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

The effect of humic acidic and cycocel on yield, yield components, and photosynthetic material remobilization of wheat (*Triticum aestivum* L.) under end-of-the-season drought stress conditions

Maryam Shirvanian[1], Mani Mojdam[2*], Shahram Lek[3], Mojtabi Alavi Fazel[4], Seyedkivan Marashi[5]

[1] Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: shirvanian.maryam@gmail.com
[2] Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: mojaddammani@yahoo.com
[3] Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: sh.lack@yahoo.com
[4] Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: mojtaba_alavifazel@yahoo.com
[5] Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: marashi_47@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 23.02.2022
Revised: 08.06.2022
Accepted: 17.06.2022
Published:23.09.2023

Keywords
Cycocel
Grain yield
Irrigation cut
1000 grain weight
Remobilization

Abstract

In order to investigate the effect of humic acidic and cycocel on yield, yield components, and remobilization of wheat photosynthetic materials under end-of-the-season drought stress conditions, a split factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in field in Ahvaz during two years (2017-19). The main factor of drought stress at the end of the season with two levels of normal irrigation and cessation of irrigation in the post-pollination stage, cycocel with three levels of water as a control, 1.5 g/l, and 3 g/l, and humic acid with three levels of non-foliar application (water as control), 2 liters per hectare, and 4 liters per hectare were factorial sub-factors. Results showed that the interaction of end-of-the-season drought stress and cycocel on grain yield and number of grains per spike was significant. The highest grain yield (4840.5 kg ha-1) was obtained by applying 3 g/l cycocel under normal irrigation conditions, which did not show a statistically significant difference from the application of 3 g/l cycocel under drought stress at the end of the season. Application of humic acid had a positive and significant effect on all test traits. The highest grain yield, number of grains per spike, and 1000-grain weight were obtained from the application of 3 liters per hectare of humic acid under normal irrigation conditions. Under end-of-the season drought stress, the current photosynthesis and the share of current photosynthesis decreased by 29% and 10%, respectively while remobilization and contribution of remobilization increased by 16% and 34%, respectively. In general, to increase the rate of grain yield under optimal conditions and reduce the drop in stress conditions, growth regulators such as cycocel by a concentration of 3 g/l and organic acid fertilizer by the concentration of 4 liters per hectare are recommended.

Cite this article as: Shirvanian, M., Mojdam, M., Lek, Sh., Alavi Fazel, M., Marashi, S.K. (2023). The effect of humic acidic and cycocel on yield, yield components, and photosynthetic material remobilization of wheat (*Triticum aestivum* L.) under end-of-the-season drought stress conditions. *Journal of Plant Environmental Physiology,* 18(3): 32-47.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/iper.2022.1953457.1776

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

اثر مقادیر اسیدهیومیک و سایکوسل بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل

مریم شیروانیان[۱]، مانی مجدم[۲]*، شهرام لک[۳]، مجتبی علوی فاضل[٤]، سیدکیوان مرعشی[٥]

[۱] گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.رایانامه:shirvanian.maryam@gmail.com
[۲] گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه:mojaddammani@yahoo.com
[۳] گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران .رایانامه:sh.lack@yahoo.com
[٤] گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.رایانامه:mojtaba_alavifazel@yahoo.com
[٥] گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.رایانامه:marashi_47@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۲/۰٤
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۱/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۳/۲۷
تـاریخ چاپ:۱٤۰۲/۰۷/۰۱

واژه‌های کلیدی:
انتقال مجدد
سایکوسل
قطع آبیاری
عملکرد دانه و وزن هزار دانه

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف اسیدهیومیک و سایکوسل بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان انتقال مجدد گندم تحت تنش خشکی انتهای فصل در اهواز، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹٦ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان اهواز اجرا شد. عامل اصلی تنش خشکی انتهای فصل با دو سطح آبیاری معمولی و قطع آبیاری در مرحله بعد از گرده‌افشانی، سایکوسل با سه سطح آب به عنوان شاهد، ۱/۵ گرم در لیتر و سه گرم در لیتر و هیومیک اسید با سه سطح عدم محلول‌پاشی (آب به عنوان شاهد)، دو لیتر در هکتار و چهار لیتر در هکتار به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل فرعی بود. نتایج نشان داد که برهم‌کنش تنش خشکی انتهای فصل و سایکوسل بر عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه (٤۸٤۰/۵ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد سه گرم در لیتر سایکوسل در شرایط آبیاری معمولی حاصل شد که با کاربرد سه گرم در لیتر سایکوسل در شرایط تنش خشکی انتهای فصل تفاوت آماری معنی‌داری از خود نشان نداد. کاربرد اسیدهیومیک بر تمام صفات آزمایش اثر مثبت و معنی‌داری داشت. بیشترین عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از کاربرد سه لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط آبیاری معمولی بدست آمد. در شرایط تنش خشکی انتهای فصل میزان فتوسنتز جاری (۲۹ درصد) و سهم فتوسنتز جاری (۱۰ درصد) کاهش و میزان انتقال مجدد (۱٦ درصد) و سهم انتقال مجدد (۳٤ درصد) افزایش یافت. در مجموع می‌توان برای افزایش عملکرد دانه در شرایط مطلوب و کاهش افت در شرایط تنش، از تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر سایکوسل با غلظت سه گرم در لیتر و کود آلی اسیدهیومیک به میزان چهار لیتر در هکتار استفاده نمود.

استناد: شیروانیان، م، مجدم، م.، لک، ش.، علوی فاضل، م.، مرعشی، س.ک. (۱٤۰۲). اثر مقادیر اسیدهیومیک و سایکوسل بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (۳)، ٤۷-۳۲.

Doi: 10.30495/iper.2022.1953457.1776

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به عنوان یکی از مهمترین گیاهان تیره غلات، سهم عمده‌ای در تغذیه انسان‌ها و هم‌چنین تأمین علوفه برای حیوانات را به خود اختصاص داده است (Radwan et al., 2015). تولید جهانی گندم تا سال ۲۰۲۲ باید سالانه حداقل ۲/۵ درصد افزایش یابد تا بتواند این افزایش تقاضا را جبران کند (FAO, 2018). کمبود آب در پایان فصل یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش تولید در بخش وسیعی از اراضی زراعی مناطق گرمسیری کشور به شمار می‌رود. تحمل به خشکی در یک گیاه علاوه بر میزان تنش رطوبتی خاک، به شرایط بارندگی، دما، ویژگی‌های گیاه و روش مدیریت مزرعه بستگی دارد (Naderi et al., 2013). تنش خشکی باعث ایجاد طیفی از واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌شود. تنش خشکی از طریق ایجاد اختلال در روابط آبی گیاه، ظرفیت تبادل گازی فتوسنتزی و روابط منبع و مخزن فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان باعث اختلال در رشد گیاه زراعی می‌شود (Anjum et al., 2017). عملکرد دانه در غلات از سه منبع فتوسنتز جاری، انتقال آسیمیلات‌های ذخیره شده قبل از گلدهی به دانه و آسیمیلات‌های ذخیره شده موقت در ساقه بعد از گلدهی تأمین می‌شود (MehrabianMoghaddam et al., 2011). Bahrani و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که وقتی گیاه دچار تنش‌های حاصل از مواد غذایی و رطوبت می‌شود، فتوسنتز جاری کاهش پیدا می‌کند و گیاه برای جبران آن، انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها را افزایش می‌دهد. محدودیت رطوبت در خاک از طریق کاهش سطح برگ و در پی آن، کاهش فتوسنتز جاری باعث افزایش وابستگی عملکرد گیاهان زراعی به فرآیندهای تسهیم انتقال مجدد ماده خشک در مرحله پرشدن دانه‌ها می‌شود (Haghjooand Bagrani, 2015). Mehraban و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد در مراحل مختلف رشدی گندم اظهار داشتند که تنش خشکی تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.

از سوی دیگر در راستای تحقق تولید غذای سالم و همگام با تلاش در جهت تولید ارقام متحمل به خشکی، بهینه‌سازی مصرف کود و به‌طور خاص توجه به مصرف ریزمغذی‌ها، کودهای آلی و از جمله اسیدهیومیک برای بهبود کیفیت محصول و به‌منظور متعادل نمودن میزان مصرف کودهای شیمیایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند (Mahmoodi Zoeek et al., 2015). هیومیک‌اسید یک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به‌کار گرفته شود (Antoun et al., 2010). از مزایای مهم کاربرد هیومیک‌اسید می‌توان به قابلیت کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن اشاره کرد. همچنین هیومیک‌اسید از طریق اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک، فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. به‌علاوه، مولکول‌های هیومیک‌اسید با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می‌شود (Saruhan et al., 2011).

Khan و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر اسید هیومیک بر گیاه گندم گزارش نمودند که افزایش وزن سنبله به میزان ۱۹ درصد و عملکرد دانه به میزان ۲۱ درصد با کاربرد اسیدهیومیک نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. Abdallah Mohammed و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه اثر اسیدهیومیک و تنش آبیاری بر گندم اظهار داشتند که اسیدهیومیک در شرایط تنش سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت،

تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار چهار تن در هکتار اسیدهیومیک به میزان ۳۹۵۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

در شرایط کمبود آب، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سایکوسل می‌تواند به عنوان راهکار جلوگیری از اثرات منفی تنش آبی بر گیاهان در نظر گرفته شود. براساس نتایج بررسی‌های انجام شده، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی می‌شود (Maibangsa et al., 2000). سایکوسل یا کلرمکوات کلراید از گروه ترکیبات آمونیومی بوده و از پرمصرف‌ترین کندکننده‌های رشد گیاهی است که جهت کاهش خوابیدگی بوته و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی، به‌ویژه غلات کاربرد فراوانی دارد (Emam and Seghatoeslami, 2005). Khalilzadeh و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پر شدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه گندم شد. Rokh Afrooz و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی اثر سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی اظهار داشتند سایکوسل می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. بنابراین با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه اهواز، بررسی نقش کاربرد اسیدهیومیک و سایکوسل بر برخی از صفات زراعی و میزان انتقال مجدد گندم تحت تنش خشکی انتهای فصل از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرای طرح: این پژوهش در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ و ۱۳۹۷-۹۸ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان اهواز با موقعیت عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ٤۸ درجه و ٤۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا انجام شد. این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گیاه گندم به اجرا در آمد. عامل اصلی تنش خشکی انتهای فصل با دو سطح آبیاری معمولی و قطع آبیاری در مرحله بعد از گرده‌افشانی، سایکوسل با سه سطح آب به عنوان شاهد، ۱/۵ گرم در لیتر و سه گرم در لیتر و هیومیک اسید با سه سطح عدم محلول‌پاشی (آب به عنوان شاهد)، دو لیتر در هکتار و چهار لیتر در هکتار به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل فرعی بود. آزمایش از ٥٤ کرت تشکیل شد. هر کرت آزمایشی دارای هشت خط کاشت به طول پنج متر و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر با تراکم ٤۰۰ بوته در مترمربع بود. فاصله بین کرت‌ها از هم یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش در (جدول ۱) ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک زمین آزمایش

فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)	سال
۹/۵۱	۱۵۷	۰/۰٤	۰/۸۵	¾	۷/۷	رسی لومی	۰-۳۰	۱۳۹٦
۹/۲۰	۱٦۷	۰/۰۳	۰/۹۲	۳/۹۱	۷/٤۱	رسی لومی	۰-۳۰	۱۳۹۷

عملیات زراعی: عملیات تهیه زمین شامل شخم، ماخار، دو دیسک عمود برهم و ماله در اواخر مهرماه هر سال بود. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز، نیتروژن خالص از منبع اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم کیلوگرم در هکتار بصورت تقسیط در دو مرحله (۵۰ درصد هم‌زمان با کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ساقه‌دهی بصورت سرک)، کود فسفر نیز براساس ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مطابق آزمون خاک در کلیه تیمارها پیش از کشت استفاده شد. رقم مورد کشت برای گیاه گندم چمران بود و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول تهیه شد. عملیات کاشت بذر با توجه به شرایط اقلیمی منطقه در تاریخ‌های دوم آبان ۱۳۹۶ و پنجم آبان ۱۳۹۷ صورت گرفت. بعد از کشت، مزرعه مورد آزمایش بلافاصله آبیاری شد. از مرحله بعد از گرده افشانی قطع آبیاری در بعضی از کرت‌ها اعمال شد. در عملیات داشت مبارزه با علف-های‌هرز باریک برگ و پهن برگ به صورت وجین دستی انجام شد. در مرحله صفر و سه زادکس ماده سایکوسل بصورت محلول‌پاشی اعمال شد. کاربرد مقادیر مختلف اسید هیومیک در دو مرحله ساقه‌دهی و آبستنی در سه تیمار (عدم محلول‌پاشی، دو و چهار لیتر در هکتار) به‌صورت محلول‌پاشی در مزرعه اعمال شد. در پایان در مرحله رشد فیزیولوژی دانه مساحت دو مترمربع هرکرت از خطوط پس از حذف حاشیه‌ها برداشت و صفات زیر اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری

اجزای عملکرد: برای تعیین تعداد سنبله در مترمربع، تعداد کل سنبله‌های برداشت شده در سطح دو مترمربع را مورد شمارش قرار داده و به عنوان تعداد سنبله در مترمربع در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن تعداد دانه در سنبله، سنبله‌های دو خط یک‌متری (از خطوط چهار و پنج) پس از شمارش سنبلچه‌ها و جدا کردن و شمارش دانه‌ها، تعداد دانه در سنبله محاسبه شد. برای محاسبه وزن هزار دانه پس از توزین دو مجموعه‌ی ۵۰۰ تایی با محاسبه‌ی ساده بدست آمد. در صورتی که اختلاف دو نمونه کم‌تر از شش درصد باشد مجموع به‌صورت وزن هزار دانه محاسبه شد (Mahmoodi Zoeek et al., 2015).

انتقال مجدد: جهت اندازه‌گیری انتقال مجدد و صفات مربوطه در مراحل گرده‌افشانی نمونه‌برداری انجام و نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در دمای۷۲درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و سپس با ترازوی دیجیتالی توزین شدند. میزان و سهم انتقال مجدد و میزان و سهم فتوسنتز جاری از روابط زیر محاسبه شد (Alavifazel, 2016).

۱) وزن خشک کاه- ماده خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی = میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای

۲) سهم فرایند توزیع مجدد در عملکرد دانه (درصد) = (وزن ماده خشک در فرایند توزیع مجدد (گرم در مترمربع) / عملکرد دانه (گرم در متر مربع)) × ۱۰۰

۳) میزان انتقال مجدد – عملکرد دانه = میزان فتوسنتز جاری

٤) سهم توزیع مجدد در عملکرد دانه- ۱۰۰ = سهم فتوسنتز جاری

قبل از انجام تجزیه مرکب نتایج دو سال آزمایش به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی از آزمون بارتلیت به وسیله نرم‌افزار SAS 9.3 استفاده گردید و با توجه به‌اینکه اختلاف بین واریانس‌های خطا معنی‌دار نبود تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS

انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج

تعداد سنبله در مترمربع: تعداد سنبله در مترمربع به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای سایکوسل و اسیدهیومیک قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد سنبله در مترمربع با کاربرد چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک و کم‌ترین از عدم کاربرد اسیدهیومیک بدست آمد (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد سنبله در مترمربع از کاربرد سه گرم در لیتر سایکوسل حاصل شد که نسبت به عدم کاربرد سایکوسل حدود ۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

تعداد دانه در سنبله: اثر برهم‌کنش تنش خشکی انتهای فصل و اسیدهیومیک و تنش خشکی انتهای فصل و سایکوسل بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار هستند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در سنبله از تیمار آبیاری معمولی و کاربرد چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک بدست آمد که نسبت به تیمار قطع آبیاری بعد از گرده-افشانی و عدم کاربرد اسیدهیومیک حدود ۲٤ درصد افزایش نشان داد (جدول ٤). بیشترین تعداد دانه در سنبله از تیمار آبیاری معمولی و سه گرم در لیتر سایکوسل و کم‌ترین میزان تعداد دانه در سنبله در شرایط قطع آبیاری در مرحله بعد از گرده‌افشانی و عدم کاربرد سایکوسل حاصل شد (شکل ۱).

وزن هزاردانه: برهم‌کنش تنش خشکی انتهای فصل و اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه (۳۷ گرم) از آبیاری معمولی و ٤ لیتر در هکتار اسیدهیومیک و کم‌ترین وزن هزار دانه (۳۱/۰۱ گرم) از قطع آبیاری بعد از گرده‌افشانی و عدم کاربرد اسیدهیومیک بدست آمد (جدول ٤). بیشترین وزن هزار دانه از کاربرد سه گرم در لیتر سایکوسل و کم‌ترین وزن هزار دانه از عدم کاربرد سایکوسل حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ٤ درصد افزایش یافت (جدول ۳).

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در گندم در دو سال آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	٦/۲۳ ns	۱/۲۳ ns	۰/۸٤ ns	۷/۳ ns
سال × تکرار	٤	۳۱۵/۱٦	٤/۱۸	۲/۳۹	۱۱/۲
تنش خشکی انتهای فصل	۱	۵۰۰ ns	۵۷٤/۳ **	۳۳٦/۱ **	۳۰۰۵۱۷۵ **
سال × تنش خشکی انتهای فصل	۱	۱٤۷/۰۱ ns	۲۲/۰۳ ns	٤/۰٤ ns	٤۰۱۵ ns
خطا	٤	۲۸۵۰/٤	۳۰/۰٤	٤۵/۸	۱۱۵٤۸
سایکوسل	۲	۱۱٦۵۲۷/۳ **	۲۱۱/۲ **	۵۱٦/۱ **	۲۲۵۸۰۹ **
سال × سایکوسل	۲	٤۰۱/٤ ns	۱۵/۱ ns	۸/٤۰ ns	۳۰۰/٦ ns
تنش خشکی انتهای فصل × سایکوسل	۲	۲۰۹/۵ ns	۳۰۸/٤ **	٦/۰۱ ns	۳۵۱۸۰۲/۵ **
سال × تنش خشکی انتهای فصل × سایکوسل	۲	٤۸/۱۲ ns	۹/۲۳ ns	۰/۲۵ ns	٤۰۰/٤ ns
اسیدهیومیک	۲	۹٦۲۷۰/۸ **	۲٤۷/٤ **	۲۹۹/۸ **	۲۰۱۵۸۹ **
سال × اسیدهیومیک	۲	٤۱/۵٤ ns	۳/٤۵ ns	۵/۲ ns	۹۰ ns

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تنش خشکی انتهای فصل × اسیدهیومیک	۲	۵۹/۱ ns	۲۹۰/۱ **	۴۳۰/۴ **	۴۵۹۱۸۶ **
سال × خشکی انتهای فصل ×اسیدهیومیک	۲	۱۰۲/۴ ns	۱۶/۸ ns	۰/۰۹ ns	۱۷۰/۳۸ ns
سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۶۶/۵۱ ns	۲۴/۶ ns	۳/۵۷ ns	۱۰۴/۲ ns
سال × سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۲۸/۰۴ ns	۰/۸۷ ns	۷/۲۰ ns	۱۲۰/۸ ns
تنش خشکی × سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۱۱۹/۵ ns	۳/۵ ns	۱۱/۴ ns	۲۵۱۰۵۷/۳ **
سال × تنش خشکی × سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۴۵/۷ ns	۷/۴ ns	۲/۰۷ ns	۴۸۰ ns
خطا	۶۴	۱۸۷۰/۳	۱۷/۳	۲۷/۶۵	۷۰۵۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۴۵	۱۵/۲۳	۱۵/۷۳	۱۹/۷۱
سال	۱	۰/۴ ns	۰/۰۱ ns	۳/۶۸ ns	۲/۲۱ ns
سال × تکرار	۴	۱/۵۷	۳/۶۱	۲۴/۹۹	۴/۶۴
تنش خشکی انتهای فصل	۱	۹۵۴۰/۲ **	۴۳۵/۳ **	۴۲۵۸۱۰ **	۳۸۹/۸۴ *
سال × تنش خشکی انتهای فصل	۱	۶۷/۰۸ ns	۵/۳۴ ns	۸۹۰/۳ ns	۸/۰۲ ns
خطا	۴	۱۷۵/۳	۲۷/۱	۱۰۲۵۴/۵۲	۴۲/۶۲
سایکوسل	۲	۶۰۰۵/۱ **	۳۲۴/۵ **	۳۱۶۸۳۷ **	۵/۲۶ ns
سال × سایکوسل	۲	۱۲/۳۴ ns	۱۴/۶۱ ns	۸۰۰/۴ ns	۲/۷۱ ns
تنش خشکی انتهای فصل × سایکوسل	۲	۱۶/۰۷ ns	۹/۵۳ ns	۲۵۲/۱ ns	۷/۴ ns
سال × تنش خشکی انتهای فصل × سایکوسل	۲	۱۰/۱۹ ns	۰/۰۸ ns	۳۳۸/۴ ns	۳/۸۵ ns
اسیدهیومیک	۲	۱۰۵۲۱/۶ **	۲۰۵/۱۶ **	۹۸۵۱۴ **	۴۰۱/۱۴ **
سال × اسیدهیومیک	۲	۹/۲۷ ns	۵/۱۸ ns	۵۹/۰۲ ns	۷/۹۱ ns
تنش خشکی انتهای فصل × اسیدهیومیک	۲	۳۳/۰۱ ns	۰/۰۹ ns	۱۱۲/۱ ns	۱۱/۵۴ ns
سال × خشکی انتهای فصل ×اسیدهیومیک	۲	۱۹/۲۴ ns	۱۰/۳۱ ns	۹۰/۴ ns	۰/۳۱ ns
سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۶۰/۰۵ ns	۲/۳۷ ns	۳۹/۴۱ ns	۴/۶۶ ns
سال × سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۲۱/۳۲ ns	۸/۵۱ ns	۲۴۷/۹ ns	۹/۳۲ ns
تنش خشکی × سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۸/۷۴ ns	۲/۳۴ ns	۵۱۴/۰۸ ns	۱۰/۴۴ ns
سال × تنش خشکی × سایکوسل× اسیدهیومیک	۴	۴۰/۳۱ ns	۰/۰۴ ns	۳۴۵/۱۱ ns	۶/۸۳ ns
خطا	۶۴	۱۴۲/۶۱	۱۵/۰۷	۴۰۱۳/۷	۳۴/۱۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۴/۳۸	۱۹/۴۱	۱۸/۵	۷/۳۱

ns، ** و *: میانگین مربعات تیمارها به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

عملکرد دانه: عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی انتهای فصل، سایکوسل و اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه از تیمارهای آبیاری معمولی با کاربرد سه لیتر در هکتار سایکوسل و چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک حاصل شد که نسبت به عدم کاربرد سایکوسل در شرایط قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و عدم محلول‌پاشی اسیدهیومیک حدود ۲۷/۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲).

میزان انتقال مجدد: اثر تنش خشکی انتهای فصل، سایکوسل و اسیدهیومیک بر میزان انتقال مجدد ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان انتقال مجدد از قطع آبیاری بعد از گرده‌افشانی حاصل شد که نسبت به تیمار آبیاری معمولی حدود ۱٦ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان انتقال مجدد از تیمار چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). کمترین میزان انتقال مجدد به تیمار سه گرم در لیتر سایکوسل تعلق گرفت که نسبت به تیمار شاهد حدود ۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

سهم انتقال مجدد: سهم انتقال مجدد تحت اثر تیمارهای تنش خشکی انتهای فصل، سایکوسل و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در این پژوهش قطع آبیاری بعد از گرده‌افشانی بیشترین سهم انتقال مجدد (۲٤/۱ درصد) را به خود اختصاص داد که نسبت به تیمار آبیاری معمولی حدود ۳٤ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). بیش‌ترین سهم انتقال مجدد از تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین سهم انتقال مجدد از تیمار عدم کاربرد سایکوسل و کم‌ترین سهم انتقال مجدد از کاربرد سه گرم در لیتر سایکوسل حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

فتوسنتز جاری: اثر تنش خشکی انتهای فصل، سایکوسل و اسید هیومیک بر میزان فتوسنتز جاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در این پژوهش بیشترین میزان فتوسنتز جاری به تیمار آبیاری معمولی که نسبت به تیمار قطع آبیاری بعد از گرده‌افشانی حدود ۲۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان فتوسنتز جاری از تیمار چهار لیتر در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین میزان فتوسنتز جاری از کاربرد سه گرم در لیتر سایکوسل حاصل شد که نسبت به عدم مصرف سایکوسل (شاهد) حدود ۳۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

سهم فتوسنتز جاری: سهم فتوسنتز جاری به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی انتهای فصل و اسیدهیومیک قرار گرفت (جدول ۲). در این تحقیق بیشترین سهم فتوسنتز جاری از تیمار آبیاری معمولی (۸٤/۰۹ درصد) حاصل شد که نسبت به قطع آبیاری بعد از گرده افشانی حدود ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۳). هم‌چنین بیشترین سهم فتوسنتز جاری از تیمار چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین صفات تحت اثر تنش خشکی انتهای فصل،سایکوسل و اسیدهیومیک

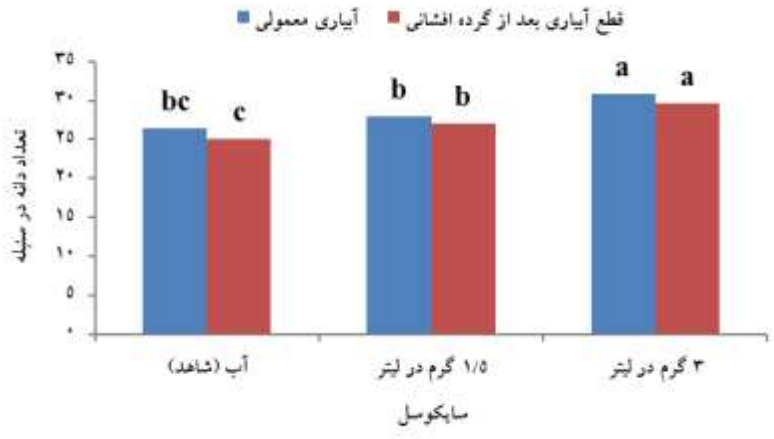
تیمار	تعداد سنبله در مترمربع	وزن هزار دانه (گرم)	میزان انتقال مجدد (گرم در مترمربع)	سهم انتقال مجدد(درصد)	میزان فتوسنتز جاری(گرم در مترمربع)	سهم فتوسنتز جاری(درصد)
تنش خشکی انتهای فصل						
آبیاری معمولی	٤٦٤/٠٥ a	٣٥/١ a	٧٥/٩٣b	١٥/٩١b	٤٠١/١٣a	٨٤/٠٩°
قطع آبیاری بعد از گرده افشانی	٤٥٠/٧ a	٣٢/٨ b	٩٠/١٥a	٢٤/١a	٢٨٣/٨٩b	٧٥/٩b
سایکوسل						
آب (شاهد)	٤٣٥/١٩ c	٣٢/٦ b	٨٧/٠٦a	٢٣/٤٦a	٢٨٣/٩٦c	٧٦/٥٤°
١/٥ گرم در لیتر	٤٦٠/٢٥ b	٣٢/٩١ b	٨٠/٤٦b	١٩/١b	٣٤٠/٦٢b	٨٠/٩°
٣ گرم در لیتر	٤٧٥/٦ a	٣٤/٣ a	٧٨/٨١c	١٦/٢١c	٤٠٧/٢٤a	٨٣/٧٩°
اسیدهیومیک						
عدم محلول پاشی (شاهد)	٤٤٢/٨٥ c	٣٢ c	٧٩/٥c	٢٢/١٣a	٢٧٩/٥٩c	٧٧/٨٧c
٢ لیتر در هکتار	٤٥٧/٦٤ b	٣٣/٨ bc	٨٣/٣٤ b	١٩/٥١ b	٣٤٢/٦٩ b	٨٠/٥ b
٤ لیتر در هکتار	٤٧٠/٥١ a	٣٦/٠٥ a	٨٥/٤١a	١٧/٣٥c	٤٠٥/٦٥a	٨٢/٦٥°

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

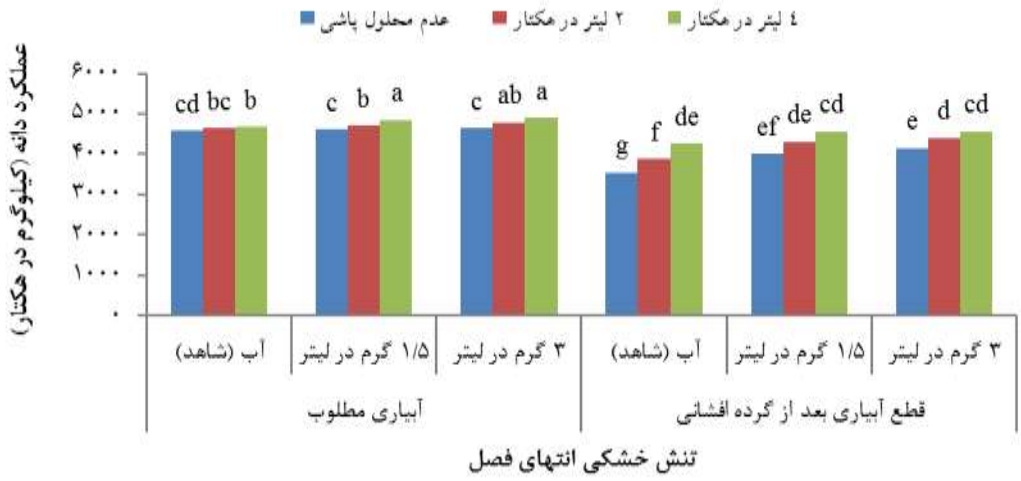
جدول ٤: مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش‌خشکی انتهای فصل و اسیدهیومیک بر صفات گندم

تنش خشکی انتهای فصل	اسیدهیومیک	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه(گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری معمولی	عدم محلول‌پاشی	٢٤/١ d	٣٢/٠٢ c	٣٩٥٠/٩ c
	دو لیتر در هکتار	٢٨/٣ b	٣٤/٢٧ b	٤٣٩٠/٣ b
	چهار لیتر در هکتار	٣٣/٤ a	٣٩ a	٤٨١٠/٧ a
قطع آبیاری بعد از گرده افشانی	عدم محلول‌پاشی	٢٤ d	٣١/٠١ d	٣٨٢٠/٥٥ d
	دو لیتر در هکتار	٢٦ c	٣٣ c	٤١٠٠/٧ bc
	چهار لیتر در هکتار	٢٨/٥ b	٣٤/٠٢ b	٤٤٦٠/٨ b

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱: برهمکنش تنش خشکی انتهای فصل و سایکوسل بر تعداد دانه در سنبله



شکل ۲: برهم‌کنش سه‌گانه تنش خشکی، سایکوسل و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه

بحث

در این پژوهش استفاده از اسیدهیومیک با افزایش جذب عناصر غذایی باعث افزایش رشد اندام هوایی و تولید می‌شود، هم‌چنین اسیدهیومیک با اثرات شبه هورمونی خود، اثرات مفیدی در افزایش تولید گیاه دارد (Torfi and Shokuohfar, 2019)، زیرا بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، به‌دنبال آن فتوسنتز به خوبی انجام شده و تجمع مواد پرورده در مقاصد گیاه، به میزان کافی صورت خواهد گرفت و این امر سبب افزایش تعداد سنبله در مترمربع می‌شود (Mohsen Nia and Jalilian, 2012). افزایش تعداد سنبله در مترمربع با کاربرد اسیدهیومیک توسط پژوهش‌گران مختلف گزارش شده است (Anwar et al., 2016). در آزمایش حاضر بوته‌های محلول‌پاشی شده با سایکوسل به طور معنی‌داری تعداد سنبله بارور بیشتری داشتند، این افزایش می‌تواند به دلیل کاهش چیرگی انتهایی مقصدهای فیزیولوژیک ساقه اصلی و تأمین مواد پرورده بیشتر جهت رشد مقصدهای فیزیولوژیک ثانویه نظیر پنجه‌ها باشد. بقای تعداد بیش‌تری پنجه در اثر استفاده از سایکوسل ممکن است به دلیل بازتر شدن زاویه ساقه اصلی با پنجه‌ها در بوته‌های تیمار شده و بهبود نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی هم باشد.

در همین راستا Kumar و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که گیاهان تیمار شده با سایکوسل دارای تبادلات گازی بالاتر و میزان کلروفیل بیشتری بودند در نتیجه فتوسنتز برای مدت طولانی‌تری انجام و فتواسیمیلات بیشتری فراهم شد. مقادیر مختلف هیومیک‌اسید توانست اثرات سو حاصل از تنش کم آبیاری را جبران کند به‌طوری که با افزایش آن تا چهار لیتر در هکتار تا حدودی تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد دلیل افزایش تعداد دانه در سنبله با مصرف مقدار بالای اسید هیومیک به دلیل جلوگیری از ریزش یا عقیم شدن گلچه‌ها در سنبله در شرایط تنش آبی باشد. کاربرد اسیدهیومیک در گیاه موجب افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه می‌شود (AbdelMawgoud et al., 2007)؛ بنابراین با افزایش این هورمون‌ها در شرایط تنش، تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد و تعداد دانه بیشتر خواهد شد (Sedaqat and Imam, 2017). به‌دنبال

کاربرد سایکوسل تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان دلیل افزایش تعداد دانه را نتیجهٔ کاهش نسبت گلچه‌های عقیم دانست (Rajala, 2004). براساس مطالعات افکاری و غفاری (۲۰۱۸) کاربرد سایکوسل باعث جلوگیری از سنتز جیبرلین شده و رشد طولی ساقه را به تأخیر می‌اندازد و مواد پرورده بیشتری به‌سمت تشکیل شدن تعداد دانه حرکت می‌کنند و باعث بیشتر شدن تعداد دانه در سنبله می‌شود. Abdolkhani و Shokohfar (۲۰۱۶) نیز به نقش مثبت سایکوسل در کاهش تنش خشکی اشاره نموده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در این تحقیق اسیدهیومیک با تاثیر بر انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها وزن هزار دانه را در گیاه زراعی افزایش داده است (Torfi and Shokuohfar, 2019).

هم‌چنین می‌توان بیان نمود کاربرد اسیدهیومیک انتقال آب از ریشه به اندام‌های هوایی را افزایش داده و کاهش شدت اثر تنش کمبود آب را به همراه داشته است (Tsanaktsidis et al., 2012). در همین راستا Zhou و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که افزایش وزن دانه با کاربرد اسید هیومیک به علت افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم و آمیلوپلاست و مواد فتوسنتزی است. به‌نظر می‌رسد مصرف سایکوسل باعث افزایش اندازه مقصدهای فیزیولوژیک شده و این موضوع تسهیم بهتر ماده خشک به دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن بیشتر دانه‌ها می‌شود (PirastehAnosheh et al., 2016). در این رابطه Khalilzadeh و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پر شدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه گندم شد. مصرف کلرمکوات کلراید باعث افزایش دانه در هر بوته و ازدیاد ظرفیت مقصد فیزیولوژیک گیاه می‌شود. بعلاوه میزان مواد فتوسنتزی و ذخیره کربوهیدرات‌ها، افزایش یافته و مقدار حرکت مواد پرورده به دانه‌ها هم افزایش می‌یابد (Shekoofa and Emam, 2008). به‌نظر می‌رسد که قدرت رشد اولیه و توانایی رشد مطلوب در طی دوره رشد رویشی که در آزمایش اخیر از طریق مصرف اسیدهیومیک و با حمایت از گیاه در رشد سریع و جذب و فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش توان تولید ساقه و برگ گردید، می‌تواند عملکرد دانه را به‌ویژه در حالت وجود خشکی انتهایی تحت اثر قرار دهد و خسارت را به حداقل برساند (Mahmoodi Zoeek *et* al., 2015). افزایش عملکرد دانه گویای توانایی اثر هیومیک‌اسید بر روی فرآیند زایشی گیاه در شرایط تنش کمبود آب می‌باشد به‌طوری‌که بالا بودن عملکرد دانه با تعداد بیش‌تر دانه در سنبله‌ها و وزن هزار دانه مرتبط است (Khan et al., 2018). سایکوسل با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پرشدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به‌سزایی دارند.

از طرفی سایکوسل با افزایش سطح برگ، باعث فتوسنتز بیشتر شده و مواد پرورده بیشتری به سمت دانه ها انتقال و افزایش عملکرد دانه بیشتری را موجب می شود (Burton et al., 2008). به‌نظر می‌رسد هنگامی که ظرفیت فتوسنتزی گیاه بر اثر تنش رطوبتی یا گرمای بعد از گرده‌افشانی کاهش می‌یابد، پرشدن دانه به‌طور قابل‌توجهی وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه است (Bagherikia et al., 2017). بنابراین در مرحله پرشدن دانه ممکن است گیاه تاحدودی با کمبود آب مواجه شده و حدی از تنش خشکی را تجربه کند. این امر می‌تواند در زمان پرشدن دانه‌ها از طریق تخریب دستگاه فتوسنتزی و تسریع پیری برگ‌ها سبب کاهش سرعت فتوسنتز و فتوآسیمیلات تولیدی (Ardalani et al., 2016) و در نهایت افت عملکرد

دانه شود. به این ترتیب، فتوسنتز جاری برای پرکردن دانه‌ها کافی نخواهد بود بنابراین، نیاز دانه‌ها برای پرشدن (به ویژه کربوهیدرات‌ها) از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در بخش‌های مختلف ساقه‌ها جبران و تأمین می‌گردد (Azhand et al., 2015). سایر پژوهشگران نظیر Bagherikia و همکاران (۲۰۱۸) به افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک تحت اثر تنش خشکی اشاره نموده‌اند.

در این تحقیق کاربرد اسیدهیومیک باعث تسریع در رشد برگ و ذخیره مواد فتوسنتزی می‌شود و در زمان پرشدن به دانه انتقال می‌یابد. در سطوح پایین‌تر کود رشد برگ‌ها به کندی صورت می‌گیرد و افزایش میزان انتقال مجدد میسر نمی‌شود. در همین راستا Attarzadeh و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که مصرف مقادیر بیش‌تر اسیدهیومیک به لحاظ تولید سطح برگ بیش‌تر و افزایش مواد ذخیره شده در ساقه موجب افزایش میزان انتقال در مقایسه با مقادیر کمتر مصرف اسیدهیومیک گردید. در این پژوهش سایکوسل می‌تواند توزیع ماده خشک را در گیاه تغییر دهد. کاهش وزن خشک ساقه گیاهان تیمار شده با سایکوسل را می‌توان به کاهش رشد طولی وابسته به جیبرلین و افزایش ارسال مواد فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها نسبت داد (Kumar et al., 2012). در این رابطه Ahmadi و همکاران (۲۰۱۸) بیان نمودند که بیش‌ترین میزان انتقال مجدد مربوط به تیمار بدون کاربرد سایکوسل بود.

در مطالعه حاضر سهم انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از ساقه گندم در شرایط نامساعد محیطی بیش از شرایط بدون تنش است که ممکن است ناشی از کاهش فتوسنتز جاری برگ‌ها به واسطه بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی باشد (Talebzadeh et al., 2018). در همین ارتباط، Bani Saeedi و Motamedi (۲۰۲۰) بیان نمودند که تنش در مرحله گلدهی باعث افزایش سهم و میزان انتقال مجدد ماده خشک به عملکرد دانه گردید به طوری که بروز تنش خشکی در این مرحله سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد دانه به واسطه کاهش فتوسنتز جاری را افزایش داد. نتایج سایر پژوهشگران نظیر Azhand و همکاران (۲۰۱۵) مؤید نتایج این تحقیق بود. احتمالاً در شرایط استفاده از کود هیومیک‌اسید، به دلیل وجود عملکرد بیولوژیک بالاتر در مرحله یک هفته بعد از گلدهی، امکان انتقال مجدد مواد بیشتری را به دانه فراهم کرده است و هم‌چنین می‌توان گفت که وجود ذخایر بیشتر آسیمیلات‌ها در ساقه‌های بلند و مصرف آن‌ها در دوران پرشدن دانه‌ها در شرایط خشکی آخر فصل در این رابطه می‌تواند نقش داشته باشد (Namarvari et al., 2013). با افزایش سطح برگ از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیکی و وابستگی دانه به مواد ذخیره‌ای بخش رویشی جهت انتقال مجدد مواد در سطوح بالای اسید هیومیک محدود شد. گزارشات Attarzadeh و همکاران (۲۰۱۲) با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت. احتمالاً علت بالا بودن سهم وزن دانه از مواد انتقال یافته می‌تواند به دلیل پایین بودن سهم تنفس از این مواد باشد که موجب افزایش ضریب تبدیل آن‌ها به عملکرد دانه می‌شود و یا به دلیل پایین بودن عملکرد است. برای افزایش مشارکت مواد پرورده در عملکرد دانه می‌بایست یا میزان انتقال مجدد مواد هیدروکربنه بیش‌تر شود و یا عملکرد کاهش یابد (Schnyder, 1993). براساس گزارشات Ahmadi و همکاران (۲۰۱۸) بیش‌ترین سهم انتقال مجدد مربوط به تیمار بدون کاربرد سایکوسل بود. در پژوهش حاضر با افزایش شدت تنش و کاهش فتوسنتز جاری، انتقال قندهای محلول ذخیرهٔ ساقه به دانه افزایش می‌یابد. یکی از دلایلی که می‌توان به کاهش نقش فتوسنتز جاری در زمان تنش خشکی در شکل‌گیری عملکرد

دانه منجر شود، تسریع پیری و ریزش برگ‌هاست (Lopes et al., 2012). براساس نتایج Saini و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط قوی بین نیاز دانه به مواد مواد فتوسنتزی و تغییر در وزن خشک و کربوهیدرات‌های غیرساختاری ساقه در طول مرحلهٔ پرشدن دانه را گزارش کردند. آنان تأکید کردند که در مرحلهٔ پایانی رشد، اثر تنش بر وزن دانه شایان توجه است.

براساس گزارشات Bahrani و همکاران (۲۰۱۱) در شرایط تنش فتوسنتز جاری کاهش پیدا می‌کند و گیاه برای جبران آن، انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها را افزایش می‌دهد، که با نتایج گزارش شده توسط Abdoli (۲۰۱۹) مطابقت داشت.

اندوخته‌های غذایی موجود در اندام‌های رویشی گیاه، قبل از گرده‌افشانی در شرایطی که فتوسنتز و جذب عناصر معدنی طی پر شدن دانه با مشکل مواجه می‌شود، در عملکرد دانه اهمیت بسزایی دارند. در پژوهش حاضر اسیدهیومیک به دلیل تولید سطح برگ بیشتر و تداوم بیشتر آن از طریق ایجاد تأخیر در پیری برگ‌ها باعث افزایش میزان فتوسنتز جاری می‌شود. گزارشات Attarzadeh و همکاران (۲۰۱۲) مؤید نتایج این پژوهش بود.

در این پژوهش افزایش میزان فتوسنتز جاری نتیجه مصرف این هورمون، به افزایش تعداد پنجه و هم‌چنین برگ مربوط می‌شود. کندکننده‌های رشد از طریق کاهش سرعت نمو و به تاخیر انداختن رسیدگی، سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند (Bahrami et al., 2014). در این تحقیق در شرایط تنش خشکی سهم فتوسنتز جاری کاهش یافته و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه افزایش می‌یابد به‌نحوی که انتقال مجدد بصورت تعدیل‌کننده عمل نموده و تاحدی خسارت حاصل از نقصان فتوسنتز جاری را جبران می‌نماید. اما در زمان آبیاری معمولی سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه در شرایط بهینه افزایش یافت (Abdoli et al., 2014). سهم مواد ذخیره بخش رویشی که در عملکرد دانه مشارکت می‌کنند زمانی که فتوسنتز جاری بدلیل شرایط نامساعد محیطی پاسخ‌گوی نیاز دانه‌های در حال رشد نباشد افزایش می‌یابد، براساس یافته‌های Mojaddam و همکاران (۲۰۰۹) با افزایش شدت تنش خشکی، سهم فتوسنتز جاری کاهش یافت. با افزایش اسیدهیومیک، زیست توده بیشتری در گیاه تولید و سهم ذخایر بخش‌های رویشی افزایش می‌یابد و به همان نسبت سهم فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد که با نتایج Attarzadeh و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع می‌توان عنوان داشت گیاه گندم نسبت به قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی حساس بوده و آبیاری کامل باعث افزایش رشد گیاه از نظر فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد کمی گندم شد. در این تحقیق در شرایط تنش خشکی سهم فتوسنتز جاری کاهش یافته و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه افزایش می‌یابد به‌نحوی که انتقال مجدد به‌صورت تعدیل‌کننده عمل نموده و تاحدی خسارت حاصل از نقصان فتوسنتز جاری را جبران می‌نماید. خسارت ناشی از قطع آب در مرحله گرده‌افشانی به این دلیل که با کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، عملکرد دانه کاهش یافت، زیاد بود، لیک کاربرد کود آلی اسیدهیومیک به میزان چهار لیتر در هکتار و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر سایکوسل به میزان سه گرم در لیتر باعث جبران بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی گردید که میزان آن برای سایکوسل و اسید هیومیک به ترتیب ۲۲/۵ و ۲٤ درصد بود. لذا استفاده از سایکوسل و اسیدهیومیک در مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهت مقابله با تنش خشکی و در راستای اهداف کشاورزی پایدار توصیه می‌شود. لذا

برای افزایش عملکرد در شرایط مطلوب و کاهش افت در شرایط تنش، از تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر سایکوسل با غلظت سه گرم در لیتر و کود آلی اسیدهیومیک به میزان چهار لیتر در هکتار استفاده نمود.

Reference

Abdalla Mohammed, A., Osman Elzubeir, A., Elbedawi Hamad, M., and Ibrahim Elhagwa, A. (2019). Effect of irrigation canal sediments, humate fertilizer and irrigation interval on wheat performance in desert soils. Athens Journal of Sciences. 6(2): 141-154.

Abdel Mawgoud, A.M.R., El Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I., and Singer, S.M. (2007). Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. Journal of Applied Sciences Research. 3(2): 169-174.

Abdoli, M. (2019). Remobilization of photoassimilates a strategy to deal with drought stress in wheat. Journal of Wheat Research. 2 (1): 88-104.

Abdoli, M., Saeedi, M., Jalali Honarmand, S., Mansourifar, S., and Ghobadi, M.A. (2014). Evaluation of the effect of water shortage stress and resource limitation after pollination on grain yield and remobilization of bread wheat cultivars. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7 (2): 137-154. (In persian with english abstract).

Abdolkhani, S., and Shokohfar, A.R. (2016). The effect of seed densities and chlormequat chloride (CCC) concentrations on yield and yield components of Jonub barley cultivar. Journal of Crop production Research. 7(4): 309-319.

Afkari, A., and Ghaffari, H. (2018). Cycocel foliar application effect on alleviation of drought stress consequences on growth traits of barley cv. Kavir in Khorafarin, Iran. Agroecology Journal. 13 (4): 13-22. (In persian with english abstract).

Ahmadi, M., Zare, M. J. and Emam, Y. (2018). Study some of morpho-physiological characteristics and grain yield of wheat under affected by chlormequat chloride, zinc sulfate and nitroxin application. Journal of Plant Ecophysiology. 9 (29): 1-14.

Alavifazel, M. (2016). Assessment of remobilization rate to grain durum and bread wheat genotypes in response to nitrogen amounts. Crop Physiology Journal. 7(28): 5-18.

Anjum, S.A., Ashraf, U., Tanveer, M., Khan, I., Hussain, S., Shahzad, B., Zohaib, A., Abbas, F., Saleem, M. F., Ali, I., and Wang, L.C. (2017). Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. Frontiers in Plant Science. 8:1-12.

Antoun, L., Sahar, W., Zakaria, M., and Rafla, H. (2010). Influence of compost nmineral and humic Acid on yild and chemical composition of wheat plant. Jornal Soil Science and Agriculture. l (11): 1131-1143.

Anwar, Sh., Iqbal, F., Khattak, W. A., Islam, M., Iqbal, B., and Khan, Sh. (2016). Response of Wheat Crop to Humic Acid and Nitrogen Levels. Ecronicon Agriculture. 3(1): 558-565.

Ardalani, S., Saeidi, M., and Abdoli, M. (2016). Agronomic traits, photosynthesis and gas exchange variables of wheat genotypes in response to water deficit during vegetative growth period. Environmental and Experimental Biolog. 14(4): 157-162.

Attarzadeh, Sh., Mujaddam, M., and Sakinejad, I. (2012). Application of humic acid and different amounts of nitrogen on remobilization rate, production components and yield of wheat star in Weiss climate. Master Thesis. Islamic Azad University of Ahvaz. 104 pages.

Azhand, M., Saeidi, M., Abdoli, M., and Khas-Amiri, M. (2015). The impact of source limitations on yield formation, storage capacity and contribution of stem reserves to the growing grains of modern barley cultivars under post-anthesis water deficiency. Plant Knowledge Journal. 4(1): 13-24.

Bagherikia, S., Pahlevani, M. H., Yamchi, A., Zenalinezhad, K., and Mostafaie, A. (2017). Molecular and physiological analysis of flag leaf senescence and remobilization of assimilates in bread wheat under terminal drought stress. Agricultural Biotechnology Journal. 8(4): 1-16.

Bagherikia, S., Pahlevani, M.H., Yamchi, A., Zenalinezhad, K., and Mostafaie, A. (2018). Remobilization of stem soluble carbohydrates in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under terminal drought stress. Journal of Plant Process and Function. 7(24): 53-72.

Bahrami, K., Pirasteh Anousheh, H., and Imam, Y. (2014). Yield and growth traits of barley cultivars under foliar application of different concentrations of Cycocel at tillering stage in Fars province. Crop Physiology Journal. 6 (21): 28-17. (In persian with english abstract).

Bahrani, A., Heidari Sharif Abad, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Moafpourian, G. H., and Ayneh Band, A. (2011). Remobilization of dry matter in wheat: effects of nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling. New Zealand Journal Crop Horticultural Science. 39(4): 279-293.

Bani Saeedi, A.K., and Motamedi, M. (2020). The effect of nitrogen consumption on grain yield and remobilization of maize dry matter under drought stress conditions. Journal of Plant Ecophysiology. 12 (41): 68-77. (In persian with english abstract).

Burton, J. D., Pedersen, M. K., and Coble, H. D. (2008). Effect of cyclanilide on auxin activity. Journal of Plant Growth Regulation. 27: 342-352.

Emam, Y., and Seghatoeslami, M.J. (2005). Crop yiled, physiology and processes. shiraz university press.shiraz, Iran. 599 pp.

F.A.O. (2018). FAO Food and Agricultural commodities production. Available online at: http://www.faostat.fao.org/site/339/default/aspex/.

Haghjoo, M., and Bagrani, A. (2015). Grain yield, dry matter remobilization and chlorophyll content in maize (*Zea mays* L.) as influenced by nitrogen and water deficit. Bangladesh Journal of Botany. 44(3): 359-365.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., and Jalilian, J. (2016). Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interaction. 11(1): 130-137.

Khan, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., and Jan, I.U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. Journal of plant nutrition. 41(4): 453-460.

Kumar, J., Madan, L., and Krishan, P. (2012). Effect of Cycocel on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Hort Flora Research. 12: 162-164.

Lopes, M. S., Reynolds, M. P., Jalal-Kamali, M. R., Moussa, M., Feltaous, Y., Tahir, I. S. A., Barma, N., Vargas, M., Mannes, Y., and Baum, M. (2012). The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. Field Crops Research Journal. 128: 129-136.

Mahmoodi Zoeek, R., Nasri, M., and Oveysi, M. (2015). Effects of humic acid sprying on yield and nutrients transition to wheat grain in drought stress condition. Agronomic Research in Semi Desert Regions. 12(2): 119-131.

Maibangsa, S., Thangaraj, M., and Stephen, R. (2000). Effect of brassinosteriod and salicylic acid on rice grown under low irradiance condition. Indian Journal Agriculture Research. 34: 258-260.

Mehraban, A., Tobe, A., Gholipouri, A., Amiri, E., Ghafari, A., and Rostaii, M. (2019). The effects of drought stress on yield, yield components, and yield stability at different growth stages in bread wheat cultivar (*Triticum aestivum* L.). Polish Journal of Environmental Studies. 28(2): 739-746.

Mehrabian Moghaddam, N. M., Arvin, J., Khajouinejad, G. R., and Maghsoudi, K. (2011). Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. Qurterly Seed and Plant Improvement Journal. 27(2): 41-55.

Mohsen Nia, A., and Jalilian, J. (2012). The effect of drought stress and fertilizer sources on yield and yield increase of safflower. Journal of Agroecology. 4(3): 235-245. (In persian with english abstract).

Mojaddam, M., A. Naderi, Q. Noor Mohammadi, A.A. Siadat, A. Aynehband. (2009). Effect of water scarcity stress, nitrogen management on grain yield, dry matter remobilization rate and

current photosynthesis of grain corn in Khuzestan (Ramin) climatic conditions. Crop Physiology Journal. 1 (1): 86-95. (In persian with english abstract).

Naderi, A., Akbari Moghaddam, H., and Mahmoodi, K. (2013). Evaluation of bread wheat genotypes for terminal drought stress tolerance in South-Warm regions of Iran. Qurterly Seed and Seed Plant Improvement Journal. 29(1): 601-616. (In persian with english abstract).

Namarvari, M., Ghodratallah fathi, A., Bakhshandeh, M.H., Gharineh, S., JafariNimroori, M., Fathi, Q.A., Bakhshandeh, A.M., Qarineh, M.H., and Jafari, S. (2013). The effect of irrigation timing and different fertilizer systems (NPK application) and manure on remobilization and current photosynthesis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant productions. 36 (2): 91-102. (In persian with english abstract).

PirastehAnosheh, H., Emam, Y., and Khaliq, A. (2016). Response of cereals to cycocel application. Iran Agricultural Research. 35(1):1-12. (In persian with english abstract).

Radwan, F. I., Gomaa, M. A., Rehab, I.F., and Samera, N., and Adam, I.A. (2015). Impact of humic acid application foliar micronutrients and biofertilization on growth, production and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Middle East Journal of Agriculture research. 4(2): 130-140.

Rajala, A. (2004). Plant growth regulators to manipulate oat stands. Agricultural Food Science. 13: 186-197.

Rokh Afrooz, Kh., Imam, Y., and Pirasteh Anousheh, H. (2016). Effect of chloroquate chloride on yield and yield components of three wheat cultivars under drought stress conditions. Journal of Crop production and processing. 6(20): 111-123. (In persian with english abstract).

Saini, H. S., Sedgley, M., and Aspinall, D. (2010). Effect of Heat stress during floral development on pollen tube growth and ovary anatomy in wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal Plant Physiology. 10: 137-144.

Saruhan, V., Kusvuran, A., and Babat, S. (2011). The effect of different humicacid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*panicum miliaceu* l.). Agronomy Journal. 4:130-133.

Schnyder, H. (1993). The role of carbohydrate and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling. New Phytol. 123: 233-245.

Sedaqat, M.A., and Imam, Y. (2017). Effect of application of plant growth regulators on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 19 (2): 147-132. (In persian with english abstract).

Shekoofa, A., and Emam, Y. (2008). Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. Journal of Agricultural Science Technology. 10: 101-108.

Talebzadeh, S.J., Hadi, H., Amirnia, R., Tajbakhsh Shishvan, M., Rezaei, M., and Moradali, M. (2017). Investigation of reservoir limitation and distribution of photosynthetic materials of wheat genotypes under drought stress at the end of the growing season. Crops Improvement. 19 (3): 717-732. (In persian with english abstract).

Torfi, F., and Shokuohfar, A.R. (2019). The effect of humic acid on yield, yield components and physiological characteristics of wheat in low irrigation conditions. Qurterly Journal of Plant Production Science. 9 (2): 131-121. (In persian with english abstract).

Tsanaktsidis, C. G., Christidis, S. G., and Favvas, E. P. (2013). A novel method for improving the physicochemical properties of diesel and jet fuel using polyaspartate polymer additives. Fuel. 104: 155-162.

Zhou, L., Monreal, C., Xu, Sh., McLaughlin, N., Zhang, H., Hao, G., and Liu, J. (2019). Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. Geoderma Science Direct. 338: 269-280.