Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

Compensate for reduced yield due to late water stress by using growth enhancers in the tillering stage of wheat (*Triticum aestivum* L.)

Mehrnoosh Eskandari Torbeghan[1*], Seyyed Fazel Fazli Kakhki[2], Mohammad Jalini[3]

[1] Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Training and Extension Organization, Mashhad, Iran Email: mehrnoosh.eskandary@gmail.com
[2] Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Training and Extension Organization, Mashhad, Iran Email: sf_fazeli@yahoo.com
[3] Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Training and Extension Organization, Mashhad, Iran Email: mjolaini_re@yahoo.com

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 29.05.2022
Revised: 06.07.2022
Accepted: 27.07.2022
Published:24.06.2023

Keywords
Amino acid
Intracellular CO_2
Micronutrient
Peduncle length
Photosynthesis
Seed spike
Stomatal conductance

Abstract

The application of foliar spraying can be practical in critical stages for alleviating plant nutritional needs in the short term. To investigate the effect of growth enhancers in the tillering stage of wheat on the compensation of required compounds from storage sources to grain in the remobilization process in the stopping last irrigation, an experiment was carried out in a split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications at the farm of Kashmar research station in 2020-2021. The main plots were two variety of wheat: V1: Sirvan and V2: Rakhshan, the subplots were growth enhancers including (T1: Control, T2: Urea phosphate (10 $kg.ha^{-1}$) + solopotas (8 $kg.ha^{-1}$) + amino acid (2:1000); T3: Urea phosphate (10 $kg.ha^{-1}$) + solopotas (8 $kg.ha^{-1}$) + micronutrient (2:1000); T4: Urea phosphate (10 $kg.ha^{-1}$) + solopotas (8 $kg.ha^{-1}$) + humic acid (2:1000). The results showed that the highest plant height was obtained from T3 treatment in the Sirvan cultivar. In both Sirvan and Rakhshan varieties, the highest peduncle length was recorded from a foliar spray of T3. The highest plant dry weight (1290 $g.m^{-2}$) per square meter was also obtained from T2 in Sirvan. Grain weight per square meter in the Sirvan cultivar was 651, 582, and 462 $g.m^{-2}$ from the application of T2, T3, and T4, respectively, which was higher than the Rakhshan cultivar in these treatments. The highest amount of photosynthesis was 19.1 $\mu CO_2 mol.m^{-2}. s^{-1}$, stomatal conductance, and intercellular CO_2 (Ci) were obtained in the Sirvan cultivar by T2 application. In general, the effect of T2 treatment on photosynthesis and yield indicates compensation for the lack of grain yield (52% increase) and biomass (51%) due to the last water stop in the Sirvan cultivar.

Cite this article as: Eskandari Torbeghan, M., Fazli Kakhki, S.F., Jalini, M. (2023). Compensate for reduced yield due to late water stress by using growth enhancers in the tillering stage of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 70(2): 87-98.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/iper.2022.1958310.1796
Dor: 20.1001.1.24237671.1402.18.70.7.7

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

جبران کاهش عملکرد ناشی از تنش آب آخر با استفاده از تقویت‌کنندگان رشد در مرحله پنجه‌دهی گندم (*Triticum aestivum* L.)

مهرنوش اسکندری تربقان[1*]، سیدفاضل فاضلی کاخکی[2] و محمد جلینی[3]

[1] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
رایانامه: mehrnoosh.eskandary@gmail.com، m.eskandary@areeo.ac.ir

[2] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
رایانامه: sf_fazeli@yahoo.com، f.fazeli@areeo.ac.ir

[3] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
رایانامه: mjolaini_re@yahoo.com، m.jolaini@areeo.ac.ir

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۵
تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

واژه‌های کلیدی:
اسید آمینه
تعداد دانه در سنبله
دی اکسید کربن بین سلولی
ریز مغذی
طول پدانکل
فتوسنتز
هدایت روزنه‌ای

چکیده

کاربرد تغذیه برگی در مراحل بحرانی می‌تواند در رفع نیاز غذایی گیاه در کوتاه مدت موثر باشد. به منظور بررسی تاثیر تقویت‌کنندگان رشد در مرحله پنجه‌دهی گندم بر جبران کمی ترکیبات مورد نیاز از منابع ذخیره‌ای به دانه در فرآیند انتقال مجدد در هنگام قطع آبیاری آخر، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی کاشمر در سال زراعی ۹۹-۹۸ اجرا شد. دو رقم گندم سیروان و رخشان (رقم معمول منطقه) در کرت‌های اصلی و تقویت‌کنندگان رشد شامل: T1: شاهد، T2: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید آمینه (۲ در هزار)، T3: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ ریزمغذی کامل (۲ در هزار)، T4: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید هیومیک (۲ در هزار) بودند. نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع بوته از اعمال تیمار T3 در رقم سیروان به دست آمد. در رقم‌های سیروان و رخشان بیشترین طول پدانکل از محلول‌پاشی تیمار T3 حاصل شد. بیشترین وزن خشک بوته در متر مربع از کاربرد تیمار T2 در رقم سیروان حاصل شد. وزن دانه در رقم سیروان حاصل از اعمال تیمار T2، T3 و T4 به ترتیب ۶۵۱، ۵۸۲ و ۴۶۲ گرم در مترمربع بود که از رقم رخشان در همین تیمارها بیشتر بود. بیشترین مقدار فتوسنتز در رقم سیروان (۱۹/۱میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه)، هدایت روزنه‌ای و CO_2 بین سلولی (Ci) و از محلول‌پاشی تیمار T2 حاصل شد. به طور کلی روند تاثیر تیمار T2 بر فتوسنتز و عملکرد حاکی از جبران کمبود عملکرد دانه (افزایش ۵۲ درصدی) و زیست توده (۵۱ درصدی) در اثر قطع آب آخر در رقم سیروان بود

استناد: باقری، حمیدرضا؛ لادن‌مقدم، علیرضا؛ دانائی، الهام؛ عبدوسی، وحید. (۱۴۰۲). اثر محلول‌پاشی نانوکلات‌های آهن، پتاسیم، کلسیم و منگنز بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و جذب عناصر غذایی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita*). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۷۰ (۲)، ۹۸-۸۷.

Doi: 10.30495/iper.2022.1958310.1796
Dor: 20.1001.1.24237671.1402.18.70.7.7

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گندم در اکثر نقاط در مراحل انتهایی رشد در دوره پس از گلدهی و پر شدن دانه با کمبود آب مواجه است که عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Aghaee-Sarbarzeh et al., 2004). وقوع تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه‌ها، کاهش وزن تک دانه‌ها را در سنبله به همراه دارد. در این زمان دانه‌هایی که در انتهای ساقه قرار دارند بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته و وزن آنها نسبت به دانه‌های ابتدایی بیشتر کاهش می‌یابد و معمولا دانه‌های وسط سنبله از وزن بیشتری برخوردار هستند (Duggan and Fowler, 2006). بررسی‌ها نشان داده است تامین عناصر غذایی قبل از تشکیل سنبله می‌تواند در بهبود پتانسیل باروری سنبله موثر باشد. در همین رابطه محققین اظهار داشتند که ٤٠ تا ٩٠ درصد از نیتروژن دانه از انتقال مجدد ترکیبات نیتروژنی که در بافت‌های رویشی قبل از گرده‌افشانی ذخیره شده منشاء می‌گیرد؛ و مقدار انتقال مجدد نیتروژن وابسته به ذخیره‌سازی آن است (Yu et al., 2018).

تقویت سیستم ریشه‌ای گیاه با استفاده از تقویت‌کننده‌های رشد، می‌تواند در تغییر متابولیسم، اختصاص و ذخیره کربن تغییراتی را ایجاد نماید. کودها با منشاء پتاسیم و فسفر می‌توانند انرژی لازم را برای فعالیت‌های ریشه مهیا نمایند. بررسی سناریوهای مختلف نشان داده است استخراج هر یک میلی‌متر اضافی آب در مرحله پرشدن دانه می‌تواند عملکرد گندم را تا ٥٥ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد (Christopher et al., 2016). همچنین مطالعات اخیر نشان داده است بهبود رشد عمیق ریشه گندم در برخی ژنوتیپ‌ها می‌تواند وزن هزار دانه را تا ۹ درصد و عملکرد را ۳۵ درصد در شرایط محدودیت رطوبتی افزایش دهد (El Hassouni et al., 2018).

اضافه کردن کودهایی با بنیان فسفات و پتاس می‌تواند تاثیر کود همراه با آنها را افزایش دهد. ترکیبات فسفاته در جریان انتقال انرژی (ATP) و ترکیبات پتاسیمی در انتقال آسیمیلات ساخته شده به ریشه، می‌توانند تحمل گیاه را در شرایط تنش افزایش دهند. Davoodi Fard و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که قطع آبیاری در مرحله بعد از گلدهی در نواحی خشک و نیمه‌خشک و محلول‌پاشی با کود اسید آمینه و تلقیح بذر با باکتری، سبب افزایش ۳۳ درصدی عملکرد و ۳۰ درصدی عملکرد سنبله نسبت به شاهد شد. با این حال مطالعات نشان داده است که تعداد سنبله در گندم قبل از مرحله طویل شدن ساقه شکل می‌گیرد و تعداد گل در هر سنبله بین ساقه‌دهی و خوشه‌دهی شکل می‌گیرد. لذا قطع آب آخر که معمولاً در مرحله پرشدن دانه‌ها است از طریق کاهش سرعت انتقال مجدد آسیمیلات ساخته شده در مناطق نزدیک دانه مانند میانگره آخری و پدانکل موجب کاهش اندازه دانه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (Li et al., 2001).

مطالعه Zahedi و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که افزایش دما به مقدار ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله بعد از گرده‌افشانی گندم سبب کاهش طول دوره پر شدن دانه و افزایش سرعت پرشدن دانه از ۱/۳۸ تا ۲/۰۵ به ۲/۲۱ تا ۲/۸٦ میلی‌گرم در روز رسید. در زمان تنش رطوبتی در گندم به منظور جبران کاهش مقدار آسیمیلات تولید شده در جریان فتوسنتز، سرعت انتقال مجدد ترکیبات کربنی و نیتروژن به دانه افزایش می‌یابد (Ma et al., 2006).

Rekasem و Jamjod (۲۰۰٤) اظهار داشتند که کمبود بور در مرحله گلدهی گندم سبب کاهش درصد باروری گل‌ها می‌شود. آنان اظهار کردند واکنش باروری گل‌ها به عناصر ریز مغذی در مرحله گلدهی

بیشتر از سایر مراحل (مرحله رویشی) است. یکی دیگر از مواد مورد استفاده برای بهبود عملکرد گیاهان ترکیبات اسید هیومیک است که ماده‌ای متخلخل در خاک، زغال سنگ، پیت بوده و همینظور در بسیاری از مواد آلی ناشی از تجزیه میکروبی باقی‌مانده گیاهان و مواد فاضلاب یافت می‌شود (De Souza and Bragança, 2018). این ترکیبات پیچیده بوده؛ و از بنیان‌های اسید مختلف از جمله اسید کربوکسیل و فنولیت تشکیل شده که به عنوان یک کود آلی استفاده می‌شود. این مواد به طور مستقیم و غیر مستقیم بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه تاثیر می‌گذارند. اسیدهای آمینه در مقادیر زیاد در میتوکندری و پلاستیدها به منظور فراهم ساختن اسیدهای کتونیکی (بنیان‌های کتونی (keto acids) که نقش مهمی در چرخه کربس و مرحله گلیکولیز دارند) ساخته می‌شوند. این‌ها منابع انرژی هستند که موجب افزایش قدرت رویشی گیاه، رشد ریشه، می‌شوند، همچنین اضافه شدن آنها سبب افزایش تداوم تکثیر سلولی و افزایش ابعاد آنها می‌شود (Edrees, 2009).

تغذیه برگی ابزاری مهمی در مدیریت پایدار تولید است. این روش در رفع کوتاه مدت عناصرغذایی مورد نیاز گیاه به طور موثر مفید می‌باشد. از دیگر ویژگی‌های تاثیر تغذیه برگی می‌توان به اصلاح سریع و غیرمنتظره مواد غذایی گیاه، تامین نیتروژن لازم در طی رشد رویشی گیاه، به عنوان یک اقدام پیشگیرانه در برابر کمبودهای پنهان ماده غذایی و نیز برای غلبه بر تثبیت عنصر غذایی در خاک به عنوان مثال مس، آهن، منگنز و روی را نام برد (Fernandez et al., 2011). در واقع گیاه عناصرغذایی را سریع‌تر از زمانی که آن را از خاک و ساقه به برگ می‌رساند دریافت می‌کند. هرچند عوامل زیادی بر قابلیت تاثیر پذیری محلول‌پاشی موثراند با این حال، سن برگ و نوع فرمولاسیون ماده غذایی نقش مهمی دارد. تاثیر سن برگ وابسته به این است که این برگ تولیدکننده مواد فتوسنتزی برای قسمت‌های دیگر و یا مصرف کننده است. با افزایش سن برگ از زمان بلوغ به بعد مقدار عنصرغذایی جذب شده کاهش می یابد. که یکی از دلایل آن می‌تواند افزایش ضخامت لایه کوتیکولی روی برگ باشد. در تحقیقی گزارش شده که در برگ‌های سیب در شرایط آزمایشگاه ضخامت لایه کوتیکول ۱۰ تا ۱۵ میکروگرم در سانتی‌متر مربع بود در حالی که در شرایط مزرعه به ۲۸۰ میکروگرم در سانتی‌متر مربع رسید (Bringe et al., 2006). از طرفی دیگر ترکیب کوتیکول برگ با سن برگ و شرایط محیطی و نوع گونه تغییر می‌کند لذا اولین مانع ورود عنصر غذایی محلول‌پاشی شده بر روی برگ کوتیکول است که وابسته به سن، شرایط محیطی است. در گندم دو نوع پنجه اصلی و فرعی وجود دارد. که پنجه‌های اصلی از گره‌های ساقه اصلی در نزدیک سطح خاک و پنجه‌های فرعی خود از گره‌های پنجه‌های اصلی منشعب می‌شوند. با این حال در زمان تولید پنجه معمولا شش برگ کامل و سه پنجه مشاهده می‌شود. لذا وجود برگ‌های توسعه یافته، یکی از عوامل افزایش قابلیت نفوذ مواد غذایی برگی است هر چند ساق‌های پنجه نیز با بافت نه چندان خشبی در جذب مواد غذایی محلول‌پاشی موثرند (Naderi, 2018).

با توجه به کمبود آب و یا حذف آب آخر برای آبیاری سایر محصولات (همانند چغندر قند و...) که با کاهش عملکرد گندم همراه است، این مطالعه با هدف محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی، اسید آمینه و اسید هیومیک بر پایه دو عنصر فسفر و پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی به منظور کمک به افزایش ذخیره‌سازی عناصر در مرحله قبل از گلدهی و افزایش سرعت انتقال مجدد این مواد به دانه در زمان بروز تنش رطوبتی آخر فصل طراحی، و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

روش اجرا: به‌منظور بررسی تاثیر تقویت‌کنندگان رشد در یکی از مراحل مهم رشدی گندم (پنجه‌دهی) بر جبران کمی ترکیبات مورد نیاز از منابع ذخیره‌ای به دانه در فرآیند انتقال مجدد و در هنگام قطع آبیاری آخر، آزمایشی به صورت کرت یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی کاشمر در سال زراعی ۹۸-۹۹ اجرا شد. دو رقم گندم به نام سیروان و رخشان (رقم معمول منطقه) در کرت‌های اصلی و تقویت‌کنندگان رشد شامل T1: شاهد، T2: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید آمینه[۱] (۲ در هزار)، T3: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ ریز مغذی کامل[۲] (۲ در هزار)، T4: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید هیومیک[۳] (۲ در هزار) در نظر گرفته شد.

آماده‌سازی زمین و کرت‌بندی: مزرعه مورد آزمایش در سال گذشته به صورت آیش رها شده بود و یک نمونه خاک مزرعه قبل از انجام آزمایش برای اندازه گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱). عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک، لولر و احداث فارو انجام شد. ابعاد کرت‌های اصلی ۱۵ متر در ۲۴ متر و ابعاد کرت‌های فرعی ۶×۴ متر بود. هر کرت دارای ۸ ردیف که فاصله بین ردیف ۰/۵ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی نیز یک متر و فاصله بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت مقدار کود لازم بر اساس نتایج ازمایش خاک به زمین داده شد. بر همین اساس مقدار ۵۰ کیلوگرم پتاس، ۷۵ کیلوگرم فسفات و ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار محاسبه شد که به نسبت به زمین مورد نظر داده شد. کود فسفات و پتاس قبل کاشت و کود اوره در سه بخش قبل از کاشت، پنجه‌زنی و ساقه‌دهی به زمین داده شد. کودهای مورد استفاده به مقدار لازم برای هر کرت بر اساس دستور العمل شرکت سازنده داده شد.

انتخاب بذر و کاشت: بذر سیروان و رخشان از ایستگاه تحقیقات کاشمر تهیه گردید. بذرها قبل از کاشت با قارچ کش ویتاواکس ضدعونی و به‌صورت دستی در تاریخ اول آبان ۱۳۹۸ کشت شدند. تراکم کاشت ۳۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

عملیات داشت و برداشت: در ۱۵ آذر هم زمان با پنجه‌دهی اقدام به محلول‌پاشی با کودهای مورد نظر شد مقدار محلول لازم به گونه‌ای بود که محلول‌پاشی تمام سطح برگ را پوشش داد (برای هر بوته ۱۰ تا ۲۵ میلی‌لیتر و با غلظت ۲ در هزار). آبیاری بر اساس عرف منطقه انجام شده؛ و آخرین آبیاری گندم در تاریخ ۲۰ اردیبهشت از مزرعه حذف شد و در تاریخ ۱۵ خرداد ماه اقدام به برداشت محصول گردید.

اندازه‌گیری و برداشت برخی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد : قبل از برداشت محصول، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت ده بوته انتخاب و برای اندازه‌گیری صفات: ارتفاع بوته، وزن و طول پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله به آزمایشگاه ارسال

---

[۱] آمین استار (کود آلی ضد تنش)، حاوی ۱۳٪ نیتروژن ارگانیک و ۷۶٪ اسیدآمینه، با حلالیت ۱۰۰ درصد در آب، تولیدی شرکت آرمان بذر سپاهان www.armanbazr.com

[۲] نوتری لیف، کود ریز مغذی کامل حاوی ٤٪ نیتروژن کل، ٤٪ فسفر فراهم، ٦٪ پتاسیم محلول، ۰/۰۲٪ بورمحلول، ۰/۰۱٪ آهن محلول، ۰/۰٦٪ منگنز محلول، ۰/۰۱٪ روی محلول، ۰/۰۵٪ مس محلول، ٤٪ اسید هیومیک و اسید فولیک ، ۱٪ عصاره جلبک دریایی، ٤٪ اسید آمینه، تولیدی شرکت سبز محصول داتیس www.datisac.com ، www.disper.info

[۳] داتیس فورنوترینت، اسید هیومیک مصرفی حاوی ٦٪ پتاسیم محلول در آب، ۲۵٪ ماده آلی و ۱٤٪ کربن آلی، تولیدی شرکت سبز محصول داتیس www.datisac.com ، www.disper.info

شد. از سطحی معادل ۱۵ مترمربع عملیات برداشت با دست انجام شد و سپس وزن خشک تمامی بوته‌ها و وزن دانه در هر کرت اندازه‌گیری و داده‌ها بر اساس مترمربع ثبت گردید.

برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2 داخل سلولی از دستگاه فتوسنتزمتر (LI-6400, LI-COR Bioscience, Lincoln, NE, USA) در ساعت ۱۰ تا ۱۲ صبح سه روز بعد از قطع آبیاری بر روی برگ پرچمی استفاده شد (Bustos ، ۲۰۲۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای ارزیابی دامنه تشابه داده‌ها از فرآیند نرمال سازی (ازنرم افزار MINITAB Ver16) استفاده شد. سپس داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTAT C آنالیز واریانس شد و میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک از عمق ۰ – ۳۰ سانتی‌متر

بافت خاک	هدایت اکتریکی	اسیدیته	وزن مخصوص ظاهری	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	T.N.V.	SP
–	دسی‌زیمنس بر متر	-	گرم بر سانتیمتر مکعب	درصد	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	درصد	درصد
سیلتی لوم	۲/۲	۷/۸۷	۱/٦٤	۰/۷۳	۰/۰۵	۷/۸	۲۲۵	۱۸/۳	۲۸/۵

نتایج

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته تحت تاثیر رقم، کود و برهمکنش رقم در کود معنی‌دار ($p\leq0.01$) شد (جدول۲). نتایج نشان داد با استفاده از محلول‌پاشی تیمار T3 در رقم سیروان ارتفاع بوته نسبت به شاهد حدود ۱۸ درصد افزایش داشت. پاسخ رقم رخشان به تیمارهای کودی مشابه بود به‌طوری‌که کاربرد هر سه آنها اختلاف معنی‌داری با هم و نیز با شاهد در این گروه نداشتند. با این حال بیشترین مقدار ارتفاع از محلول‌پاشی با تیمار کودی T2 به مقدار ٦١/٣ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۳).

طول و وزن پدانکل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد طول و وزن پدانکل تحت تاثیر تیمار کود و برهمکنش کود در رقم معنی‌دار شد (جدول۲). با محلول‌پاشی تیمار T3 در رقم رخشان بیشترین وزن پدانکل حاصل شد که نسبت به شاهد در همین رقم حدود ٤٣ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

تعداد دانه در سنبله : محلول‌پاشی با تیمارهای کودی و برهمکنش رقم در تیمار کود تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشت (جدول۲). نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد که در دو رقم مورد مطالعه فقط بین شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بین تیمارهای کودی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین تعداد دانه در سنبله از تاثیر تیمار کودی T3 در رقم رخشان (٤٥/٥ دانه) بدست آمد که همین تیمار کودی نیز در رقم سیروان بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشت و کمترین مقدار صفت مذکور در هر دو رقم در شاهد مشاهده شد (جدول ۳).

طول سنبله : نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار کود و برهمکنش کود در رقم بر طول سنبله بود (جدول ۲). در رقم سیروان تیمار کودی T2 و در رقم رخشان تیمار کودی T3 به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۱۰ و ۱۰/٤ سانتی‌متر بیشترین طول سنبله را داشتند. در

هر دو رقم کودهای مورد استفاده اختلاف معنی‌داری با هم از نظر آماری نداشتند (جدول ۳).

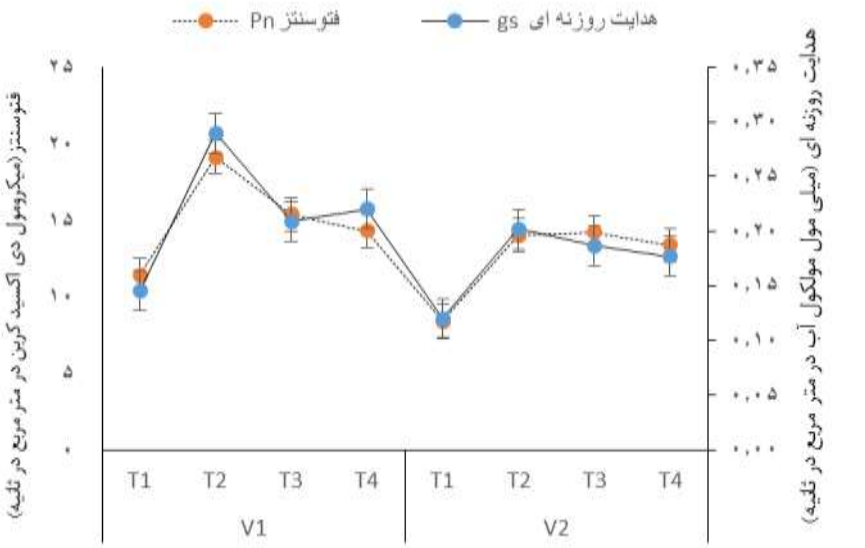
تعداد سنبله در واحد سطح: از نظر تولید سنبله در واحد سطح که می‌تواند ناشی از افزایش تعداد پنجه بارور باشد، محلول‌پاشی تیمارهای کودی و برهمکنش رقم در کود معنی‌دار شد (جدول ۲). در هر دو رقم سیروان و رخشان کاربرد سه نوع کود مورد استفاده تاثیر متفاوتی بر تعداد سنبله در واحد سطح داشت و شاهد کمترین مقدار را در هر دو رقم نشان داد. با این حال کاربرد تیمار T2 در رقم سیروان اختلاف ۲٤۰ عددی در تعداد سنبله در واحد سطح با شاهد مشاهده شد؛ که در رقم رخشان این اختلاف حدود ۱۱۵ عدد بود. بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح از تیمار T2 در رقم V1 حاصل شد (جدول ۳).

زیست توده در گیاه: تولید زیست توده در دو رقم گندم تحت تاثیر کود و برهمکنش رقم در نوع کود معنی‌دار ($p\leq0.01$) شد (جدول ۲). اختلاف چشمگیری در کاربرد تیمار T2 در رقم سیروان از نظر زیست توده تولیدی با شاهد مشاهده شد؛ به طوری که این کود حدود ۵۲ درصد زیست توده بیشتری نسبت به شاهد تولید کرد. اما در رقم رخشان کاربرد تیمار T3 اختلاف ۳۸ درصدی در تولید زیست توده با شاهد داشت. در هر دو رقم مورد مطالعه محلول‌پاشی تیمار T4 اندکی بیشتر از شاهد و از دو نوع کود دیگر بسیار کمتر، زیست توده تولید کرد (جدول ۳).

وزن دانه در واحد سطح: نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار کود و برهمکنش کود در رقم بر وزن دانه در واحد سطح بود (جدول۲). نتایج جدول۳ نشان داد که پاسخ وزن دانه در بوته بر اساس همان روند وزن خشک بوته در واحد سطح بود. مقدار وزن دانه در واحد سطح از اعمال سه نوع تیمار کودی T2، T3 و T4 در رقم سیروان (V1) به ترتیب ۱۲۹۰، ۱۱٦۰ و ۹۲۰ گرم در متر مربع بود و اعمال همین تیمارهای کودی در رقم رخشان (V2) مقدار دانه کمتری در واحد سطح تولید کرد. در هر دو رقم، شاهد کمترین وزن دانه در بوته را تولید کرد.

فتوسنتز (Pn): رقم، کود و برهمکنش رقم در کود بر مقدار فتوسنتز معنی‌دار شد (جدول ۲). مقدار فتوسنتز در شاهد و در محلول‌پاشی با کودهای مورد مطالعه در رقم سیروان بیشتر از رقم رخشان بود به‌طوری‌که دامنه تغییرات این صفت در رقم سیروان بین ۱۱/٤ تا ۱۹/۱ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه قرار داشت در صورتی که این دامنه در رقم رخشان بین ۸/٤ تا ۱٤/۲ بود. بیشترین مقدار فتوسنتز در رقم سیروان (۱۹/۱ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه) و استفاده از تیمار کودی T2 و کمترین مقدار صفت فوق در رقم رخشان و شاهد مشاهده شد (شکل ۱).

هدایت روزنه‌ای (gs): نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار رقم، کود و برهمکنش کود در رقم بر مقدار هدایت روزنه‌ای بود (جدول ۲). دامنه تغییرات هدایت روزنه‌ای غیر از شاهد در رقم سیروان بین ۰/۲۰۹ تا ۰/۲۹۰ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه بود در صورتی که این دامنه در رقم رخشان در اثر اعمال همین تیمارها بین ۰/۱۷۷ تا ۰/۲۰۲ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه قرار داشت. در هر دو رقم مورد مطالعه، شاهد کمترین مقدار هدایت روزنه‌ای را داشت (شکل ۱).



شکل ۱: تاثیر تقویت‌کنندگان رشدی بر مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در شرایط قطع آب آخر گندم.

V1: سیروان، V2: رخشان. T1: شاهد، T2: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید آمینه (۲ در هزار)، T3: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ ریز مغذی کامل (۲ در هزار)، ، T4: اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید هیومیک (۲ در هزار).

مقدار CO_2 بین سلولی (Ci): از آنجا که مقدار دی‌اکسیدکربن بین سلولی تحت تاثیر فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای قرار دارد، همان تاثیری که تیمارهای آزمایشی بر روی فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای داشتند بر روی مقدار CO_2 بین سلولی نیز تاثیرگذار بود (جدول ۲). نتایج جدول ۳ نشان داد که در هر دو رقم مورد مطالعه، اعمال محلول‌پاشی با تیمارهای کودی مقدار CO_2 بین سلولی را به بیش از ۲۰۰ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه افزایش داد در صورتی که در شاهد رقم سیروان این مقدار ۱۹۰ و در رقم رخشان ۱۷٤ میلی‌مول بر مول بود. بیشترین مقدار CO_2 بین سلولی از محلول‌پاشی تیمار T2 و در رقم سیروان با مقدار ۲٤۰ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد (جدول ۳).

بحث

گندم در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی تاثیر گذار مانند دما، رطوبت و حاصلخیزی رشد می‌کند. ظهور عملکرد متناسب هر چند تحت تاثیر برنامه‌های پیچیده بیان ژن از طریق تغییرات فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی قرار دارد، با این حال متغییرهای محیطی می‌توانند تاثیر مهمی در عملکرد گندم داشته باشند (Altenbach et al., 2003). در داخل دانه تقسیم سلولی، جذب آب، افزایش حجم دانه، تجمع و ذخیره نشاسته و پروتئین، بلوغ و در نهایت خشک شدن مراحلی است که در شرایط طبیعی و بدون محدودیت عوامل رشد انجام می‌شود. بسته به زمان کاهش آب قابل دسترس در طول فصل رشد گندم، پاسخ متفاوتی در ترکیب اجزای عملکرد و حتی کیفیت آن به وجود خواهد می‌آید (Royo et al., 2006). برای مثال، کاهش آب در مرحله پرچم دهی روی تعداد دانه در سنبله و در مرحله پر شدن دانه روی وزن هزار دانه تاثیر گذار است (Foulkes et al., 2007). در طول پر شدن دانه انتقال ترکیبات به دانه وابسته به فتوسنتز جاری و بخشی هم وابسته به توزیع مجدد مواد آسیمیلاته شده در مکان‌های

ذخیره‌ای (ساقه و دمبرگ) در طی رشد رویشی است. تنش رطوبتی در آب آخر سبب افزایش سهم انتقال مجدد در پر شدن دانه است هرچند در برخی مواقع دسترسی به مخازن برای انتقال مجدد را نیز محدود می کند (Kafi et al., 2009). با این حال کمک به افزایش مخازن در طول دوره رویشی از طریق اعمال تیمارهای کودی حاوی عناصر ضروری می‌تواند سبب افزایش شاخص‌های مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه شده که در شرایط لازم موجب افزایش سرعت انتقال مجدد آنها به مکان‌های لازم مانند دانه شود. در آزمایش حاضر استفاده از محلول‌پاشی تیمار کودی T3 در رقم سیروان سبب افزایش ارتفاع ساقه حدود ۱۸ درصد نسبت به شاهد شد. نتایج Davoodi fard و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که در شرایط قطع آب آخر از مرحله گلدهی به بعد و استفاده از محلول‌پاشی تیمارهای اسیدآمینه و باکتری در دو مرحله ساقه رفتن و پر شدن دانه ارتفاع گندم حدود ۵ سانتی‌متر نسبت به شاهد افزایش داشت، ارتفاع بوته در شاهد ٦٧ سانتی‌متر بود. نتایج مطالعه Pazaki (٢٠١٦) نشان داد استفاده از اسید هیومیک و باکتری‌های افزاینده رشد تاثیر معنی‌داری در افزایش ارتفاع گندم نداشت. از آنجا که کاهش وزن ساقه به خصوص میانگره ماقبل آخر و آخری نقش تعیین‌کننده‌ای در پتانسیل تجمع کربوهیدرات و انتقال مجدد آنها به دانه دارد و کاهش وزن آنها پس از گرده‌افشانی نشان‌دهنده انتقال کربوهیدرات ذخیره شده توسط فرآیند انتقال مجدد به دانه‌ها می‌باشد (Ehdaie et al., 2006). نتایج مطالعه ما نشان داد محلول‌پاشی تیمار T3 در رقم رخشان بیشترین وزن پدانکل حاصل شد که نسبت به شاهد در همین رقم حدود ٤٣ درصد افزایش نشان داد که با نتایج مطالعه Pazaki (٢٠١٦) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد استفاده از کودهای تقویت‌کننده رشد به خصوص ریزمغذی کامل از طریق تهسیل فرآیندهای بیوشیمیایی به واسطه وجود بسیاری عناصر با نقش کوفاکتور در آنها سبب افزایش توان فتوسنتزی و بالا رفتن قدرت منبع به مخزن و افزایش ذخیره‌سازی در پدانکل و افزایش وزن آن را به دنبال داشته است. شکل‌گیری سنبله و رسیدن به پتانسیل طولی آن وابسته به در دسترس بودن فاکتورهای رشدی و مساعد بودن شرایط محیطی در طول دوره رشد قبل از گرده‌افشانی در گیاه است. در واقع شکل‌گیری و رشد سنبله‌ها در مرحله طویل‌شدن ساقه اتفاق می‌افتد نتایج نشان داد در رقم سیروان تیمار کودی T2 و در رقم رخشان تیمار کودی T3 به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۱۰ و ۱۰/٤ سانتی‌متر بیشترین طول سنبله را داشتند. نتایج مطالعه Sokoto and Singh (۲۰۱۳) نشان داد که طول سنبله در دو واریته گندم تحت تنش آبی در مرحله پرشدن دانه اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت؛ و تنها ۰/۰۵ میلی‌متر کاهش داشت. مقدار عملکرد همبستگی مثبتی با مقدار زیست توده در گیاه دارد. کاربرد مدیریت تغذیه در زمان‌های مناسب سبب افزایش مخازن فتوسنتز کننده و تولید آسیمیلات لازم برای رشد و ذخیره‌سازی می‌شود که در نهایت افزایش زیست توده و عملکرد را به دنبال دارد. البته باید به تفاوت پاسخ گونه‌ها نیز به در دسترس بودن عناصر غذایی هم اشاره کرد که در این آزمایش رقم سیروان با کاربرد تیمار T2 سبب افزایش ۵۲ درصدی و رقم رخشان کاربرد تیمار T3 سبب افزایش ۳۸ درصدی زیست توده نسبت به شاهد شد. نتایج مطالعه Baqir and Zeboon (۲۰۱۹) نشان داد که محلول‌پاشی گندم در مرحله پنجه‌دهی با اسید هیومیک و اسید گلوتامیک سبب افزایش ۱۷/۵۵ و ۱۵/٤۰ درصدی در ماده خشک گندم به ترتیب در سال اول و دوم شد. آنها اظهار داشتند که مرحله پنجه‌دهی از نظر ظهور تعداد پنجه دارای اهمیت است که این مواد می‌توانند بخشی

از نیاز تغذیه‌ای گیاه را برآورده نمایند. مطالعه Mirzaei و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد قطع آب در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش حدود ۱٦ درصدی عملکرد بیولوژیک در گندم شد. افزایش قدرت سبز بمان (Stay green) در گندم می‌توان از طریق کاهش سرعت پیری برگ موجبات بهبود سرعت انتقال مجدد عناصرغذایی و مقدار فتوسنتز جاری را در گیاه فراهم آورد (Christopher et al., 2016). با توجه به این که ظرفیت ذخیره سازی دانه‌ها در غلات یک تا ١٤ روز بعد از گرده افشانی است که مصادف با دوره تقسیم سلولی و رشد سلول‌های آندوسپرم است (Emam and Niknejad, 2007) که در نهایت پتانسیل اندازه دانه شکل می‌گیرد و تنش در مرحله پر شدن دانه، سبب کاهش ذخیره‌سازی مواد پرورده در دانه شده و عملکرد کاهش می‌یابد. لذا بهبود شرایط رشدی ریشه و دسترسی به عناصر غذایی و تسریع فرآیندهای فیزیولوژیکی در اثر کاربرد مواد تقویت‌کننده رشدی می‌تواند در افزایش اندازه دانه و بهبود عملکرد موثر باشد. نتایج جدول۳ نشان داد که پاسخ وزن دانه در بوته بر اساس همان روند وزن خشک بوته در واحد سطح بود. نتایج مطالعه Souza و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد محلول‌پاشی با اسیدآمینه در مرحله طویل شدن ساقه و قبل از ظهور خوشه سبب افزایش عملکرد گندم به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول آزمایش شد. Liwani (۲۰۱۷) گزارش کرد تنش آب در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد به طور نسبی می‌شود. به‌طوری‌که در ژنوتیپ‌های متحمل مقدار کاهش عملکرد آنها نسبت به ژنوتیپ‌های حساس کمتر است. برخی محققین معتقدند علت کاهش عملکرد در تنش خشکی بعد از مرحله پر شدن دانه مربوطه تغییر در سرعت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در طی مرحله قبل از گرده افشانی در میانگره‌های ساقه و فتوسنتز جاری برگ پرچمی است (Rajala et al., 2009). بررسی‌ها نشان می‌دهد تنش کمبود آب رشد و نمو را کاهش داده و به پیری برگ شتاب می‌دهد در نتیجه سبب کاهش سرعت انتقال متابولیت‌ها از برگ‌ها به دانه می‌شود. تاخیر در پیری برگ می‌تواند به انتقال مجدد عناصر غذایی از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان و نمو دانه کمک نماید (Gregersen et al., 2008). بنابراین استفاده از محلول‌پاشی با تقویت‌کنندگان رشد می‌تواند از طریق افزایش قابلیت سبز بودن برگ و تاخیر در پیری موجبات افزایش کارایی برگ و فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد را فراهم آورد.

نتیجه‌گیری نهایی

کاربرد تغذیه برگی می‌تواند در مراحل بحرانی سبب رفع کمبود عناصر مورد نیاز گیاه در کوتاه مدت شود. مرحله پنجه زنی آغاز شکل‌گیری و توسعه پنجه‌های بارور در گیاه است. با توجه به توسعه یافته بودن برگ‌ها (شش برگ حقیقی) در این زمان امکان جذب عنصر غذایی به واسطه کاهش ضخامت لایه کوتیکول برگ و کاهش زاویه تماس قطره با سطح برگ افزایش می یابد. لذا تاثیر تقویت کننده‌گان رشد هم از نظر نفوذ به محل‌های هدف (بافت‌های فتوسنتز کننده و شرکت در فرآیندهای حیاتی) و هم از نظر تسریع واکنش‌های متابولیسمی گیاه زمینه افزایش توان رشدی و ذخیره‌ای گیاه را فراهم آورده است. بنابراین نتایج نشان داد که استفاده از تقویت کنندگان رشد به خصوص تیمار حاوی اوره فسفات (۱۰ کیلوگرم در هکتار)+ سولوپتاس (۸ کیلوگرم در هکتار)+ اسید آمینه (۲ در هزار) در مرحله پنجه دهی احتمالا سبب افزایش قدرت ذخیره سازی مواد فتوسنتزی در ساقه شده و از طرف دیگر بهبود شرایط رشدی ریشه و سایر بخش‌های رویشی گیاه را برای جذب عناصر غذایی لازم به دنبال داشته است؛ که در نتیجه، سبب

افـزایش عملکـرد زیسـت تـوده در دو رقـم بـه طـور میانگین حدود ٤١ درصد؛ و میانگین افزایش عملکـرد دانه در حدود ٤٠ درصد را به دنبال داشته است.

References

Aghaee-Sarbarzeh, M., Mohammadi, R., Haghparast, R., and Rajabi, R. 2004. Evaluation of advanced lines of bread wheat for drought tolerance in Kermanshah. The 8th Iranian Congress of Crop Science, 13-15 Aug. 2004, Gilan Uni., Iran.

Altenbach, S.B., DuPont, F.M., Kothari, K.M., Chan, R., Johnson, E.L., and Lieu, D. 2003. Temperature, Water and Fertilizer Influence the Timing of Key Events During Grain Development in a US Spring Wheat. Journal of Cereal Science. 37: 9–20.

Baqir, H.A., and Zeboon, N.H. 2019. Response of some wheat growth traits for for foliar spraying with humic and glutamic acid. Iraqi Journal of Agricultural Sciences. 50(6):1455-1464.

Bringe, K., C.F.A. Schumacher, M. Schmitz-Eiberger, U. Steiner, and Oerke, E.C. 2006. Ontogenetic variation in chemical and physical characteristics of adaxial apple leaf surfaces. Phytochemistry. 67:161-170.

Bustos, V.F.F. 2020. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes with contrasting root system size to drought stress. This thesis is presented for the Doctor of Philosophy of The University of Western Australia UWA School of Agriculture and Environment Faculty of Science The University of Western Australia. 171 pages.

Christopher, J.T., Christopher, M.J., and Borrel, A.K. 2016. Stay-green traits to improve wheat adaptation in well-watered and water-limited environments. Journal of Experimental Botany. 67(17): 5159–5172.

Davoodi Fard, M., Habibi, D. and Davoodi Fard, F. 2012. The effect of growth promoting bacteria and foliar application of amino acids and silicic acid on some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. Journal of Agriculture and Plant Breeding. 8 (1): 101-104 (in Persian).

De Souza. F, and Bragança, S.R. 2018. Extraction and characterization of humic acid from coal for the application as dispersant of ceramic powders. Journal of Materials Research and Technology. 7(3):254-260.

Duggan, B.L., and Fowler, D.B., 2006. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies. Crop Science. 46: 1479–1487.

Edrees, M.H. 2009. Plant Physiology. Encyclopedia of the plant. Suzan Mubarak Scientific Exploration Center in Qario. Egypt. www.smsec.com.

Ehdaie, b., Alloush, M.G.A., Madore, M.a., and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Post anthesis changes in internode dry matter. Crop Science. 46:735-746.

El Hassouni K., Alahmad S., Belkadi B., Filali-Maltouf A., Hickey L. and Bassi F. 2018. Root system architecture and its association with yield under different water regimes in durum wheat. Crop Sciences. 58: 1–16. 10.2135/cropsci2018.01.0076

Emam, Y., and Niknejad, M. 2007. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press, Iran. 571pp. (In Persian).

Fernandez-Escobar, R., J.M. Garcia-Novelo, and Restrepo-Diaz, H. 2011. Mobilization of nitrogen in the olive bearing shoots afer foliar application of urea. Scientia Horticulturae. 127:452-454.

Foulkes, M.J., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R. and Snape, J.W., 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. Field Crops Research. 103: 11–24.

Gregersen, L., Holm, P.B., and Krupinska, K. 2008. Leaf senescence and nutrient remobilisation in barleyand wheat. Plant Biology, 10(1): 37-49.

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., and Nabati, J. 2009. Environmental stress on plant physiology. Jihad Daneshgahi Publication, Iran. 504 pages. (In Persian).

Li, F. M., Song, Q. H., Liu, H. S., Li, F. R., and Liu, X. L. 2001. Effects of pro-sowing irrigation and phosphorus application on water use and yield of spring wheat under semi-arid conditions. Agricultural Water Management. 49: 173–183.

Liwani, U. 2017. Effect of water stress imposed at tillering, flowering and grain filling in irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. A thesis submitted in fulfillment of requirements for Masters of Science in Agriculture. School of Agricultural, Earth & Environmental Science College of Agriculture, Engineering and Science Pietermaritzburg South Africa.

Ma, Q.Q., Wang, W., Li, Y.H., LI, D.Q., and Zou, Q. 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) by foliar-applied glycine betaine. Journal of Plant Physiology. 163(2): 165-175.

Mirzaei, A., Naseri, R., and Soleimani, R. 2011. Response of Different Growth Stages of Wheat to Moisture Tension in a Semiarid Land. World Applied Sciences Journal. 12 (1): 83-89.

Naderi, A. 2018. Principles of growing wheat (*Triticum aestivum* L.) from seed to grain. Agriculture Research and Education Institution Publication. Pp: 212. (In Persian)

Pazaki, A.R. 2016. Investigation of the effect of humic acid and growth-promoting bacteria on yield and yield components of durum wheat cultivar under drought stress in Rey city. Cereal Research. 6 (1): 105-117. (In Persian).

Rajala, A., Hakala, K., Ma¨kela, P., Muurinen, S. and Peltonen-Sainio, P. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research. 114: 263–271.

Rekasem, B., and Jamjod, S. 2004. Boron deficiency in wheat: a review. Field Crop Research. 89: 173-186.

Royo, C., Villegas, D., Rharrabti, Y., Blanco, R., Martos, V. and Garcia del Moral, L.F., 2006. Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. Cereal Research Community. 34: 1021–1028.

Sokoto, M.b., and Singh, A. 2013. Yield and Yield Components of Bread Wheat as Influenced by Water Stress, Sowing Date and Cultivar in Sokoto, Sudan Savannah, Nigeria. American Journal of Plant Sciences. 4: 122-130.

Souza, J.A., Fratoni, M.M.J., Moraes, L.A.C. and Moreira, A. 2018. Boron and Amino Acid Foliar Application on Wheat-Soybean Intercropping in a Non-Tillage System. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49(13): 1638–1649.

Yu, Z., Islam, S., She, M., Diepeveen, D., Zhang, Y., Tang, G., Zhang, J., Juhasz, A., Yang, R. and Ma, W. 2018. Wheat grain protein accumulation and polymerization mechanisms driven by nitrogen fertilization. Plant Journal. 96: 1160–1177.

Zahedi, M., Sharma, R. and Jenner, F.C. 2003. Effect of high temperature on grain growth and on the metabolite and enzymes in the starch-synthesis pathway in the grains of two wheat cultivars differing in their responses to temperature. Functional Plant Biology. 30: 291-300.