکوری به ترتیب ۱/۵ و ۲/۶ درصد، و در رقم للمی-۲ به ترتیب ۲/۷ و ۳/۴ درصد کاهش داد. کاهش مقدار نشاسته دانه به علت تأثیر نامطلوب تنش خشکی بود که سبب کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه شده و بنابراین تشکیل شکر و تجمع نشاسته را کاهش داد. تنش خشکی در هنگام تولید گل و پر شدن دانه مقدار نشاسته گندم را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (Saeedipour, 2011). در آزمایش حاضر، رقم للمی-۲ مقدار نشاسته بیشتر و پروتئین خام کمتری نسبت به مینامینوکوری داشت، چنان‌که کیندرید و همکاران (Kindred et al., 2008) نیز یک رابطه منفی بین پروتئین خام و مقدار نشاسته دانه را مشاهده نمودند و دریافتند که کاربرد کود نیتروژن باعث کاهش مقدار نشاسته در دانه گندم می‌شود. هلیسنیکوفسکی و کنزووا (Hlisenikovsky and Kunzova, 2014) نیز بیشترین مقدار نشاسته را در گیاهانی مشاهده نمودند که کود شیمیایی دریافت نکرده بودند.

به نظر می‌رسد که افزایش مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث بهبود کارایی فتوسنتزی به‌واسطه‌ی افزایش جذب آب و مواد غذایی از خاک شده است، بنابراین ماده خشک بیشتری در گیاه تولید شده و سبب افزایش در تعداد پنجه‌ی بارور، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت شرایط آبیاری نرمال و همچنین تنش خشکی شده است. رقم للمی-۲ واکنش بیشتری به کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم نشان داد و در نتیجه تعداد سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت آن هم در شرایط آبیاری نرمال و هم در شرایط تنش خشکی افزایش نشان داد. این نتیجه می‌تواند به پتانسیل ژنتیکی رقم للمی-۲ در مقایسه با مینامینوکوری مرتبط باشد. آتی و همکاران (Ati et al., 2016) چنین بیان داشتند که استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش تعداد سنبله و عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی می‌شود. اکرم و همکاران (Akram et al., 2014) دریافتند که استفاده از سطوح بالاتر کود نیتروژن راندمان مصرف آب را بهبود بخشیده و گیاه را قادر می‌سازد تا شرایط نامساعد را بهتر تحمل نموده و عملکرد بیشتری را حتی در شرایط تنش خشکی داشته باشد. افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم در اثر کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم تحت شرایط آبیاری نرمال به‌وسیله بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (Hussain et al., 2002; Laghari et al., 2010; Abdel-Aziz et al., 2016); با این حال، یافته‌های کمی در مورد تأثیر کاربرد ترکیبی کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر رشد و عملکرد دانه‌ی گندم تحت شرایط تنش خشکی در دسترس است.

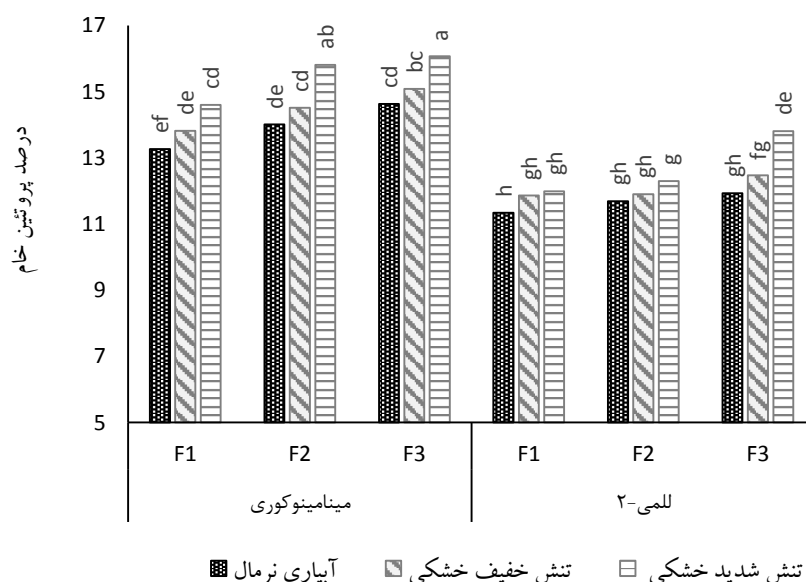


شکل ۱- اثر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر درصد نشاسته دانه

## میزان پروتئین خام دانه

مقدار پروتئین خام دانه تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در شرایط تنش شدید مشاهده شد. رقم مینامینوکوری، بدون در نظر گرفتن کاربرد سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نسبت به رقم للمی-۲ مقدار پروتئین خام بیشتری داشت (شکل ۲). کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم به طور معنی داری مقدار پروتئین خام را در هر دو رقم افزایش داد و تیمار F<sub>3</sub> بالاترین مقدار پروتئین خام را در رقم مینامینوکوری تحت شرایط تنش شدید خشکی نشان داد. با این حال، کمترین مقدار پروتئین خام مربوط به رقم للمی-۲ تحت شرایط آبیاری نرمال با پایین ترین مقدار مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار F<sub>1</sub> بود. در مقایسه با تیمار F<sub>1</sub>، تیمار F<sub>3</sub> پروتئین خام دانه را در رقم مینامینوکوری به ترتیب ۹/۱ و ۱۰/۱ درصد در شرایط تنش خفیف و تنش شدید افزایش بخشید. در رقم للمی-۲ نیز افزایش سطوح کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار F<sub>3</sub> سبب گردید تا پروتئین خام دانه به میزان ۴/۸ درصد در شرایط تنش خفیف و ۱۵/۲ درصد در

شرایط تنش شدید خشکی افزایش یابد. در شرایط آبیاری نرمال، مقدار پروتئین دانه ممکن است توسط رقیق شدن نیتروژن با کربوهیدرات ها کاهش یابد (Guttieri et al., 2005). سینگ و همکاران (Singh et al., 2012) نیز افزایش قابل ملاحظه ای را در مقدار پروتئین گندم تحت شرایط کشت دیم (رقم للمی-۲) مشاهده کردند. کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم تولید پروتئین خام را در دانه گندم افزایش می دهد (Crista, 2012). در این مطالعه، تیمار F<sub>3</sub> که بیشترین مقدار کودهای نیتروژن و پتاسیم را دارا بود منجر به افزایش مقدار پروتئین خام گردید. بسیاری از پژوهشگران دریافته اند که مقدار مناسب کود پتاسیم جذب نیتروژن و تولید پروتئین را در گیاهان افزایش می بخشد (Alam et al., 2009; Lakudzala, 2013; Daniel et al., 2016). مقدار پروتئین خام دانه در رقم للمی-۲ نسبت به رقم مینامینوکوری کمتر بود که علت آن ممکن است ظرفیت بالای عملکرد دانه در رقم للمی-۲ و تفاوت های ژنتیکی در جذب نیتروژن و سنتز پروتئین باشد.

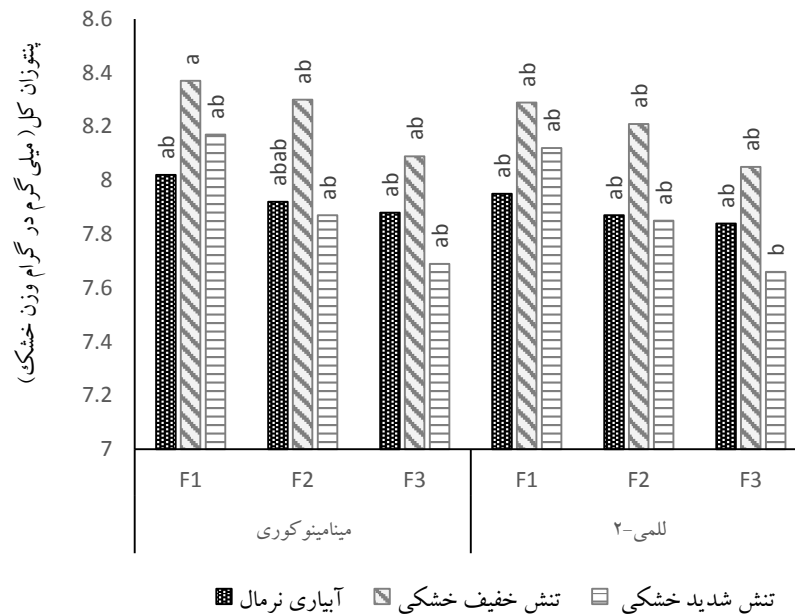


شکل ۲- اثر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر درصد پروتئین خام دانه

## مقدار پنتوزان کل و پنتوزان قابل حل در آب

مقدار پنتوزان کل دانه در شرایط تنش خفیف در هر دو رقم للمی-۲ و مینامینوکوری بیشتر بود. افزایش سطح کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار F<sub>3</sub> باعث کاهش مقدار پنتوزان کل شد، در حالی که مقدار کمتر نیتروژن، فسفر و

پتاسیم در تیمار F<sub>1</sub> تحت شرایط تنش خفیف، بیشترین مقدار پنتوزان کل دانه را در رقم مینامینوکوری نشان داد. کمترین مقدار پنتوزان کل در رقم للمی-۲ تحت شرایط تنش شدید خشکی در گیاهانی مشاهده شد که در آنها سطوح بالاتری از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به کار رفته بود (F<sub>3</sub>) (شکل ۳).



شکل ۳- اثر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر مقدار پنتوزان کل دانه

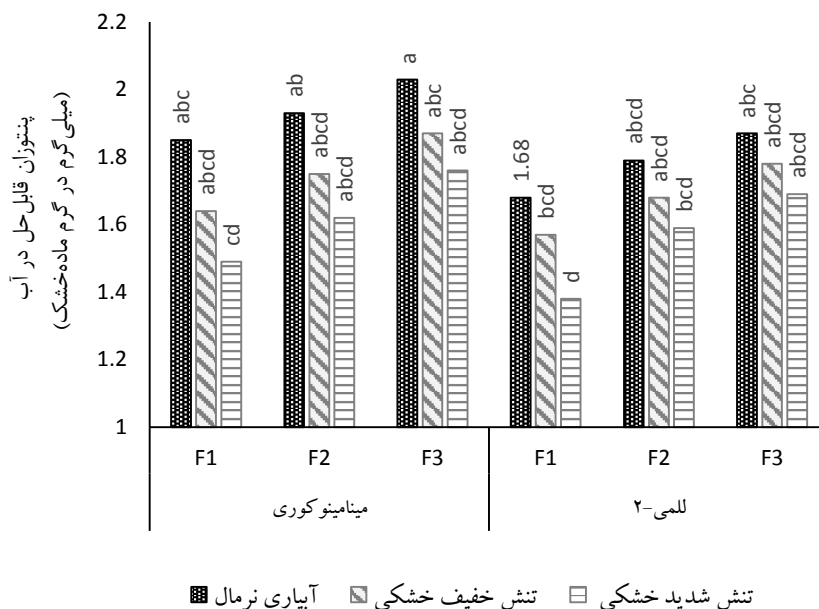
مقدار پنتوزان قابل حل در آب در دانه‌ی گندم تحت تأثیر شرایط تنش خشکی قرار گرفته و کاهش پیدا کرد. برخلاف پنتوزان کل، مقدار پنتوزان قابل حل در آب تحت شرایط آبیاری نرمال بیشتر بود. تیمار F<sub>3</sub> باعث شد که بیشترین مقدار پنتوزان قابل حل در آب تحت شرایط آبیاری نرمال در دانه‌های رقم مینامینوکوری ذخیره گردد. کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش مقدار پنتوزان قابل حل در آب گردید و تیمار F<sub>3</sub> سبب افزایش میزان پنتوزان قابل حل در آب در هر دو رقم تحت شرایط تنش گردید (شکل ۴). رقم مینامینوکوری مقدار بیشتری از پنتوزان قابل حل در آب را تحت شرایط آبیاری نرمال و همچنین تنش خشکی داشت. در مقایسه با F<sub>1</sub>، تیمار F<sub>3</sub>

مقدار پنتوزان قابل حل در آب را به میزان ۹/۷، ۱۴/۰ و ۸/۷ درصد به ترتیب در شرایط آبیاری نرمال، تنش خفیف و شدید خشکی افزایش داد. این افزایش برای رقم للمی-۲ به ترتیب ۱۱/۳، ۱۳/۴ و ۲۲/۵ درصد بود. چنین پنداشته می‌شود که در شرایط تنش خشکی، گیاهان دانه‌ی کمتری تولید می‌نمایند و در نتیجه مقدار بیشتری از این پلی‌ساکارید غیرنشاسته‌ای در دانه‌ی گندم ذخیره می‌شود. تأثیر کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم روی پنتوزان کل و پنتوزان قابل حل در آب دانه تحت شرایط تنش خشکی در گندم، توسط پژوهشگران قبلی به اندازه‌ی کافی گزارش نشده است. نتیجه‌ی این آزمایش نشان داد که مقدار پنتوزان قابل حل در آب تحت شرایط تنش خشکی کاهش



منفی داشته در حالی که پنتوزان قابل حل در آب تأثیر مثبتی روی کیفیت پخت نان گندم دارد (Courtin and Delcour, 2002).

یافته و کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم مقدار پنتوزان قابل حل در آب را در شرایط آبیاری نرمال و نیز تحت شرایط تنش خشکی تا اندازه‌ای افزایش می‌بخشد. پنتوزان غیرقابل حل در آب روی کیفیت پخت نان تأثیر



شکل ۴- اثر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر مقدار پنتوزان قابل حل در آب دانه

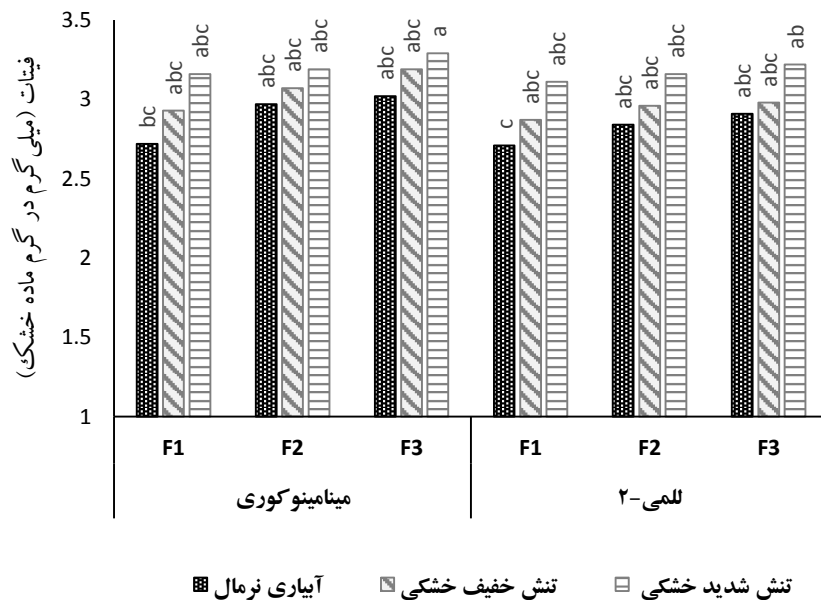
و ۳/۵ درصد بود. در مقایسه با آبیاری نرمال، تنش شدید خشکی مقدار فیتات فسفر را به میزان ۱۰/۷ درصد در رقم مینامینوکوری و ۱۱/۳ درصد در رقم للمی-۲ افزایش بخشید. فیتات به عنوان محل ذخیره فسفر در دانه عمل می‌کند، اما این ترکیب می‌تواند سبب ایجاد مشکل تغذیه‌ای برای گیاه شود، زیرا با پروتئین‌ها و بعضی از عناصر مهم مغذی مانند آهن و روی ترکیب می‌شود و جذب و در دسترس بودن آن‌ها را کاهش می‌دهد (Rosa, 1999; Raboy, 2001). در این مطالعه، مقدار فیتات فسفر با افزایش درجه‌ی تنش خشکی و افزایش مقدار کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، افزایش یافت. تأثیر کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم روی مقدار فیتات فسفر دانه‌ی گندم تحت شرایط تنش خشکی تاکنون توسط سایر پژوهشگران گزارش نشده است. فیتات شکل اصلی ذخیره‌سازی عنصر فسفر در غلات است، بنابراین مقدار این ترکیب بیشتر به مقدار فسفر کل دانه بستگی دارد. کاربرد

### مقدار فیتات فسفر دانه

تنش خشکی به طور معنی‌داری مقدار فیتات فسفر دانه را ازدیاد بخشید و بیشترین مقدار فیتات فسفر در شرایط تنش شدید خشکی مشاهده شد. کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم تجمع فیتات فسفر دانه را در هر دو رقم للمی-۲ و مینامینوکوری تحت شرایط آبیاری نرمال و همچنین تنش خشکی افزایش داد. تحت شرایط تنش شدید خشکی، مقدار فیتات فسفر در رقم مینامینوکوری در مقایسه با رقم للمی-۲ بیشتر بود. تیمار F<sub>3</sub> بیشترین مقدار فیتات را در رقم مینامینوکوری در شرایط تنش شدید خشکی نشان داد. با این حال، تیمار F<sub>1</sub> منجر به کاهش تجمع فیتات در هر دو رقم، تحت شرایط آبیاری نرمال گردید (شکل ۵). تیمار F<sub>3</sub> در مقایسه با تیمار F<sub>1</sub> مقدار فیتات فسفر دانه را در رقم مینامینوکوری به ترتیب ۱۱/۰، ۸/۹ و ۴/۱ درصد در شرایط آبیاری نرمال، تنش خشکی خفیف و شدید افزایش داد، در حالی که این افزایش برای رقم للمی-۲ به میزان ۳/۴، ۳/۸

دانه‌های گیاهان تحت تیمار F<sub>3</sub> ممکن است به وجود مقدار زیاد کود فسفر در ترکیب این تیمار مرتبط باشد.

کود فسفر به مقدار زیاد ممکن است منجر به تجمع مقدار بیشتر فیتات در دانه گردد ( Raboy and Dickinson, 1984). علت تولید بیشتر فیتات فسفر و تجمع آن در



شکل ۵- اثر تنش خشکی و کودهای شیمیایی بر مقدار فیتات فسفر دانه

### سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تخار و وزارت محترم تحصیلات عالی افغانستان که بودجه این تحقیق را با همکاری JICA تأمین نمودند تشکر به عمل می‌آید.

### نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تغییرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد دانه در رقم للمی-۲ نسبت به مینامینوکوری کمتر بود. رقم للمی-۲ در تمامی شرایط تنش، عملکرد بالا و میزان نشاسته بیشتر را حفظ کرد. در حالی که، مینامینوکوری، مقدار بیشتر پروتئین خام، پنتوزان کل، پنتوزان قابل حل در آب و فیتات فسفر را به خود اختصاص داد.

با توجه به یافته‌های این پژوهش، کاربرد میزان کافی و مناسب کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط تنش خشکی به عنوان یک رویکرد مؤثر پنداشته می‌شود که می‌تواند با بهبود بخشیدن عملکرد و کیفیت تغذیه‌ای دانه اثرات زیان‌بار تنش خشکی را کاهش دهد. علاوه بر این، استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند کاهش عملکرد را در شرایط تنش خشکی به حداقل برساند.

## منابع

- Abdel-Aziz, H.M.M., Mohammed, N.A.H. and Aya, M.O. 2016. Nano chitosan-NPK fertilizer enhances the growth and productivity of wheat plants grown in sandy soil. Spanish Journal of Agricultural Research. doi: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016141-8205>.
- Akram, M., Iqbal, R.M. and Jamil, M. 2014. The response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to integrating effects of drought stress and nitrogen management. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 20: 275-286.
- Alam, M.R., Akkas Ali, M., Molla, M.S.H., Momin, M.A. and Mannan, M.A. 2009. Evaluation of different levels of potassium on yield and protein content of wheat in the high Ganges river floodplain soil. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 34: 97-104.
- Ati, A.S., Abdulkareem, H. and Muneer, M. 2016. Effect of water stress and NPK fertilization on growth, yield of wheat and water use efficiency. IOSR-Journal of Agriculture and Veterinary Science, 9: 21-26.
- Brevedan, R.E. and Egli, D.B. 2003. Short Periods of Water Stress during Seed Filling, Leaf Senescence, and Yield of Soybean. Crop Science, 43: 2083-2088.
- Bruck, H., Payne, W.A. and Sattelmacher, B. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpirational water-use efficiency, and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Science, 40: 120-125.
- Courtin, C.M., and Delcour, J.A. 2002. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. Journal of Cereal Science, 35: 225-243.
- Crista, F., Radulovi, I., Sala, F., Crista, L. and Berbecea, A. 2012. Influence of NPK fertilizer upon winter wheat grain quality. Research Journal of Agricultural Science, 44: 30-35.
- Daniel, E.K., Rose, J.C. and John, L.A. 2016. Potassium for crop production. University of Minnesota Extension. From: <https://extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/potassium/potassium-for-crop-production/> (Accessed July, 2017).
- Egilla, J.N., Davies, F.T. and Boutton, T.W. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa sinensis* at three potassium concentrations. Photosynthetica, 43:135-140.
- Egilla, J.N., Davies, F.T. and Drew, M.C. 2001. Effect of potassium on drought resistance of *Hibiscus rosa sinensis* cv. Leprechaun: Plant growth, leaf macro and micronutrient content and root longevity. Plant Soil, 229: 213-224.
- Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A. and Arduini, I. 2007. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agronomy, 28: 138-147.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, A.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.
- Galle, A., Florez-Sarasa, I., Thameur, A., Paepe, R., Flexas, J. and Ribas-Carbo, M. 2010. Effects of drought stress and subsequent rewatering on photosynthetic and respiratory pathways in *Nicotiana sylvestris* wild type and the mitochondrial complex I-deficient CMSII mutant. Journal of Experimental Botany, 61: 765-775.
- Garg, B.K., Burman, U. and Kathju, S. 2004. The influence of phosphorus nutrition on the physiological response of mothbean genotypes to drought. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 167: 503-508.
- Guttieri, M.J., McLean, R., Stark, J.C. and Souza, E. 2005. Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheats for optimum bread and noodle quality. Crop Science, 45: 2049-2059.
- Halvorson, A.D. and Reule, C.A. 1994. Nitrogen fertilizer requirements in an annual dry land cropping system. Agronomy Journal, 86: 315-318.
- Hlisnikovsky, L. and Kunzova, E. 2014. Effect of Mineral and Organic Fertilizers on Yield and Technological Parameters of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) on Illimerized Luvisol. Polish Journal of Agronomy, 17: 18-24.
- Hussain, M.I., Shamshad, H.S., Sajad, H. and Iqbal, K. 2002. Growth, yield and quality response of three wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to different levels of N, P and K. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 361-364.

- Kang, L., Shan-chao, Y. and Shi-quiring, L. 2014. Effects of phosphorus application in different soil layers on root growth, yield, and water-use efficiency of winter wheat grown under semi-arid conditions. *Journal of Integrative Agriculture*, 13: 2028-2039.
- Kindred, D.R., Tamara, M.O.V., Richard, M., Weightman, J., Swanston, S., Agu, R.C., James, B.M. and Sylvester-Bradley, R. 2008. Effects of variety and fertilizer nitrogen on alcohol yield, grain yield, starch and protein content, and protein composition of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 48: 46-57.
- Laghari, G.M., Oad, F.C., Tunio, S.D., Gandahi, A.W, Siddiqui, M.H., Jagirani, A.W. and Oad, S.M. 2010. Growth yield and nutrient uptake of various wheat cultivars under different fertilizer regimes. *Sarhad Journal of Agriculture*, 26: 489-497.
- Lakudzala, D. 2013. Potassium response in some Malawi soils. *ILCPA*, 8: 175-181.
- Larkindale, J., Mishkind, M. and Vierling, E. 2005. Plant responses to high temperature. In: *Plant Abiotic Stress* (Pp. 100-144). Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Liang, F.Z., Shao, M. and Zhang, J. 2002. The relations of stomatal conductance, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat (*Triticum aestivum*). *Botanical Bulletin of Academic Singapore*, 43: 187-192.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R.L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Nature*, 319: 607-610.
- Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3<sup>rd</sup> edition, Academic Press; London, UK, pp. 178-189.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*, 5<sup>th</sup> edition, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands, 864 P.
- Naeem, M. and Khan, M.A. 2009. Phosphorus ameliorates crop productivity, photosynthesis, nitrate reductase activity and nutrient accumulation in *Senna sophora* (*Senna occidentalis* L.) under phosphorus deficient soil. *Journal of Plant Interactions*, 4: 145-153.
- Raboy, V. and Dickinson, B.D. 1984. Effect of phosphorus and zinc nutrition on soybean seed phytic acid and zinc. *Plant Physiology*, 75:1094-1098.
- Raboy, V. 2001. Seeds for a better future: 'Low phytate' grains help to overcome malnutrition and reduce pollution. *Trends in Plant Science*, 6: 458-462.
- Rosa, M., Estepa, G., Hernandez, E.G. and Villanova, B.G. 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International*, 32: 217-221.
- Saeedipour, S. 2011. Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: impact of invertase activity on carbon metabolism during kernel development. *Journal of Agricultural Science*, 3: 32-44.
- Saneoka, H., Moghaieb, R.E., Premachandra, G.S., Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. *Environment Experimental Botany*, 52: 131-138.
- Sawwan, J., Shibi, R.A., Swaidat, I. and Tahat, M. 2000. Phosphorus regulates osmotic potential and growth of African violet under in vitro induced water deficit. *Journal of Plant Nutrition*, 23: 759-771.
- Singh, D.K. and Sale, P.W.G. 1998. Phosphorus supply and the growth of frequently defoliated white clover (*Trifolium repens* L.) in dry soil. *Plant Soil*, 205: 155-168.
- Singh, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2012. Influence of drought and sowing time on protein composition, anti-nutrients, and mineral contents of wheat. *Scientific World Journal*, doi:10.1100/2012/485751/ (Accessed June, 2017).
- Singh, V., Pallaghy, C.K. and Singh, D. 2006. Nutrition and tolerance of cotton to water stress I. Seed cotton yield and leaf morphology. *Field Crop Research*, 96: 191-198.
- Tiwari, H.S., Agarwal, R.M. and Bhatt, R.K. 1998. Photosynthesis, stomatal resistance and related characters as influenced by potassium under normal water supply and water stress conditions in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal Plant Physiology*, 3: 314-316.
- Waraich, E.A., Ahmad, R., Ashraf, M.Y.S. and Ahmad, M. 2011. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B- Plant Soil Science*, 61(4): 291-304.
- World Bank. 2007. *Agriculture for Development*. 2008 World Development Report.

Yang, J. and Zang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytology*, 169: 223-236.

Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Reviews on Plant Biology*, 53: 247-273.

## Effect of drought stress and chemical fertilizers on wheat productivity and grain quality

Mohammad Safar Noori\*<sup>1</sup>, Nesar Ahmad Taliman<sup>2</sup>

1\*. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Takhar University, Afghanistan

2. Ph.D. Scholar, Department of Environmental Dynamics and Management, Hiroshima University, Japan

Received: 24-09-2021

Accepted: 21-01-2022

### Abstract

The present experiment aimed to investigate the effect of the combined application of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) fertilizers on the growth, yield, and quality of wheat grains under drought stress conditions. Minaminokaori and Lalemi-2 varieties were used in this experiment. The experimental treatments were nitrogen, phosphorus, potassium fertilizers, and drought stress. These cultivars were exposed to three levels of drought stress (well-irrigated, mild, and severe drought) after the flowering stage. The results showed that drought stress decreased wheat growth, grain yield, starch content, and water-soluble pentosan, but increased crude protein and phytate phosphorus content in both cultivars. The highest grain yield and grain starch content under normal irrigation and drought stress conditions belonged to Lalemi-2 cultivar. Whereas, Minaminokaori had the highest amount of grain crude protein, total pentosan, water-soluble pentosane, and phytate phosphorus. Moreover, the results of this experiment showed that the application of adequate amounts of NPK fertilizers could mitigate the adverse effects of drought stress. Furthermore, the selection of drought-tolerant genotypes such as Lalemi-2 cultivar is useful for minimizing drought-induced damage.

**Keywords:** Protein, pentosan, yield, phytate, wheat