اثر پاکلوبوترازول بر میزان توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه سه رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش گرما

حسن نوریانی*

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور، ایران.

* نویسنده مسئول: H_noryani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تنظیم‌کننده رشد گیاهی پاکلوبوترازول در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل بر میزان توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه سه رقم گندم، دو آزمایش جداگانه به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار در منطقه دزفول در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. آزمایش اول شامل کاشت ارقام گندم (استار، ویریناک و چمران) در تاریخ کشت توصیه شده (اول آذرماه) بود و به منظور مصادف شدن مراحل فنولوژیکی رشد گیاه بعد از گرده‌افشانی با تنش گرمای پایان فصل، تاریخ کشت در آزمایش دیگر، اول بهمن‌ماه در نظر گرفته شد. در هر آزمایش، چهار سطح پاکلوبوترازول شامل صفر، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه رقم گندم نان شامل استار، ویریناک و چمران به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مصرف پاکلوبوترازول باعث افزایش معنی‌دار میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای و فتوسنتز جاری ارقام گندم در هر دو شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل گردید. تنش گرما، میزان توزیع مجدد و میزان فتوسنتز جاری را به‌ترتیب حدود ۱۲ و ۳۱ درصد کاهش داد. میانگین سهم توزیع مجدد ارقام گندم در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب، ۱۷ درصد افزایش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان سهم توزیع مجدد در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب به‌ترتیب به رقم دیررس استار و زودرس ویریناک اختصاص داشت. در این تحقیق، اثر مثبت مصرف پاکلوبوترازول بر شیب تغییرات میزان عملکرد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب بیش‌تر بود، به‌طوری‌که میانگین افزایش عملکرد دانه تیمارهای کاربرد پاکلوبوترازول در ارقام گندم مورد مطالعه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف پاکلوبوترازول)، در شرایط مطلوب حدود ۱۷ درصد و در شرایط تنش گرمای پایان فصل، حدود ۲۳ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده رشد، تنش گرما، عملکرد، گندم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

مقدمه

عملکرد دانه در گندم محصول پایانی فرآیند تولید مواد پرورده و مسیرهای مصرفی آن است، به‌طوری‌که میزان عملکرد دانه به تعادل بین جذب و ساخت مواد آلی در منابع و مصرف مخازن وابسته است و ممکن است به‌وسیله یکی از آن دو، محدود شود. وزن دانه از سه منبع فتوسنتز جاری بعد از گرده‌افشانی، انتقال کربوهیدرات‌هایی که قبل از گرده‌افشانی در گیاه تولید و ذخیره شده و بعد از گرده‌افشانی به دانه منتقل می‌گردد، این فرآیند اصطلاحاً حرکت مجدد نامیده می‌شود و انتقال کربوهیدرات‌هایی که بعد از گرده‌افشانی و در دوری رشد بطئی دانه، یعنی دوره‌ای که اسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل شده، بیش از نیاز دانه‌ها بوده و بنابراین به‌صورت موقت در گیاه ذخیره می‌شوند، (این فرآیند را اصطلاحاً انتقال مجدد می‌نامند) تأمین می‌گردد. مجموع انتقال و حرکت مجدد، اصطلاحاً توزیع مجدد نامیده می‌شود (Ehdaie *et al.,* 2006). وزن بیش‌تر دانه با پر شدن سریع‌تر دانه و طولانی‌تر کردن این جریان همراه است. این در حالی است که دمای محیط در زمان پر شدن دانه چنان‌چه با فتوسنتز بیش‌تر همراه نباشد، هر چند سرعت رشد دانه را افزایش می‌دهد، بر مدت زمان رشد دانه اثر سوء بیش‌تری داشته و آن را کاهش می‌دهد و در نتیجه از وزن نهایی دانه کاسته می‌شود (رادمهر و همکاران، ۱۳۸۴). اگرچه گندم دارای دامنه سازگاری گسترده‌ای به شرایط متفاوت آب و هوایی است، ولی بسیاری از عوامل زیستی و غیرزیستی عملکرد آن را محدود می‌سازد. تنش گرما یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده محیطی در تولید گندم می‌باشد. مرحله زایشی در گندم حساس‌ترین دوره نسبت به دمای بالا است (ارشد و همکاران، ۱۳۹۱). دمای بالا در زمان گرده‌افشانی سبب کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن دانه می‌شود که هر دو آن‌ها اثر زیادی بر عملکرد دانه دارند (Khanna-Chopra and Viswanathan, 2001; Prasad *et al.,* 2008). اگرچه تداوم جریان حرکت مواد از منبع به مخزن سیستم آوندی محدودکننده نخواهد بود، اما از آن جایی که در فرآیند توزیع مجدد در هر دو قسمت، یعنی انباشت مواد در اندام‌های رویشی و حرکت و انتقال مجدد آن‌ها انرژی مصرف می‌شود، بنابراین، افزایش دوام فتوسنتز و انباشت مواد حاصل از آن در دانه نسبت به توزیع مجدد مواد، ترجیح داده خواهد شد (Ehdaie *et al.,* 2006). Blum (۲۰۰۴) بیان داشت که اختلاف ارقام در توزیع مجدد ماده خشک به شرایط محیطی، اندازه مخزن، میزان و سرعت پر شدن آن بستگی دارد. از آن جایی که عملکرد دانه همبستگی بالایی با فتوسنتز برگ پرچم دارد، لذا در شرایط تنش‌های محیطی، حفظ فتوسنتز برگ پرچم باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. یکی از مهم‌ترین آثار فیزیولوژیکی کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی است. پاکلوبوترازول یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که به گروه تری‌آزول‌ها تعلق دارد (فهیمی، ۱۳۸۷). یکی از اثرات سودمند پاکلوبوترازول به‌عنوان بازدارنده رشدی این است که مواد یاد شده می‌تواند در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

مراحل متعدد بیوسنتز ژیبرلین و استرول ایجاد اختلال نماید (Sara *et al.,* 2015). گذشته از اثر تنظیم‌کننده رشد گیاهی در آن‌ها، این مواد قادر به افزایش تحمل بسیاری از گونه‌های تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای و هم‌چنین مخروطیان، به انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی، مانند بیمارگرهای قارچی، تنش خشکی، آلاینده‌های هوا و شرایط نامساعد مربوط به دماهای پایین و بالا هستند (Manal *et al.,* 2013). از این رو، به آن‌ها محافظت‌کننده‌های چند منظوره گیاهی نیز می‌گویند (Priyanka *et al.,* 2015). گزارش شده است که محافظت گرمایی القاء شده در گندم توسط پاکلوبوترازول با افزایش مقادیر آسکوربات، گلوتاتیون، آسکوربات‌پراکسیداز، گویاکول‌پراکسیداز و کاتالاز همراه است (Kraus *et al.,* 1991). این موضوع نشان می‌دهد که افزایش توان گیاهان تیمار شده جهت حذف رادیکال‌های آزاد، نقش ارزشمندی را در تحمل به گرمای القاء شده توسط تری‌آزول‌ها بازی می‌کند. برهمکنش موجود میان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و مواد فتوسنتزی جاری و اثر این مواد بر روی تخصیص فتوسنتزی مزبور و هم‌چنین اندوخته‌سازی و تحرک کربوهیدرات‌ها و وابستگی آن‌ها به شرایط آب و هوایی به ویژه وقوع تنش‌ها و سرانجام اختلافات رقمی در پاسخ به تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفته است (Knapp *et al.,* 2005; Fletcher and Hofstra, 1994). پژوهشگران مزبور دریافتند که گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول، نسبت به انواع تیمار نشده، دیرتر به بیشینه شاخص سطح برگی می‌رسند، که این مسئله می‌تواند به تداوم بیش‌تر شاخص سطح برگ در دوره پس از گرده‌افشانی و دوام بیش‌تر فتوسنتز جاری بیانجامد. مطالعات انجام شده توسط رضوی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که پاکلوبوترازول در محافظت از تنش شوری در گیاهچه‌های کلزا مؤثر است. بر این اساس و با توجه به اهمیت مصرف مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی و هم‌چنین وجود تنش‌های محیطی مانند تنش گرمای پایان فصل در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر استان خوزستان از یک سو و اینکه مطالعات چندانی جهت ارزیابی اثر این عوامل بر ارقام گندم انجام نشده است. از سوی دیگر، هدف از این تحقیق، ارزیابی چگونگی فرآیند توزیع مجدد مواد فتوسنتزی، تعیین سهم توزیع مجدد و میزان فتوسنتز جاری در رشد دانه سه رقم گندم نان، تحت اثر تنظیم‌کننده رشد گیاهی پاکلوبوترازول در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی برخی از جنبه‌های فیزیولوژیکی فرآیند توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، برآورد میزان فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه و صفات وابسته به آن در سه رقم گندم نان، این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام گردید. این تحقیق، در دو آزمایش مستقل هر یک به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در منطقه دزفول (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی) به اجرا درآمد. آزمایش اول شامل کاشت ارقام در تاریخ کشت توصیه شده (اول آذر ماه) بود و به منظور

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.25.7.2]

مصادف شدن مراحل فنولوژیکی رشد گیاه بعد از گرده‌افشانی با تنش گرمای پایان فصل، تاریخ کشت در آزمایش دیگر، اول بهمن‌ماه در نظر گرفته شد. در هر آزمایش، چهار سطح تنظیم‌کننده رشد گیاهی پاکلوبوترازول (صفر، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) که در ابتدای مرحله ساقه رفتن به‌صورت محلول‌پاشی بر روی اندام‌های هوایی گیاه اعمال گردید، به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه رقم گندم نان (استار، ویریناک و چمران) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. در این پژوهش، هر کرت شامل شش خط کشت به طول هفت متر و فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع اعمال گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک محل آزمایش و توصیه کودی، مقادیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس مورد نیاز اعمال گردید. به منظور تعیین میزان توزیع مجدد مواد فتوسنتزی، فتوسنتز جاری و صفات وابسته به آن، در مرحله ظهور سنبله ساقه‌های اصلی خطوط دو و پنج هر کرت با نخ رنگی نشان‌دار شده و در زمان گرده‌افشانی، سنبله‌های اصلی که از نظر گرده‌افشانی تقریباً یکنواختی داشتند، برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر استفاده گردید. جهت بررسی مقدار ماده خشک در فرآیند توزیع مجدد، کارایی فرآیند توزیع مجدد، سهم فرآیند توزیع مجدد و متابولیزم جاری در وزن دانه، ارزیابی روی ساقه‌های اصلی علامت‌گذاری شده، انجام گرفت. بدین صورت که در مرحله گرده‌افشانی از ساقه‌های اصلی علامت‌گذاری شده در سطح ۰/۲۵ مترمربع، نمونه‌ها کف‌برو وزن خشک اندام‌های رویشی (اندام‌های هوایی غیر از دانه) با قرار دادن در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین با ترازوی دقیق، تعیین گردید (نادری و همکاران، ۱۳۷۹). عمل نمونه‌برداری تا رسیدگی فیزیولوژیکی، یعنی زمانی که وزن دانه ثابت و یا تغییرات آن اندک بود، ادامه یافت. جهت برآورد موارد مذکور از روابط پیشنهادی Plauta و همکاران (۲۰۰۴) به‌صورت زیر استفاده گردید:

رابطه ۱: $A = B - C$

رابطه ۲: $D = (A / B) \times 100$

رابطه ۳: $E = (A / F) \times 100$

رابطه ۴: $G = F - A$

رابطه ۵: $H = 100 - E$

A: ماده خشک منتقل شده در فرآیند توزیع مجدد (گرم در مترمربع)

B: وزن خشک اندام‌های هوایی غیر از دانه هفت روز پس از گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)

C: وزن خشک اندام‌های هوایی غیر از دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (گرم در مترمربع)

D: کارایی فرآیند توزیع مجدد (درصد)

E: سهم فرآیند توزیع مجدد در عملکرد دانه (درصد)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

F: عملکرد دانه (گرم در مترمربع)

G: میزان متابولیسم جاری (گرم در مترمربع)

H: سهم متابولیسم جاری در عملکرد دانه (درصد)

برای تعیین نقطه حداکثر تجمع ماده خشک در اندام‌های هوایی غیر از دانه، نمونه‌برداری به فاصله یک هفته از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت و وزن خشک هر مرحله پس از گذاشتن در آون، با ترازوی دقیق تعیین گردید (نادری و همکاران، ۱۳۷۹). پس از آزمون بارتلت و اطمینان از متجانس بودن واریانس‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌ها انجام شد. همبستگی بین صفات برای هر آزمایش به‌طور جداگانه محاسبه شد. جهت ارزیابی سهم صفات مؤثر بر عملکرد از تجزیه رگرسیون گام به گام (Stepwise Regression) استفاده شد. مقایسه میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت. جهت رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی

تجمع و ذخیره مواد و قدرت نگهداری آن در اندام‌های رویشی بستگی زیادی به شرایط رشد قبل و بعد از گرده‌افشانی دارد. تحت شرایط مناسب کشت از نظر حرارت، آبیاری و مواد غذایی از جمله نیتروژن، میزان اسیمیلاسیون کربن افزایش یافته و مقداری از این مواد در اندام‌های رویشی ذخیره می‌گردد (Villegas *et al.*, 2001). نتایج تجزیه واریانس مرکب دو محیط برای وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی نشان داد، تفاوت محیط بر روی این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). تغییرات وزن خشک در اثر تنش گرما نشان داد که میانگین این صفت در تاریخ کاشت دیرهنگام (تحت تنش گرما) نسبت به شرایط مطلوب، حدود ۱۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). Tewolde و همکاران (۲۰۰۷) و هم‌چنین مدحج و همکاران (۱۳۹۰) اثر تنش گرما را روی برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گندم مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند، اگرچه سرعت رشد گیاه در دماهای بالا افزایش یافت، اما میزان وزن خشک در واحد سطح کاهش نشان داد. هم‌چنین در این آزمایش اثر پاکلوبوترازول و رقم روی وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در حالی که تفاوت اثر متقابل پاکلوبوترازول و رقم بر روی صفت مذکور معنی‌دار نگردید (جدول ۱). افزایش میزان مصرف تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول در هر دو شرایط مطلوب و تنش گرما، باعث افزایش وزن خشک اندام‌های رویشی گردید (جدول ۲). اثر مثبت پاکلوبوترازول روی وزن خشک در آزمایش‌های دیگر نیز گزارش گردیده است. در اکثر نتایج ارائه شده، افزایش تولید ماده خشک ناشی از مصرف بیش‌تر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

پاکلوبوترازول، به اثر مثبت آن بر گسترش و تداوم سطح برگ و افزایش کارایی استفاده از تشعشع نورانی نسبت داده شده است (Gilley and Fletcher, 1997). در این تحقیق، رقم دیررس استار از وزن خشک اندام‌های رویشی بیش‌تری نسبت به رقم زودرس ویریناک و میان‌رس چمران در مرحله گرده‌افشانی برخوردار بود (جدول ۲). نتایج مشابهی مبنی بر وزن خشک اندام‌های رویشی کم‌تر ارقام زودرس نسبت به ارقام دیررس توسط Yang و همکاران (۲۰۰۳)، روحی و طهماسبی سروستانی (۱۳۸۵) نیز گزارش گردیده است.

جدول ۱: خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی، میزان توزیع مجدد و فتوسنتز جاری، سهم توزیع مجدد، وزن کاه در مرحله رسیدگی و عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)					
		وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی	میزان توزیع مجدد	میزان فتوسنتز جاری	سهم توزیع مجدد	وزن کاه در مرحله رسیدگی	عملکرد دانه
محیط	۱	۶۳۲۲۸۹/۳۴۵*	۹۳۶۱/۵۰۰**	۹۵۷۵/۰۰۰**	۵۷۵/۲۶۰*	۴۴۵۹۴۶/۳۴۵*	۱۹۶۱۱۳/۷۶۰**
تکرار (محیط)	۶	۴۲۷۸۸/۸۹۳ ns	۱۰۴۹/۵۲۸ ns	۳۳۸۳/۸۸۲ ns	۴۹۶/۱۳۵ ns	۱۶۷۹۲/۴۶۹ ns	۱۲۴۹۷/۲۰۷ ns
پاکلوبوترازول	۳	۲۷۵۰۰۰/۸۸۱*	۶۴۴۲/۷۲۳*	۲۳۵۶۷/۹۰۳*	۲۲۷۱/۱۷۸**	۲۴۲۹۲۷/۶۲۴*	۴۴۷۶۵/۸۱۶**
محیط × پاکلوبوترازول	۳	۸۸۷/۵۶۵*	۷۷۵/۶۱۱**	۲۹/۶۳۹ ns	۸/۰۹۴*	۱۴۵۲/۲۰۵*	۱۵۳/۸۷۲**
خطای (a)	۱۸	۱۰۳/۷۱۴	۵/۴۱۷	۱۶۶/۲۲۵	۱/۰۶۱	۴۲۲/۱۴۵	۱۰۴/۷۹۷
رقم	۲	۳۳۵۹۴/۰۳۱**	۲۷۶۸/۵۷۳*	۵۰۸۴/۵۱۰**	۱۶۸/۱۳۵*	۲۷۴۱۲/۶۹۸*	۱۱۵۱۳/۱۶۸**
محیط × رقم	۲	۲۱۳۸۴/۰۲۵**	۱۳۲۳/۶۵۶**	۷۰۵۶/۶۹۵*	۴۷/۰۱۰**	۱۹۱۴۸/۸۵۲**	۸۲۸۵/۱۹۶**
رقم × پاکلوبوترازول	۶	۸۶/۰۸۷ ns	۲/۸۳۷ ns	۲۰۰/۴۹۷*	۳/۵۵۲*	۳۲۷/۳۹۲ ns	۱۷۸/۱۳۹ ns
محیط × پاکلوبوترازول × رقم	۶	۸۳۲/۷۵۳*	۵/۴۷۶ ns	۱۳۱/۸۳۶**	۱۶/۵۹۴*	۳۶۹/۰۱۷ ns	۲۳/۰۲۸ ns
خطای (b)	۴۸	۱۱۴/۹۰۶	۵/۵۰۷	۲۱/۰۷۶	۱/۱۸۴	۴۶۵/۶۸۴	۱۰۶/۲۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۰/۱	۱۳/۷	۱۲/۵	۱۰/۲	۱۶/۱	۱۴/۸

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۲: مقایسه میانگین‌های وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی، میزان توزیع مجدد و فتوسنتز جاری، سهم توزیع مجدد، وزن کاه در مرحله رسیدگی و عملکرد دانه در سطوح مختلف پاکلوبوترازول و سه رقم گندم مورد مطالعه در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل

تیمار	وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)		میزان توزیع مجدد (گرم در مترمربع)		میزان فتوسنتز جاری (گرم در مترمربع)		سهم توزیع مجدد (درصد)		وزن کاه در مرحله رسیدگی (گرم در مترمربع)		عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	
	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش
پاکلوبوترازول												
صفر	۷۹۳ b	۶۳۶ b	۱۲۵ b	۱۰۸ b	۲۰۲ c	۱۳۵ c	۳۹ a	۴۵ a	۶۶۵ c	۵۲۹ c	۳۲۸ b	۲۴۳ c
۵۰	۸۳۸ b	۶۸۷ ab	۱۲۹ a	۱۱۲ ab	۲۲۳ b	۱۵۳ b	۳۶ a	۴۲ a	۷۰۹ b	۵۷۵ bc	۳۵۱ b	۲۶۵ b
۱۰۰	۸۹۶ a	۷۳۵ a	۱۳۲ a	۱۱۷ a	۲۵۱ a	۱۷۰ ab	۳۴ a	۴۰ a	۷۶۴ ab	۶۱۸ b	۳۸۳ ab	۲۸۶ b
۱۵۰	۱۰۵۱ a	۸۷۳ a	۱۳۵ a	۱۲۳ a	۲۹۶ a	۲۱۸ a	۳۱ b	۳۵ b	۹۰۷ a	۷۵۰ a	۴۳۱ a	۳۴۰ a
رقم												
استار	۹۵۰a	۷۵۰ a	۱۳۷ a	۱۲۱ a	۲۴۰ a	۱۵۰ b	۳۸ a	۴۷ a	۸۱۳ a	۶۳۳ a	۳۸۰ a	۲۶۷ b
ویریناک	۸۴۰b	۷۳۷ a	۱۲۴ b	۱۱۰ b	۲۲۱ b	۱۸۶ a	۳۴ a	۳۶ b	۷۱۵ b	۶۲۵ a	۳۳۸ b	۲۹۵ a
چمران	۸۹۵ a	۷۱۱ b	۱۳۰ a	۱۱۴ ab	۲۶۸ a	۱۷۱ a	۳۲ a	۳۹ b	۷۵۵ ab	۵۹۴ b	۴۰۲ a	۲۸۸ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای

یکی از عوامل تعیین کننده پتانسیل تجمع کربوهیدرات‌ها در قسمت‌های مختلف ساقه گندم و توزیع مجدد آن‌ها به دانه‌های در حال رشد، وزن مخصوص آن‌ها می‌باشد. با افزایش وزن مخصوص بخش‌های مختلف ساقه، میزان ذخایر آن‌ها

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

برای توزیع مجدد افزایش می‌یابد. ذخایر موجود در اندام‌های رویشی گیاه در مرحله پر شدن دانه که فتوسنتز جاری قادر به تأمین همه نیازهای مخزن نمی‌باشد، طی فرآیند توزیع مجدد به دانه منتقل می‌گردند (Blum, 2004). بر اساس نتایج این تحقیق، میزان توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به‌طور معنی‌داری تحت اثر محیط، سطوح مختلف پاکلوبوترازول و رقم قرار گرفت (جدول ۱). میزان کاهش میانگین توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب، حدود ۱۲ درصد ارزیابی گردید (جدول ۲). Prasad و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایش خود، کاهش میزان توزیع مجدد در شرایط تنش گرمای پایان فصل را در ژنوتیپ‌های مختلف گندم، به دلیل کاهش معنی‌دار وزن خشک این ژنوتیپ‌ها در مرحله گرده‌افشانی بیان نمودند. در این آزمایش، اثر مثبت و معنی‌داری بین افزایش مصرف تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول و میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای وجود داشت، به‌طوری‌که با افزایش سطح پاکوبوترازول در هر دو محیط، میزان توزیع مجدد افزایش یافت (جدول ۲). با بررسی سطوح مختلف پاکلوبوترازول بر میزان توزیع مجدد گیاه می‌توان نتیجه گرفت، افزایش میزان پاکلوبوترازول از طریق افزایش وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی، افزایش میزان توزیع مجدد در واحد سطح را در پی داشت. در این شرایط به نظر می‌رسد، مصرف پاکلوبوترازول به دلیل تولید سطح برگ بالاتر و داوم سطح برگ بیش‌تر گیاه توانسته علاوه بر بالا نگهداشتن میزان فتوسنتز جاری، از مقدار توزیع مجدد بیش‌تری نیز برخوردار باشد. بیات و همکاران (۱۳۸۹) ابراز داشتند، هنگامی که فتوسنتز جاری به هر دلیل در طول پر شدن دانه‌ها محدود گردد، ذخایر ساقه، غلاف برگ و برگ‌ها به‌عنوان منابع کربن و نیتروژن برای تکمیل پر شدن دانه و پایداری وزن دانه مهم تلقی می‌گردند. مقایسه میانگین‌ها در شرایط مطلوب نشان داد، رقم استار از میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای بیش‌تری نسبت به ارقام ویریناک و چمران برخوردار بود (جدول ۲). در این حالت می‌توان گفت، رقم استار که از وزن خشک اندام‌های رویشی بیش‌تری در مرحله گرده‌افشانی برخوردار بود، کربوهیدرات‌های بیش‌تری نسبت به ارقام دارای دوره رشد کوتاه، از این طریق تخصیص داده است. اردلانی و همکاران (۱۳۹۳) وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان توزیع مجدد و وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی را گزارش نمودند. بنابراین، کاهش میزان توزیع مجدد ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل در اثر کاهش وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی را می‌توان دلیلی بر وجود همبستگی مذکور بین این صفت و وزن خشک اندام‌های رویشی برشمرد.

میزان فتوسنتز جاری

نتایج تجزیه واریانس مرکب این تحقیق نشان دادکه اثر محیط، پاکلوبوترازول، رقم و نیز برهمکنش آن‌ها بر میزان فتوسنتز جاری معنی‌دار بود (جدول ۱). اگرچه نتایج جدول ۲ نشان داد که میانگین میزان فتوسنتز جاری در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب، حدود ۳۱ درصد کاهش یافت، اما در این تحقیق اثر مثبت و معنی‌داری بین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.25.7.2]

افزایش مصرف پاکلوبوترازول و میزان فتوسنتز جاری وجود داشت، به‌طوری‌که با افزایش سطح پاکلوبوترازول از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان فتوسنتز جاری افزایش یافت، هر چند از نظر آماری، اختلاف بین سطوح تیماری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر از این لحاظ معنی‌دار نبود (جدول ۲). به نظر می‌رسد، تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول از طریق افزایش میزان و پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی (به خصوص کلروفیل) و در نتیجه حفظ ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها به واسطه دوام بیش‌تر سطح آن‌ها، توانست وابستگی وزن دانه گیاه را به میزان فتوسنتز جاری جهت پر نمودن دانه‌ها افزایش دهد. هم‌چنین در این آزمایش، رقم زودرس ویریناک به دلیل برخورد کم‌تر مراحل نموی آن با تنش گرما و استفاده بیش‌تر از فعالیت فتوسنتزی اجزای خود (برگ و سنبله)، از میزان فتوسنتز جاری بیش‌تری نسبت به ارقام چمران و استار برخوردار بود (جدول ۲).

سهم توزیع مجدد

در شرایطی که آب به اندازه کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، عمدتاً مواد حاصل از فتوسنتز جاری تأمین‌کننده وزن دانه‌ها هستند، البته شرایط دمایی در انتهای دوره رسیدگی نیز بر این موضوع اثر دارد. نتایج تجزیه واریانس مرکب این مطالعه نشان داد که اثر محیط، پاکلوبوترازول، رقم و نیز برهمکنش آن‌ها بر سهم توزیع مجدد، در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین سهم توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه ارقام گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب، حدود ۱۷ درصد افزایش یافت (جدول ۲). Plauta و همکاران (۲۰۰۴) گزارش نمودند که تنش گرمای پایان فصل باعث افزایش سهم توزیع مجدد شده و کاهش سهم فتوسنتز جاری در این شرایط که به دلیل پیری زودرس برگ‌ها و کاهش تولید مواد فتوسنتزی رخ داده تا حدودی از طریق افزایش سهم توزیع مجدد جبران گردید. هم‌چنین در این تحقیق، اثر تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول روی سهم توزیع مجدد کاهشی و معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که تیمار پاکلوبوترازول از یک طرف باعث افزایش تولید و ذخیره ماده خشک در بخش‌های رویشی گیاه مانند ساقه، برگ و دمبرگ شده و از طرف دیگر با افزایش دوام سطوح فتوسنتزکننده و حفظ فتوسنتز جاری در مرحله پس از گرده‌افشانی، موجبات کاهش معنی‌دار سهم توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها را فراهم نمود و در عوض سهم فتوسنتز جاری در پر شدن دانه افزایش داد. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد، سهم توزیع مجدد در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب در تمامی ارقام افزایش یافت. در این تحقیق، رقم استار به دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد پایانی و برخورد بیش‌تر این دوره با شرایط گرم پایان فصل، از سهم توزیع مجدد بیش‌تری نسبت به ارقام چمران و ویریناک، برخوردار بود (جدول ۲). این نتایج با گزارش ارشد و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت داشت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

وزن کاه در مرحله رسیدگی

یکی از شاخص‌های مهم رشد که از آن به‌عنوان معیار اندازه‌گیری مجموع بافت‌های فتوسنتزکننده و تنفس‌کننده نام برده می‌شود، وزن خشک کل گیاه است. نتایج تجزیه واریانس مرکب این تحقیق نشان داد که اثر محیط، پاکلوبوترازول و رقم و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها روی وزن کاه در مرحله رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین وزن کاه مرحله رسیدگی در تاریخ کشت دیرهنگام نسبت به تاریخ کشت مطلوب، حدود ۱۹ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد تأخیر در تاریخ کشت از طریق افزایش سرعت رشد و کاهش مراحل نموی، باعث کاهش ماده خشک کل گردیده است. هم‌چنین در این آزمایش در هر دو محیط، با افزایش سطح پاکلوبوترازول از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌گرم، وزن کاه در مرحله رسیدگی افزایش یافت (جدول ۲). به نظر می‌رسد، بیش‌تر بودن وزن کاه در مرحله رسیدگی در سطوح بالای پاکلوبوترازل، ناشی از وزن بیش‌تر بخش‌های رویشی نظیر برگ و ساقه در مرحله مذکور باشد، زیرا افزایش میزان مصرف تنظیم‌کننده پاکلوبوترازول با اثر مثبتی که بر روی توسعه و دوام سطوح فتوسنتزکننده داشت، نه تنها در مرحله گرده‌افشانی باعث تجمع ماده خشک بیش‌تر در اندام‌های رویشی گردید، بلکه با افزایش میزان و سهم فتوسنتز جاری، باعث افزایش وزن خشک در مرحله رسیدگی نیز گردید. هم‌چنین در شرایط تنش گرمای پایان فصل، میانگین وزن کاه مرحله رسیدگی در هر سه رقم مورد مطالعه، کاهش یافت (جدول ۲). در این باره می‌توان گفت، وزن خشک گیاه در مرحله رسیدگی، تابع وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی بوده و نوسانات به وجود آمده در فرآیند توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای و هم‌چنین میزان فتوسنتز جاری در اثر تیمارهای مختلف، باعث تغییراتی در آن شده است.

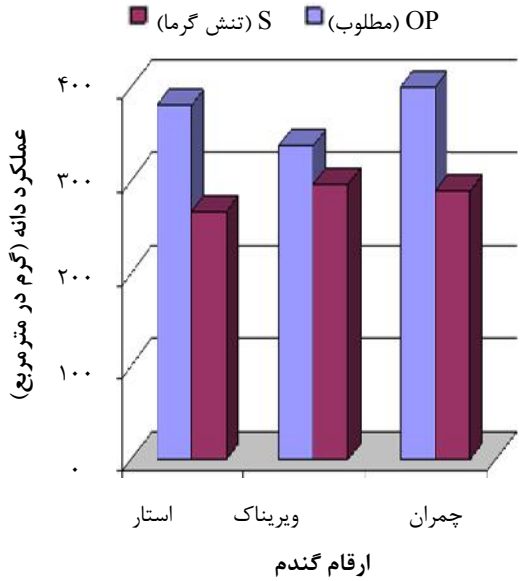
عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت اثر تیمارهای مورد آزمایش و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین این نتایج مشخص نمود که میانگین کاهش عملکرد دانه ارقام مورد مطالعه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب، حدود ۲۴ درصد بود (جدول ۲). در این تحقیق کم‌ترین عملکرد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب، به رقم دیررس استار (۲۶۷ گرم در مترمربع) و بیش‌ترین میزان آن به رقم زودرس ویریناک (۲۹۵ گرم در مترمربع) اختصاص داشت و رقم میان‌رس چمران نیز با میانگین ۲۸۸ گرم در مترمربع، عملکردی بین دو رقم یاد شده داشت (شکل ۱). از آن جایی که رقمی مانند ویریناک که از زمان گل‌دهی و گرده‌افشانی زود هنگام‌تری در شرایط تنش گرمای پایان فصل برخوردار بود، شیب تغییرات عملکرد دانه کم‌تری داشت و در مقابل، گرده‌افشانی دیر هنگام در رقم استار باعث برخورد بیش‌تر مرحله پر شدن دانه این رقم با تنش گرمای پایان فصل و کاهش وزن دانه و در نتیجه عملکرد دانه شد. بنابراین می‌توان گفت ارقام زودرسی هم‌چون

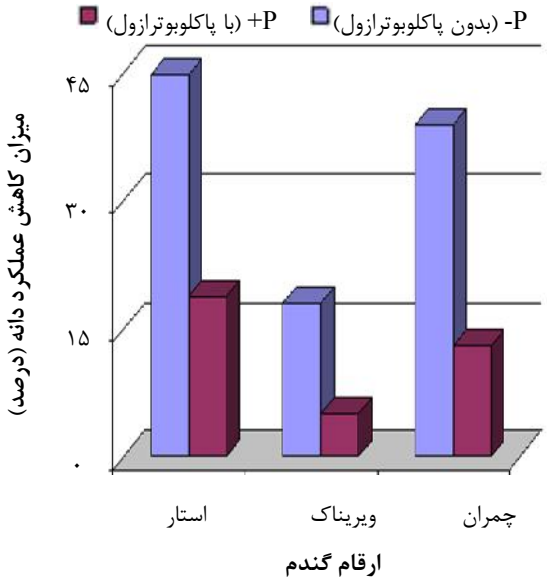
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

ویریناک، مرحله پر شدن دانه را پیش از فرا رسیدن گرما به پایان رسانیده، لذا وزن دانه و هم‌چنین عملکرد دانه این رقم کم‌تر تحت اثر تنش مذکور قرار گرفت. نتایج مشابهی توسط بیات و همکاران (۱۳۸۹) گزارش گردیده است. Tewolde و همکاران (۲۰۰۷) نیز با بررسی اثر تنش گرمای پس از گرده‌افشانی با استفاده از دو تاریخ کاشت مطلوب و دیر هنگام بر ژنوتیپ‌های مختلف گندم گزارش نمودند، کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های دیررس به علت برخورد بیش‌تر مراحل پس از گرده‌افشانی با تنش گرما و کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن دانه بود. هم‌چنین بیان شد که ظرفیت عملکرد دانه به توانایی رقم در سنتز، انتقال و ذخیره مواد غذایی در دانه بستگی دارد. افزایش میزان مصرف پاکلوبوترازول باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید (جدول ۲). در این تحقیق، اثر مثبت مصرف پاکلوبوترازول بر شیب تغییرات میزان عملکرد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب بیش‌تر بود، به‌طوری‌که میانگین افزایش عملکرد دانه تیمارهای کاربرد پاکلوبوترازول در ارقام گندم مورد مطالعه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف پاکلوبوترازول)، در شرایط مطلوب حدود ۱۷ درصد و در شرایط تنش گرمای پایان فصل، حدود ۲۳ درصد بود (جدول ۲). همان گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، مصرف پاکلوبوترازول در شرایط تنش گرما نسبت به تیمار عدم مصرف پاکلوبوترازول (تیمار شاهد)، باعث کاهش کم‌تر عملکرد دانه ارقام گندم مورد مطالعه گردید. بنابراین، می‌توان گفت که تیمار نمودن ارقام گندم با پاکلوبوترازول، همگام با افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، توان دریافت نور و انجام عمل فتوسنتز در گیاه را تقویت نموده و در این شرایط، باعث بهبود عملکرد دانه گردید. این نتایج، بر اهمیت مدیریت مصرف تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول در شرایط محیطی دارای تنش گرمای آخر فصل دلالت دارد.



شکل ۱: میزان عملکرد دانه ارقام در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل



شکل ۲: تغییرات عملکرد دانه ارقام تحت اثر مصرف و عدم مصرف پاکلوبوترازول

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

مطالعه همبستگی بین صفات و پارامترهای فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری در شرایط بدون تنش و تنش گرما بین عملکرد دانه و میزان فتوسنتز جاری مشاهده شد، در حالی که همبستگی این صفت با سهم توزیع مجدد منفی گردید (جدول‌های ۳ و ۴). با توجه به مقادیر ضرایب همبستگی عملکرد دانه با سهم توزیع مجدد بر اساس داده‌های مربوط به شرایط مطلوب (r=۰/۴۵) و تنش گرما (r= -۰/۵۸*) می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش به دلیل محدودیت نسبی سنتز اسیمیلات‌ها در فرآیند فتوسنتز جاری، اثر پس‌خوری این فرآیند بر توزیع مجدد مواد به دانه کاهش یافته است، اما با توجه به هزینه انرژی مصرف شده در تجمع و حرکت مواد در توزیع مجدد، کارایی استفاده از عوامل مؤثر در تولید بر اساس وزن نهایی کاهش می‌یابد. هم‌چنین همبستگی منفی بین سهم توزیع مجدد و عملکرد دانه در هر دو شرایط، نشان می‌دهد با کاهش عملکرد دانه، سهم توزیع مجدد افزایش یافته است. به عبارت دیگر، افزایش سهم توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای در جهتی بوده است که کاهش عملکرد دانه را در شرایط تنش محیطی تا حدی جبران نماید.

جدول ۳: ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مختلف مورد ارزیابی در شرایط مطلوب

صفات	عملکرد دانه	وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی	میزان توزیع مجدد	میزان فتوسنتز جاری	سهم توزیع مجدد
وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی	۰/۵۳*				
میزان توزیع مجدد	۰/۵۹*	۰/۷۳*			
میزان فتوسنتز جاری	۰/۷۶**	۰/۲۶	۰/۳۱		
سهم توزیع مجدد	-۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۵۷*	-۰/۶۵*	
وزن کاه در مرحله رسیدگی	۰/۲۴	۰/۳۸	-۰/۶۲*	۰/۶۷*	-۰/۳۳

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۴: ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مختلف مورد ارزیابی در شرایط تنش گرمای پایان فصل

صفات	عملکرد دانه	وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی	میزان توزیع مجدد	میزان فتوسنتز جاری	سهم توزیع مجدد
وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی	۰/۶۴*				
میزان توزیع مجدد	۰/۵۲*	۰/۴۸			
میزان فتوسنتز جاری	۰/۸۱**	۰/۲۴	۰/۲۸		
سهم توزیع مجدد	-۰/۵۸*	-۰/۳۵	۰/۴۳	-۰/۷۲**	
وزن کاه در مرحله رسیدگی	۰/۳۷	۰/۴۱	-۰/۶۵*	۰/۵۸*	-۰/۳۶

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

این نتایج با یافته‌های احمدی و همکاران (۱۳۸۳) مطابقت داشت. همبستگی میزان فتوسنتز جاری با سهم توزیع مجدد منفی و معنی‌دار بود و بیانگر این نکته است که هرچه فتوسنتز جاری بیش‌تر باشد، نیاز به ذخایر اندام‌های رویشی کم‌تر شده و سهم توزیع مجدد در انتقال ذخایر به دانه کم‌تر می‌گردد. به نظر می‌رسد که اثر پس‌خور فتوسنتز جاری از طریق محدودیت مخزن باعث چنین همبستگی شده است. به عبارت دیگر، در شرایطی که مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای پر شدن دانه کافی باشد، حرکت و توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای محدود می شود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.25.7.2]

نادری و همکاران (۱۳۷۹) بیان نمودند که نقش فتوسنتز جاری در وزن دانه را می‌توان به‌عنوان یک مکانیزم انتخابی قلمداد نمود، زیرا در فرآیند توزیع مجدد در هر دو مرحله انباشت و حرکت مجدد مواد ذخیره‌ای، انرژی متابولیکی مصرف می‌شود. با توجه به این که در فرآیند حرکت اسیمیلات‌های جاری به دانه، مصرف انرژی کم‌تر است، بازده حرکت مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه بالاتر خواهد بود. همبستگی بین وزن کاه در مرحله رسیدگی با میزان و سهم توزیع مجدد منفی و معنی‌دار گردید. این موضوع نشان می‌دهد با افزایش تنش و کاهش فتوسنتز جاری، توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای به دانه افزایش یافته که این وضعیت موجبات کاهش وزن کاه در مرحله رسیدگی را فراهم آورده است. Winzeler و Nosberger (۲۰۰۹) نیز هماهنگی قوی را بین نیاز دانه به مواد فتوسنتزی و تغییر در وزن خشک و کربوهیدرات‌های غیرساختاری اندام‌های رویشی (ساقه) گزارش نموده‌اند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله گرده‌افشانی و عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایش، به نظر می‌رسد که سهم بیش‌تر توزیع مجدد در رقم استار با وزن خشک بالای این رقم در مرحله گرده‌افشانی، مربوط باشد. این نتایج با گزارش مدحج و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت داشت.

نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات مورد بررسی به‌عنوان متغیرهای مستقل در جدول‌های ۵ و ۶ آمده است. در شرایط مطلوب (بدون تنش گرما) از میان صفات مورد مطالعه، صفت میزان فتوسنتز جاری نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که به تنهایی ۵۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مرحله دوم صفت وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی با ضریب تبیین جزء ۰/۱۹۸ در مدل وارد گردید. این دو متغیر در مجموع ۷۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (جدول ۵). همبستگی مثبت و بالای میزان فتوسنتز جاری و عملکرد دانه نیز تأییدکننده این مدل می‌باشد. این نتایج با گزارش نادری و همکاران (۱۳۷۹) که بیان نمودند، مکانیزم‌های خودتنظیمی گیاه در روند تکامل و انتخاب آن در جهت حداکثر استفاده از عوامل محیطی به موازات انرژی کم‌تر (استفاده از فتوسنتز جاری در پر شدن دانه‌ها) بوده است، مطابقت داشت. در شرایط تنش گرما، سهم توزیع مجدد به همراه میزان فتوسنتز جاری در توجیه تغییرات عملکرد دانه، در مجموع ۸۴ درصد از تغییرات آن را تبیین نمودند (جدول ۶).

کاهش اثر رقابتی سهم توزیع مجدد با فتوسنتز جاری در شرایط تنش گرمای آخر فصل در ژنوتیپ‌های متحمل، دلالت بر نقش میزان و سهم توزیع مجدد در پایداری عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها دارد که به‌وسیله نتایج رگرسیون گام به گام در مدل تغییرات عملکرد دانه تأیید می‌گردد. بنابراین، شناخت عکس‌العمل گیاه نسبت به شرایط محیطی به‌وسیله این صفات، امکان درک و استفاده از مطالعات فیزیولوژیکی را برای دستیابی به مواد ژنتیکی و ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالاتر در شرایط متنوع محیطی را فراهم می‌نماید.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

جدول ۵: نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط مطلوب

متغیر اضافه شده به مدل	عرض از مبداء	ضرایب رگرسیون		ضریب تبیین جزء	ضریب تبیین مدل
		b_1	b_2		
میزان فتوسنتز جاری	۹۶/۲۲۴	۱/۱۳۹		۰/۵۸۲	۰/۵۸۲
وزن خشک در مرحله گرده‌افشانی	-۱۹۱۵/۶۵۲	۱/۳۶۷	۲/۱۸۶	۰/۱۹۸	۰/۷۸۰

جدول ۶: نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش گرمای آخر فصل

متغیر اضافه شده به مدل	عرض از مبداء	ضرایب رگرسیون		ضریب تبیین جزء	ضریب تبیین مدل
		b_1	b_2		
میزان فتوسنتز جاری	۹۵/۰۷۳	۱/۱۱۲		۰/۶۶۴	۰/۶۶۴
سهم توزیع مجدد	۷۷/۸۴۶	۱/۰۳۱	۰/۷۵۴	۰/۱۷۸	۰/۸۴۲

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش مصرف پاکلوبوترازول در هر دو محیط، میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای و میزان فتوسنتز جاری در هر سه رقم مورد مطالعه افزایش یافت. افزایش میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای را می‌توان به انباشت ماده خشک بیش‌تر در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی و افزایش در میزان فتوسنتز جاری را می‌توان به حفظ ظرفیت فتوسنتزی سطوح فتوسنتزکننده در گیاه نسبت داد. هم‌چنین به نظر می‌رسد که سهم فتوسنتز جاری در پر شدن دانه ناشی از مصرف پاکلوبوترازول به علت پایداری رنگیزه‌های فتوسنتزی در مراحل بعد از گرده‌افشانی و پایانی رشد، افزایش یافت. از طرف دیگر می‌توان اظهار نمود که اگرچه در شرایط آب و هوایی گرم به علت محدودیت نسبی سنتز اسیمیلات‌ها در فرآیند فتوسنتز جاری، فرآیند توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای به‌عنوان یک مکانیسم پشتیبانی‌کننده وزن دانه اهمیت نسبی دارد و تا اندازه‌ای کاهش عملکرد ناشی از گرمای زودرس را جبران می‌نماید، ولی با توجه به هزینه بالای انرژی مصرفی در تجمع ماده خشک و هم‌چنین تحرک مواد در فرآیند توزیع مجدد، باید اثر مهم عوامل تولید مانند تاریخ کاشت مناسب و کاربرد تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول، جهت استفاده بیش‌تر از فرآیند فتوسنتز جاری و افزایش سهم آن در وزن دانه را مدّ نظر قرار داد. در این تحقیق بیش‌ترین کاهش عملکرد مربوط به رقم استار بود که یک رقم دیررس و سازگار به تاریخ کشت مناسب می‌باشد. این کاهش بیش‌تر در شرایط تنش، به معنای سهم کم‌تر فتوسنتز جاری در رشد دانه و در نتیجه رشد دانه به هزینه ذخایر اندام‌های رویشی بود. با توجه به همبستگی مثبت بین فتوسنتز جاری و عملکرد دانه و هم‌چنین نتایج رگرسیون گام به گام، نقش فتوسنتز جاری آشکارتر می‌گردد. در هر دو شرایط محیطی مطلوب و تنش گرمای پس از گرده‌افشانی، میزان فتوسنتز جاری بیش‌تر از میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای بود، اما در شرایط تنش گرما، میزان فتوسنتز جاری نسبت به میزان توزیع مجدد کاهش بیش‌تری نشان داد. هم‌چنین در این آزمایش مشاهده گردید، محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول حتی در صورت عدم وقوع تنش، به دلیل آثار مثبت مورفولوژیکی،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

فنولوژیکی، فیزیولوژیکی و حفظ جریان فتوسنتز جاری در شرایط تنش گرمای آخر فصل، عملکرد دانه را به نحو مطلوبی افزایش داد. بنابراین، با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت که ارقام گندم مانند بسیاری از گیاهان زراعی دارای سازوکار درون‌خیز محافظت از تنش بوده و در این راستا مصرف پاکلوبوترازول موجب بروز بیش‌تر این توانایی گردیده است.

سپاسگزاری

این مقاله قسمتی از طرح پژوهشی است که با همکاری و حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه پیام نور استان خوزستان انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

احمدی، ع.، سی‌وسه‌مرده، ع. و زالی، ع. ۱۳۸۳. مقایسه توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و سهم آن‌ها در عملکرد چهار رقم گندم در شرایط آبیاری و تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵ (۴): ۹۳۱-۹۲۱.

اردلانی، ش.، سعیدی، م.، جلالی‌هنرمند، س.، قبادی، م. ا. و عبدلی، م. ۱۳۹۳. پاسخ‌های فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تنش خشکی پس از گرده‌افشانی. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶ (۲۱): ۵۹-۴۵.

ارشد، ی.، زهراوی، م. و عبادوز، غ. ۱۳۹۱. شناسایی منابع متحمل به تنش گرما در خوشاوندان گندم. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ۴ (۲): ۱۰۸-۹۷.

بیات، ز.، احمدی، ع. و سبکدست، م. ۱۳۸۹. الگوی توزیع مواد فتوسنتزی در ارقام گندم. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نبات ایران، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.۴۵۹۰-۴۵۸۸.

رادمهر، م.، لطفعلی‌آینه، غ. و مامقانی، ر. ۱۳۸۴. بررسی عکس‌العمل رقم‌های دیررس، متوسطرس و زودرس گندم نان نسبت به تاریخ کاشت‌های متفاوت، ۱- اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد چهار رقم گندم نان. مجله نهال و بذر. ۲۱ (۲): ۱۸۹- ۱۷۵.

رضوی‌زاده، ر.، کاظم‌زاده، م. و انتشاری، ش. ۱۳۹۲. تأثیر پاکلوبوترازول بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهچه‌های کلزا در شرایط تنش شوری. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۵ (۱۹): ۳۵-۴۸.

روحی، ا. و طهماسبی‌سروستانی، ز. ۱۳۸۵. بررسی میزان انباشت ماده خشک و توزیع مجدد آن در ارقام مختلف گندم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی. مجله علمی کشاورزی. ۲۹ (۲): ۶۳- ۵۵.

فهیمی، ح. ۱۳۸۷. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۱۴ ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

مدحج، ع.، نادری، ا.، امام، ی.، آینه بند، ا.، نورمحمدی، ق. و کیوان، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی اثر تنش گرمای پایان فصل و سطوح نیتروژن بر عملکرد و روند رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط محیطی خوزستان. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۲۴ (۳): ۱۷-۹.

نادری، ا.، هاشمی‌دزفولی، ا.، مجیدی‌هروان، ا.، رضایی، ع. و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. مطالعه همبستگی صفات مؤثر بر وزن دانه و تعیین اثر برخی از پارامترهای فیزیولوژیک بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی. مجله نهال و بذر ۱۶ (۳): ۳۸۶-۳۷۴.

Blum, A. 2004. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. Euphitica 100: 77-83.

Ehdaie, B., Alloush, 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.

Fletcher, R.A. and Hofstra, G. 1994. Triazoles as potential plant protectants. In sterol synthesis inhibitors in plant protection, D. Berg and M. Plempel (Eds.) Cambridge: Ellis Horwood Limited 321-331.

Gilley, A. and Fletcher, R.A. 1997. Relative efficacy of paclobtrazol, propinozole and tetraconazole as stress protectants in wheat seedlings. Journal of Plant Growth Regulation 21: 169-175.

Khanna-Chopra, R. and Viswanathan, C. 2001. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of T. aestivum and related species. I. Stability in yield and yield components. Euphytica 106: 169-180.

Knapp, J.S., Harms, C.L. and Volenec, J. 2005. Growth regulator effects on wheat culm nonstructural and structural carbohydrates and lignin. Crop Science 44: 1201-1205.

Kraus, T.E., Murr, D.P. and Fletcher, R.A. 2004. Uniconazole inhibits stress-induced ethylene in wheat and soybean seedlings. Journal of Plant Growth Regulation 23: 229-234.

Manal, M.E.H., Abd-Allah, S. and Abdel-Razik, A. 2013. Effects of paclobutrazol on mitigation of temperature stress induced by manipulation of sowing date in wheat plant. The Egyptian Journal of Experimental Biology 9: 125-135.

Plauta, Z., Butowb, B.J., Blumenthalb, C.S. and Wrigley, C.W. 2004. Transport of dry matter in to developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crop Research 86: 185-198.

Prasad, P.V., Pisipati, S.R., Ristic, Z., Bukovnik, U. and Fritz, A.K. 2008. Impact of nighttime temperature on physiology and growth of spring wheat. Crop Science 148: 2372-2380.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]

Priyanka, T., Vikram, N., Dhiman, S.R. and Gupta, Y.C. 2015. Effect of growing media, pinching and paclobutrazol on growth and flowering of barleria cristata for suitability as pot plant. The Indian Journal of Agricultural Sciences 85: 143-158.

Sara, R.T, Deborah, G.M. and Bert, M.C. 2015. Effects of paclobutrazol and fertilizer on the physiology, growth and biomass allocation of three Fraxinus species. Urban Forestry and Urban Greening 14: 590-598.

Tewolde, H., Fernandez, C.J. and Erickson, C.A. 2007. Wheat cultivars adapted to post-heading high temperature stress. Crop Science 192: 111-120.

Villegas, D., Aparicio, N., Blanco, R. and Royo, C. 2001. Biomass accumulation and main stem elongation of durum wheat grown under Mediterranean conditions. Annals of Botany 88: 617-627.

Winzeler, H. and Nosberger, J. 2009. Dry matter production and content of nonstructural carbohydrates during the grain filling period as influenced by different pre-grain filling temperatures in two spring wheat cultivars. Z. Acker. Pflanzenbau 149: 318-327.

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z. and Zhu, Q. 2003. Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelet in rice. Journal of Plant Growth Regulation 41: 185-195.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.25.7.2]