اثر پاکلوبوترازول بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در تنش خشکی

شهرام امیرمرادی[۱] و منصوره کرمانی*[۲]

۱ و ۲) استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: kermani.m@pnurazavi.ac.ir

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

چکیده

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در مشهد بر ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600 اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل پاکلوبوترازول با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و۳۰ میلی‌گرم بر لیتر و سطوح تنش خشکی شامل آبیاری پس از ۵۰ (بدون تنش)، ۷۰ (تنش خفیف)، ۱۰۰ (تنش متوسط) و ۱۵۰ (تنش شدید) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود. محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول در دو مرحله (مرحله ۸-۶ برگی و تکرار دو هفته بعد) صورت گرفت. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و عملکرد علوفه تر در اثر تنش خشکی کاهش و میزان پرولین برگ و الیاف نامحلول در شوینده خنثی افزایش معنی‌داری داشت، اما درصد و عملکرد پروتئین تغییر معنی‌داری نکرد. کاربرد پاکلوبوترازول در تنش متوسط و شدید باعث افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و عملکرد علوفه تر و نیز کاهش میزان پرولین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد. همچنین پاکلوبوترازول باعث افزایش عملکرد پروتئین در شرایط تنش و بدون تنش گردید. بیش‌ترین عملکرد علوفه تر (۱۰۳ تن در هکتار) در تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در شرایط تنش شدید و کم‌ترین عملکرد علوفه تر (۷۲ تن در هکتار) در شرایط عدم کاربرد پاکلوبوترازول در تنش شدید به‌دست آمد. کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در تنش متوسط و شدید توانست با کاهش اثر تنش خشکی، عملکرد علوفه تر ذرت را به‌ترتیب به میزان ۲۴ و ۴۳ درصد افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تنظیم کننده رشد، ذرت علوفه‌ای و عملکرد علوفه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (Turhan, and Baser, 2004). دست‌یابی به راه‌کارهای مناسب جهت صرفه‌جویی آب و افزایش سطح زیرکشت گیاهان مورد توجه پژوهشگران است (بیگلوئی و همکاران، ۱۳۹۲). گیاهان علوفه‌ای نقش انکارناپذیری در تأمین نیازهای غذائی دام‌ها دارند. ذرت علوفه‌ای با نام علمی *Zea mays* امروزه بخش مهمی از جیره روزانه دام‌ها در دامپروری مدرن را به خود اختصاص می‌دهد (جامعی و همکاران، ۱۳۷۹) . محققان نشان دادند که اعمال تنش شدید خشکی در طی دوره رشد ذرت باعث کاهش ماده خشک می‌شود (Pandey *et al.*, 2000). برخی از محققان با مقایسه شرایط بدون تنش و تنش خشکی در ذرت اظهار کردند که میزان فتوسنتز خالص، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، درصد رطوبت نسبی، عملکرد دانه و شاخص برداشت در اثر تنش کاهش یافت (Makumbi *et al.*, 2011). پاکلوبوترازول (PBZ[1]) یک کاهش دهنده رشد گیاهی است که به گروه تریازول‌ها تعلق دارد (Boldt, 2008). اثر فیزیولوژیکی پاکلوبوترازول شامل تغییرات در رشد، مورفولوژی گیاه، افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و تغییرات مقدار و نسبت تنظیم‌کننده‌های آندوژنی است (Steffens and Wang, 1986). این تنظیم کننده رشد با کاهش رشد شاخه‌ها و افزایش رشد ریشه‌ها، موجب افزایش نسبت ریشه به ساقه می‌شود (Manivanna, 2008). پاکلوبوترازول باعث کاهش آسیب‌های غشایی، افزایش محتوای نسبی آب و افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل و کاروتنوئید تحت شرایط تنش می‌شود. همچنین پاکلوبوترازول از طریق افزایش سیستم آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی شامل کارتنوئید، آسکوربات و آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز، کاتالاز و گلوتاتیون موجب افزایش پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاهان تحت تنش می‌شود (Jaleel *et al.*, 2007). بر اساس نظر محققان، پاکلوبوترازول باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال در رژیم رطوبتی ۷ روزه (بدون تنش) و افزایش عملکرد اقتصادی، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه دربلال در رژیم‌های رطوبتی ۱۱ روزه (تنش خفیف) و ۱۵ روزه (تنش شدید) شد (بیات و همکاران، ۱۳۸۹آ). در پژوهشی دیگر استفاده از پاکلوبوترازول تحت تنش خشکی متوسط و شدید باعث افزایش شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت شد (Bayat and sepehri, 2012). کاربرد پاکلوبوترازول در رژیم آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در گیاه فیلاریا (*Phillyrea angustifolia*) نیز باعث افزایش سطح برگ، وزن خشک، طول ریشه، تعداد پنجه، کارایی مصرف آب و نسبت ریشه به ساقه شد (Fernandez *et al.*, 2006). اعلامی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط

[1] Paclobutrazol

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

تنش خشکی باعث افزایش تراکم، وزن سرزنی و وزن خشک ریشه در چچم گردید. بررسی گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با PBZ در شرایط تنش سرمایی نشان داد که میزان پرولین در شرایط تنش و بدون اعمال PBZ به دلیل کاهش محتوای آبی افزایش یافت، ولی در گیاهان تیمار شده با PBZ کاهش میزان پرولین مشاهده شد، که می‌تواند به علت افزایش محتوای آبی گیاه به‌وسیله PBZ باشد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۵). محققان نشان دادند که پاکلوبوترازول از طریق افزایش مقدار کارتنوئیدها در گیاه تحت تنش و افزایش تجمع قندهای محلول نقش حفاظتی خود را ایفا می‌نماید (Amine and Hanan, 2011) در حال حاضر تولید محصولات زراعی درمناطق خشک و نیمه خشک ایران جز با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب امکان پذیر نیست. با توجه به اینکه تریازول‌ها باعث ایجاد تحمل به تنش‌های محیطی می‌شوند، لذا کاربرد چنین ترکیباتی که قادر به ایجاد تغییرات مفیدی در ساختار فیزیولوژیک گیاه باشند، در تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی نقش مهمی خواهد داشت. هدف ازاجرای این پژوهش بررسی اثر پاکوبوترازول در کاهش اثر تنش کم آبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۰ متر از سطح دریا در شهرستان مشهد اجرا شد. در این آزمایش فاکتور تنش خشکی شامل D1: آبیاری نرمال یا پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، D2: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش خفیف)، D3: آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A (تنش متوسط) و D4: آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید) و فاکتور محلول‌پاشی پاکلوبوترازول شامل غلظت‌های (P1: صفر ، P2: ۱۰، P3 : ۲۰ و P4: ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. قبل از انجام آزمایش، نمونه برداری از خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری انجام شد. نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول یک نشان داده شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	اسیدیته	ماده آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	رطوبت اشباع (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۲۵۱	۳/۲	۰/۱۶	۷/۵	۰/۶۴	۱/۳۲	۳۳/۸	۴۱	۲۴	۳۵

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.20084031397.10.39.3.7]

بر اساس نتایج آزمون خاک، کودهای فسفره (سوپرفسفات تریپل) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، پتاسه (سولفات پتاسیم) به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و ازته (اوره) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت استفاده شد. بذر ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600 بود که توسط دستگاه ردیفکار پنوماتیک در پنج اردیبهشت کشت شد. فاصله ردیف‌ها (پشته‌ها) از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل شش ردیف، هر یک به طول پنج متر بود که دو خط کناری و یک متر ابتدا و انتها به‌عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شد. عملیات داشت شامل وجین دستی و کوددهی اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط (در مرحله ۶-۸ برگی و یک ماه بعد) با دستگاه کودکار در کنار ردیف‌ها انجام شد. محلول پاکلوبوترازول با فرمول Butyl-β-(4-chlorobenzyl)--*tert*-α-(1,2,4, triazole-1-ethanol-1*H* با وزن مولکولی ۲۹۳/۷۹ از شرکت SIGMA-ALDRICH (Germany) تهیه شد. محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول در دو مرحله (مرحله ۸-۶ برگی و تکرار دو هفته بعد) صورت گرفت. پس از رسیدن محصول از هر کرت یک متر مربع به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ (LAI[1]) و عملکرد علوفه تر، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. سپس سه بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و برگ‌های آن در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۷۲ ساعت خشک گردیده و توزین شد. برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن کل از روش کجلدال براساس مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون استفاده شد. از حاصل‌ضرب نیتروژن کل در ضریب ۶/۲۵ درصد پروتئین خام نمونه‌ها محاسبه شد (Kjeldahl, 1883). عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد علوفه خشک به‌دست آمد (نخ‌زری مقدم، ۱۳۹۶). پرولین برگ به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. به این طریق که ۰/۲ گرم از بافت برگ در چهار میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد سائیده شد و توسط کاغذ صافی واتمن شماره دو صاف گردید. دو میلی‌لیتر از هموژن با دو میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (۱/۲۵گرم نین‌هیدرین در ۵۰ میلی‌لیتر محلول شامل ۳۰ میلی-لیتر اسید استیک خالص و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار) و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال در یک لوله آزمایش مخلوط شدند و یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس بلافاصله نمونه‌ها به ظرف حاوی یخ منتقل شدند تا واکنش خاتمه یابد و پس از آن به دمای اتاق منتقل شدند. سپس به محتویات داخل لوله آزمایش چهار میلی‌لیتر تولوئن افزوده و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت مخلوط شدند. پس از مدت ۲۰ دقیقه، جذب لایه رنگی فوقانی (حاوی تولوئن و پرولین) در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتوفوتومتر قرائت شد و مقدار پرولین بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد طبق رابطه یک تعیین شد.

رابطه۱: [میکرومول پرولین در گرم وزن تر]=[(میکرومول/میکروگرم پرولین) / (میلی‌لیتر تولوئن × ۱۱۵/۵ / میلی‌لیتر/میکروگرم)] / [(گرم نمونه)/۵]

[1] Leaf Area Index

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF[1]) با استفاده از روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) تعیین گردید. برای تهیه محلول شوینده خنثی، ۳۰ گرم سدیم لوریل سولفات، ۱۸/۶۱ گرم EDTA، ۶/۸۱ گرم سدیم بورات دکاهیدرات، ۴/۵۶ گرم سدیم هیدروژن فسفات بدون آب و ۱۰ میلی‌لیتر اتوکسی اتانول به حجم یک لیتر رسانیده شد. ابتدا شش عدد کروسیبل در آون (۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت یک ساعت قرار داده شدند تا به وزن ثابت برسند. پس از سرد شدن کروسیبل‌ها در دسیکاتور، وزن اولیه آن‌ها یادداشت شد. یک گرم نمونه خشک پودر شده به همراه ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول الیاف نامحلول در شوینده خنثی در هر کروسیبل ریخته شد و به دستگاه تجزیه الیاف[2] منتقل گردید تا به مدت یک ساعت بجوشد. سپس نمونه‌ها ۵ مرتبه با آب مقطر داغ شسته شده و کروسیبل‌ها به مدت سه ساعت در آون (۱۰۵ درجه سانتی-گراد) قرار گرفتند. وزن کروسیبل‌ها پس از سرد شدن در دسیکاتور یادداشت شد. آن‌گاه کروسیبل‌ها به کوره منتقل شده و باقی مانده نمونه‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت به خاکستر تبدیل شد. سرانجام کروسیبل‌ها به دسیکاتور منتقل شده و پس از سرد شدن توزین شدند. درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در هر نمونه با استفاده از رابطه دو محاسبه شد:

رابطه ۲: وزن اولیه نمونه ها/ (وزن کروسیبل بعد از کوره – وزن کروسیبل قبل از کوره) = درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SAS استفاده شد. میانگین داده‌ها نیز به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد از نظر آماری مقایسه شدند. نمودارها توسط برنامه Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال پنج درصد و برهمکنش تنش و پاکلوبوترازول بر ارتفاع ذرت علوفه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش سطوح تنش خشکی بدون اعمال پاکلوبوترازول، اثر نزولی معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشت. کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط مطلوب رطوبتی (نرمال) باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه شد. در تنش خفیف نیز این روند کاهشی با افزایش غلظت پاکلوبوترازول از صفر تا ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ادامه یافت، اما در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ارتفاع گیاه افزایش نشان داد. در تنش متوسط، ارتفاع گیاه در غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر غلظت‌های پاکلوبوترازول در همین سطح تنش بود. در تنش شدید ارتفاع گیاه در تمام غلظت‌های پاکلوبوترازول به‌طور معنی‌داری بالاتر از همین سطح تنش بدون اعمال پاکلوبوترازول بود.

[1] *Neutral* Detergent Fiber
[2] Foss Tecator, 2010, Fiber Tech analyzer, Sweden

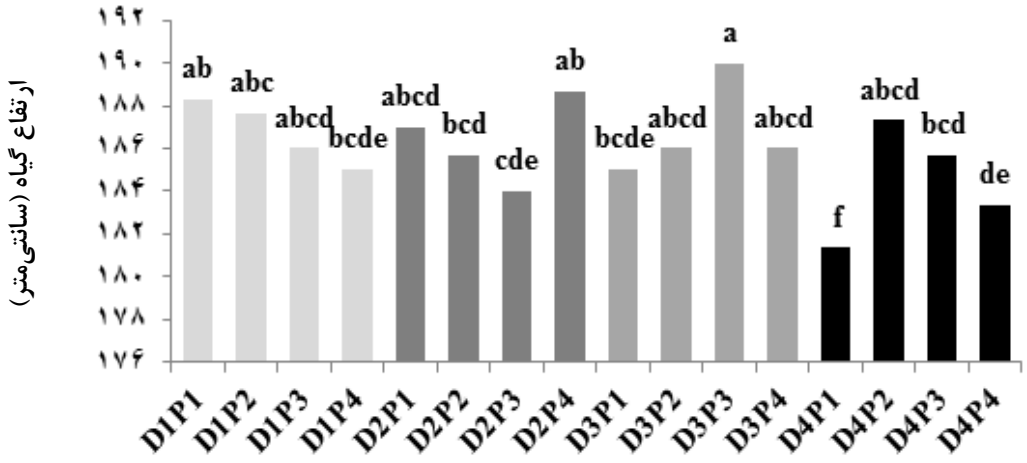
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس اثر پاکلوبوترازول و تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه در ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)							
		ارتفاع گیاه	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ	عملکرد علوفه تر	درصد پروتئین برگ	عملکرد پروتئین	میزان پرولین برگ	مواد نامحلول در شوینده خنثی
بلوک	۲	۴۵/۵۸۳	۱/۰۸۳	۰/۰۱۵	۱۴۹/۷۷	۳۰/۶۴	۵/۲۹۷	۰/۰۳	۰/۰۰۷	۲۸/۴۹۸
تنش خشکی	۳	۱۵/۹۰۹*	۶/۴۶۵*	۰/۸۶۳**	۶۲۵/۵۷*	۴۰/۲۴*	۱/۲۳۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۷۸*	۷/۲۸۳^{ns}
پاکلوبوترازول	۳	۳/۶۸۸^{ns}	۷/۷۴۳*	۰/۴۴**	۸۲۰۹/۵۲**	۵۰۵/۰۲*	۱/۳۰۱^{ns}	۰/۰۵۷**	۰/۱۴۸**	۶۴/۳۰۲**
تنش خشکی× پاکلوبوترازول	۹	۱۶/۶۳۲**	۵/۴۰۹*	۱/۶۸**	۱۱۰۷/۱۳**	۱۷۳/۷۹**	۰/۹۶۷^{ns}	۰/۰۲۹^{ns}	۰/۱۳۰**	۲۳/۶۳۵**
خطای آزمایشی	۳۰	۴/۵۶۱	۲/۲۲	۰/۰۲۶	۱۹۰/۰۱	۲۵/۸۹	۱/۶۳۹	۰/۰۱۴	۰/۶۸۸	۵/۴۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۱۵	۷/۷۷	۴/۴۷	۵/۰۱۷	۵/۴۴	۱۲/۴۸	۸/۵۴	۳/۷۴	۱۱/۶۵

*، **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

این موضوع نشان دهنده اثر پاکلوبوترازول با افزایش سطوح تنش در افزایش ارتفاع گیاه است، به‌طوری‌که در سطوح تنش کم‌تر کاربرد پاکلوبوترازول اثر قابل توجهی نداشت (شکل ۱).



برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول

شکل ۱: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر ارتفاع ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

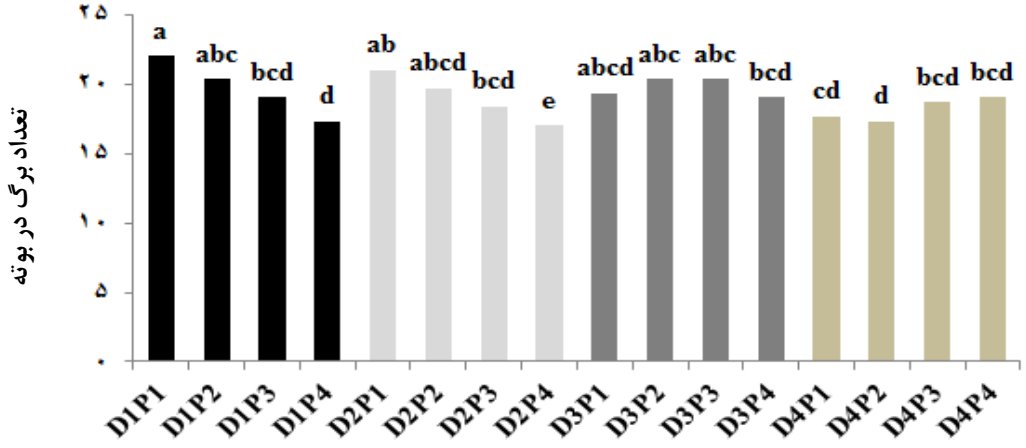
محققان گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته ذرت نسبت به شرایط نرمال می‌شود. آن‌ها دلیل این امر را کاهش میزان فتوسنتز و در نتیجه کاهش طول میانگره‌ها بیان نمودند (حاجی بابائی و عزیزی، ۱۳۹۳). بر اساس گزارش رضوی زاده و عمومیگی (۱۳۹۲) پاکلوبوترازول مهار کننده بیوسنتز جیبرلین می‌باشد و باعث کاهش ارتفاع گیاه در شرایط مطلوب رطوبتی می‌شود، اما این ماده در گیاهان تیمارشده تحت تنش خشکی باعث حفظ فشار تورژسانس از طریق

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

تعادل اسمزی شده و لذا اثر منفی خشکی را در گیاه خنثی می‌کند (Ozmen *et al.*, 2003). نتایج محققان در مورد اثر پاکلوبوترازول در کاهش ارتفاع گیاه (Salavati *et al.*, 2010; Fernandez *et al.*, 2006) با نتایج این پژوهش در شرایط بدون تنش مطابقت داشت. اما این ماده در تنش متوسط و شدید توانست تا حد زیادی اثرات کاهشی تنش خشکی بر ارتفاع گیاه را تعدیل کند (شکل ۱).

تعداد برگ

در این آزمایش اثر تنش خشکی، پاکلوبوترازول و برهم‌کنش این دو عامل بر تعداد برگ ذرت علوفه‌ای در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول نشان داد که تنش خشکی بدون اعمال پاکلوبوترازول، روی تعداد برگ اثر کاهشی داشته است که البته این کاهش فقط در تنش خشکی شدید معنی‌دار بود (شکل ۲). در شرایط بدون تنش و تنش خفیف با افزایش غلظت پاکلوبوترازول تعداد برگ گیاه روند نزولی داشت. اما در تنش متوسط در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول و در تنش شدید در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول افزایش اندکی در تعداد برگ مشاهده شد که البته از نظر آماری معنی‌دار نبود، ولی نشان‌دهنده توقف روند نزولی در کاهش تعداد برگ در اثر اعمال پاکلوبوترازول بود (شکل ۲).



شکل ۲: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر تعداد برگ در بوته ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

به‌نظر می‌رسد روند اثر پاکلوبوترازول در غلظت‌های مختلف و نیز واکنش گیاه در شدت‌های مختلف تنش خشکی متفاوت است. محققان نشان دادند که تنش شدید (۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در ذرت علوفه‌ای در مقایسه با سطح آبیاری نرمال (۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) باعث کاهش تعداد برگ شد (حاجی بابائی و عزیزی، ۱۳۹۳). تنش خشکی در زیتون رقم کوراتینا منجر به کاهش تعداد برگ شد، اما کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

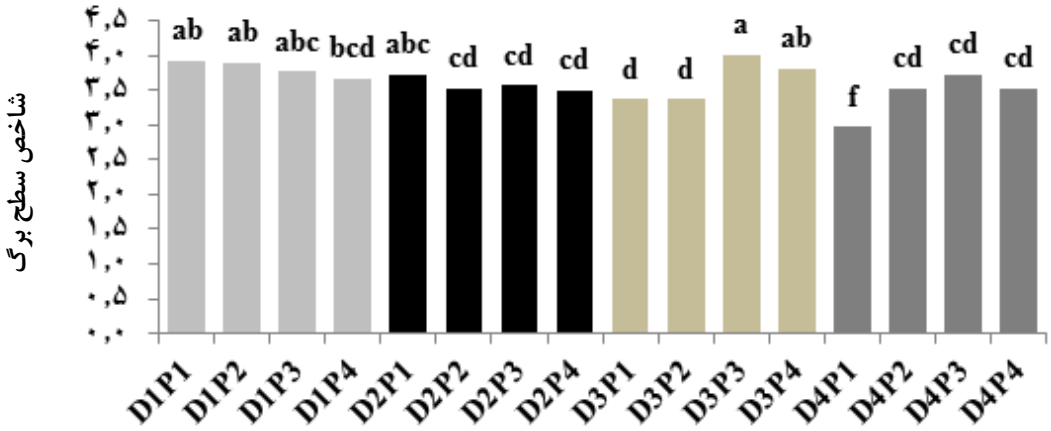
تنش، علاوه بر کاهش مصرف آب در افزایش کارایی مصرف آب از طریق کاهش رشد رویشی و افزایش رشد ریشه نقش مهمی داشت و لذا تعداد برگ تغییر معنی‌داری نکرد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۱). اثر کاهشی پاکلوبوترازول بر تعداد برگ در کوکب کوهی (*Rudbekhia hitra* L.) (حجتی و همکاران، ۱۳۸۹) و گیاه انبه (Yeshitela *et al.*, 2004) نیز گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. کاهش تعداد برگ در شرایط نرمال رطوبتی در اثر کاربرد پاکلوبوترازول - می‌تواند به دلیل افزایش هورمون آبسیزیک‌اسید باشد که در ریزش برگ‌ها موثر است (Bayat and Sepehri, 2012). البته اثر پاکلوبوترازول بستگی به ژنوتیپ گیاهی و غلظت مورد استفاده دارد، به‌طوری‌که در درخت هلو، غلظت‌های بالا تولید برگ را کاهش داده در حالی‌که غلظت‌های پایین تعداد برگ را تحت تاثیر قرار نداده است (Young 1983).

شاخص سطح برگ (LAI)

اثر تنش خشکی، پاکلوبوترازول و بر هم‌کنش این دو عامل بر شاخص سطح برگ ذرت علوفه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش سطوح تنش خشکی بدون اعمال پاکلوبوترازول، اثر نزولی معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشت. در شرایط بدون تنش و تنش خفیف، با افزایش غلظت پاکلوبوترازول شاخص سطح برگ روند کاهشی جزئی داشت که البته معنی‌دار نبود. در تنش متوسط، در غلظت ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول، شاخص سطح برگ افزایش چشم‌گیری نشان داد که این افزایش در غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول نسبت به شاهد در همین سطح تنش ۱۱ درصد بود. در تنش شدید هم، در تمام غلظت‌های پاکلوبوترازول شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از عدم اعمال این ماده در همین سطح تنش بود (شکل ۳). مقایسه رژیم‌های مختلف آبیاری در هیبریدهای ذرت نشان داد که سطح برگ با افزایش فواصل آبیاری کاهش می‌یابد (حاجی بابائی و عزیزی، ۱۳۹۳). محققان دیگری نیز کاهش سطح برگ ذرت را در اثر تنش خشکی گزارش کردند (Pandey *et al.*, 2000) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. گزارش شده که پاکلوبوترازول باعث کاهش سطح برگ در سیب‌زمینی (Tekalign and Hammes , 2005) و گلابی رقم بیروتی (جوادی، ۱۳۹۱) شده است. در تحقیق دیگری بر روی ریحان گزارش شده که کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط بدون تنش بر سطح برگ ریحان اثری نداشت، اما در شرایط تنش شوری توانست سطح برگ را افزایش دهد (کرامتی و همکاران، ۱۳۹۶). محققان نشان دادند که پاکلوبوترازول در ذرت در رژیم رطوبتی ۷ روزه باعث کاهش شاخص سطح برگ (۵/۳۱٪) و در دو رژیم ۱۱ و ۱۵ روزه باعث افزایش این شاخص به میزان ۷/۰۶ درصد و ۹/۳۹ درصد شد (بیات و همکاران، ۱۳۸۹ب). این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت. در حالت عادی تقسیم سلولی در لایه‌های بافت مریستمی برگ باعث افزایش اندازه برگ می‌شود. پاکلوبوترازول در شرایط بدون تنش با کاهش سطح جیبرلین میزان تقسیم شدن سلولی در صفحات مریستمی را کاهش داده و به دنبال آن سطح برگ کاهش می‌یابد (Yeshitel *et al.*, 2004). اما به نظر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

می‌رسد بهبود شاخص سطح برگ در شرایط تنش توام با کاربرد پاکلوبوترازول می‌تواند ناشی از افزایش تعداد سلول‌ها (kumar, *et al.*, 2006Kishore) و ماندگاری فعالیت فتوسنتز در اثر کاربرد پاکلوبوترازول باشد (Watson and Himelick, 2004).



برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول

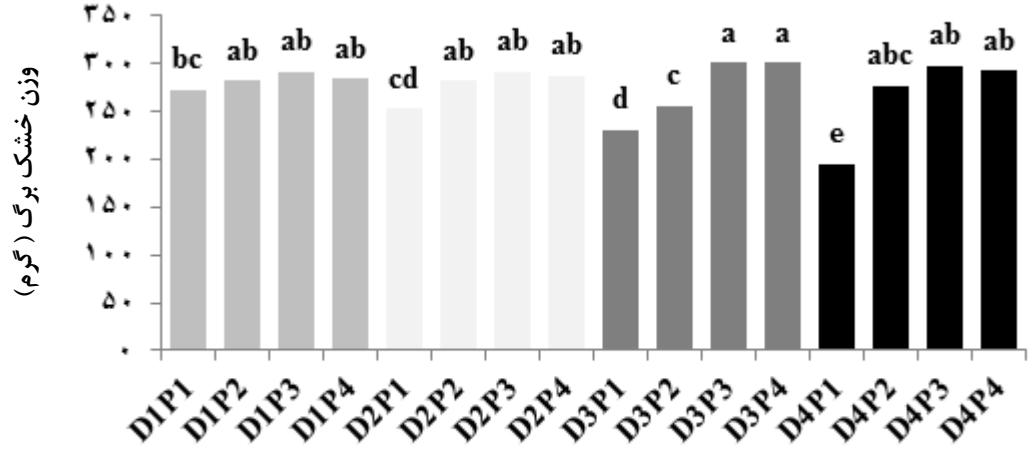
شکل ۳: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر شاخص سطح برگ ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

وزن خشک برگ

اثر تنش خشکی بر وزن خشک برگ درسطح احتمال پنج درصد و اثر پاکلوبوترازول و برهم‌کنش این دو فاکتور در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش وزن خشک برگ شد، به‌طوری‌که در تنش شدید وزن خشک برگ نسبت به شاهد ۳۵ درصد کاهش نشان داد (شکل ۴). مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش نشان داد که در شرایط بدون تنش، کاربرد پاکلوبوترازول باعث افزایش جزئی در وزن خشک برگ شد که البته این اثر معنی‌دار نبود. در تنش خفیف، متوسط و شدید، وزن خشک برگ با افزایش غلظت پاکلوبوترازول روند افزایشی معنی‌داری نشان داد. به‌طوری‌که این افزایش در تنش متوسط در غلظت‌های حداکثر پاکلوبوترازول نسبت به عدم مصرف آن ۲۳ درصد بود و در تنش شدید، در غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول نسبت به عدم استفاده از آن ۳۳ درصد بود (شکل ۴). این نتایج نشان می‌دهد که هر چه شدت تنش خشکی شدیدتر می‌شود، اثر کاربرد پاکلوبوترازول در افزایش وزن خشک برگ ذرت بیش‌تر است. اثر تنش خشکی در کاهش وزن خشک ذرت توسط برخی محققان گزارش شده است (بیات و همکاران، ۱۳۸۹ب). کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط تنش شوری توانست باعث افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی در نعنا فلفلی شود (Salavati *et al.*, 2010). در کنجد نیز کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی ماده خشک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.39.3.7]

کل را افزایش داد، به‌طوری‌که این افزایش در شرایط تنش چشمگیرتر بود (Abraham *et al.*, 2008). با توجه به اینکه رشد و تقسیم سلولی نیاز به حفظ فشار تورژسانس دارد و برای این منظور سلول‌ها باید حجم مناسبی برای تقسیم سلولی داشته باشند، با ایجاد تنش خشکی و به‌دنبال آن تنش اسموتیک، آب سلول‌ها ازدست رفته و فشار تورژسانس و حجم سلول‌ها کاهش یافته و این امر باعث کاهش رشد می‌شود (Xing and Zhu, 2002). پاکلوبوترازول در شرایط تنش خشکی، در تغییرات سیتوکینین‌ها موثر است (Zhu *et al.*, 2004). تغییر محتوای سیتوکینین، جیبرلین و آبسزیک اسید درون گیاه می‌تواند باعث ایجاد تعادل هورمونی جدیدی در گیاه شود که در واکنش مناسب گیاه به خشکی و افزایش وزن خشک آن موثر است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۶).



شکل ۴: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر وزن خشک برگ ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

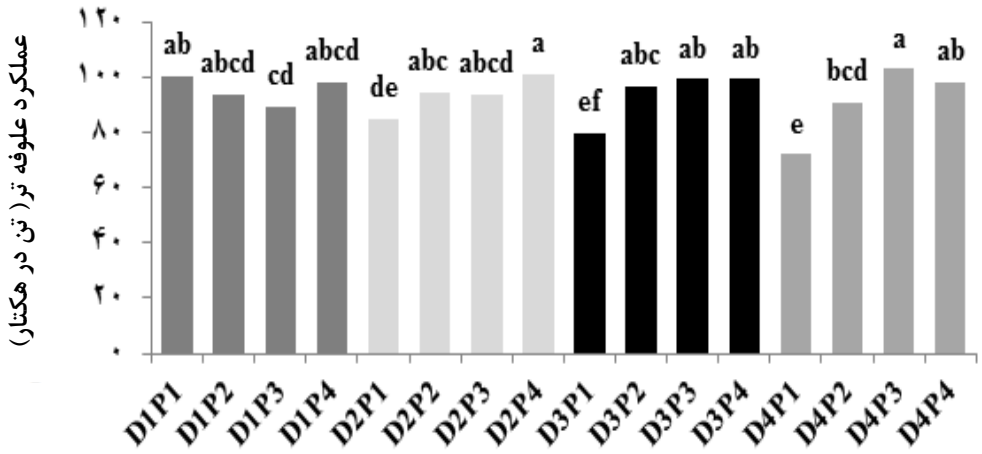
عملکرد علوفه تر

اثر تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر عملکرد علوفه در سطح ۵ درصد و برهمکنش تنش در پاکلوبوترازول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش عملکرد علوفه تر شد، به‌طوری‌که در تنش شدید عملکرد علوفه تر نسبت به شاهد در حدود ۳۰ درصد کاهش نشان داد. در شرایط عدم تنش، کاربرد پاکلوبوترازول تا سطح ۲۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش عملکرد علوفه گردید، اما کاربرد ۳۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول تغییری در عملکرد علوفه تر نشان نداد (شکل ۵). کاربرد پاکلوبوترازول در تمام سطوح تنش باعث افزایش عملکرد علوفه تر شد، به‌طوری،که بیش‌ترین عملکرد علوفه تر مربوط به تیمار ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول در تنش متوسط و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط تنش شدید بود. کم‌ترین عملکرد علوفه تر نیز مربوط به عدم کاربرد پاکلوبوترازول در تنش شدید بود (شکل ۵).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

محققان دیگری نیز کاهش عملکرد علوفه ذرت را در اثر تنش خشکی گزارش کردند (بیگلوئی و همکاران، ۱۳۹۲، حاجی بابائی و عزیزی، ۱۳۹۳). در این پژوهش، پاکلوبوترازول توانست اثرات تنش خشکی را تعدیل نماید و عملکرد علوفه تر را افزایش دهد. این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و درنتیجه افزایش سطح فتوسنتز کننده باشد. به‌طوری‌که در تنش متوسط و شدید کاربرد پاکلوبوترازول توانست باعث افزایش توامان شاخص سطح برگ (شکل ۳) و عملکرد علوفه تر (شکل ۵) شود. بر اساس نظر برخی محققان پاکلوبوترازول باعث افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل، کاروتنوئید) (Ozmen *et al.*, 2003) و تولید برگ‌های سبز تیره‌تر تحت شرایط تنش می‌شود (Manivanna, 2008). همچنین پاکلوبوترازول باعث افزایش رشد ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌شود، که همه این عوامل در افزایش عملکرد حائز اهمیت می‌باشند (Grossmann, 1990). کاهش عملکرد در شرایط عدم تنش در اثر کاربرد پاکلوبوترازول را می‌توان به افزایش هورمون آبسزیک اسید نسبت داد که باعث ریزش برگ‌ها می‌شود (Bayat and Sepehri, 2012). نجفی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که استفاده از پاکلوبوترازول در شرایط تنش شدید (درمرحله گل‌دهی) نسبت به آبیاری نرمال، عملکرد بیولوژیک ذرت را ۲۳درصد افزایش داد. در یک پژوهش دیگر درباره اثر پاکلوبوترازول در شرایط تنش خشکی در ذرت گزارش شده که در شرایط آبیاری نرمال استفاده از پاکلوبوترازول باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شد، اما در تنش متوسط (آبیاری ۱۱ روزه) و شدید (آبیاری ۱۵ روزه) عملکرد نسبت به شاهد افزایش داشت (Bayat and Sepehri, 2012). این نتیجه با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

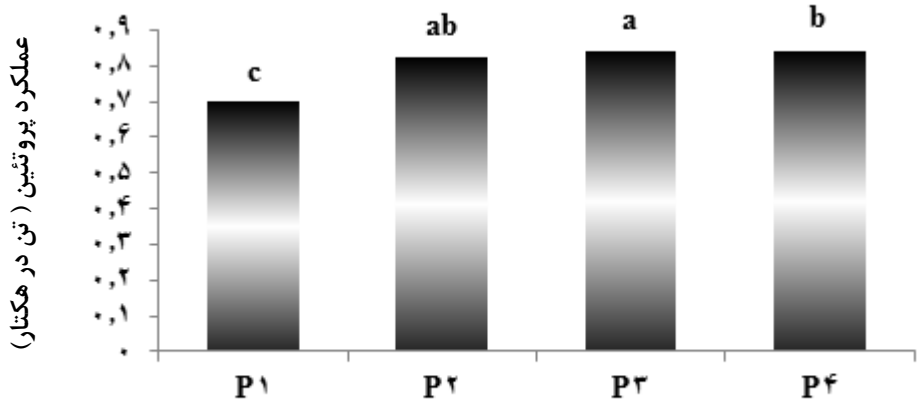


شکل ۵: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر عملکرد علوفه تر ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

درصد و عملکرد پروتئین

اثر پاکلوبوترازول بر درصد پروتئین معنی‌دار نبود، اما بر عملکرد پروتئین در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح پاکلوبوترازول نشان داد که تیمار پاکلوبوترازول توانسته است در شرایط تنش و بدون تنش در افزایش عملکرد پروتیئن‌های برگ نقش موثری داشته باشد (شکل ۶). افزایش یون سدیم در شرایط تنش خشکی درون سلول سبب ایجاد اختلال در واکنش‌های آنزیمی می‌شود. در بسیاری از آنزیم‌ها یون سدیم جایگزین یون پتاسیم (به‌عنوان کوفاکتور آنزیم) می‌شود که این امر باعث غیر فعال شدن آنزیم‌های سلولی می‌شود. با توجه به اینکه سنتز پروتیئن به مقدار زیادی پتاسیم دارد، لذا این اختلال باعث کاهش میزان پروتیئن می‌شود (Parida and Das, 2005). بر اساس نظر محققان پاکلوبوترازول در شرایط تنش خشکی می‌تواند از طریق کاهش تجمع سدیم و جلوگیری از کاهش مقدار پتاسیم در گیاه نقش محافظتی داشته باشد (رضوی‌زاده و عمویگی، ۱۳۹۲).



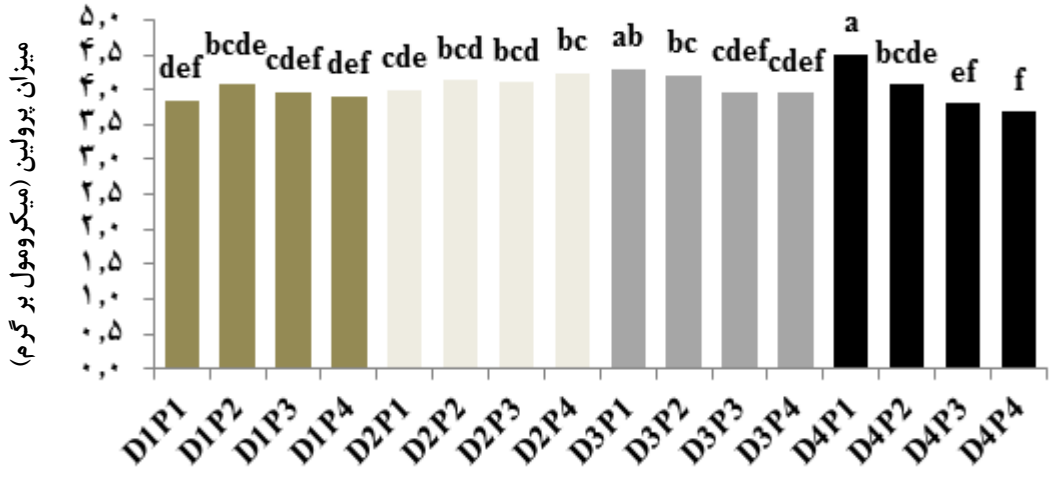
شکل ۶: اثر پاکلوبوترازول بر عملکرد پروتئین ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

میزان پرولین برگ

اثر تنش خشکی در سطح ۵ درصد بر میزان پرولین برگ معنی‌دار شد. اثر پاکلوبوترازول و برهم‌کنش تنش در پاکلوبوترازول بر میزان پرولین برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین میزان پرولین در برگ ذرت مربوط به تیمار عدم استفاده از پاکلوبوترازول و تنش شدید بود که نشان دهنده واکنش گیاه به شرایط کم آبی است. در تنش متوسط و شدید با افزایش غلظت پاکلوبوترازول میزان پرولین در برگ کاهش یافت (شکل۷). از نتایج این پژوهش این گونه استنباط می‌شود که استفاده از پاکلوبوترازول در تنش‌های متوسط و شدید شرایط گیاه را تعدیل و میزان پرولین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

تولید شده را که تحت شرایط تنش به تنهایی افزایش چشم‌گیر می‌یابد، کم‌تر کرده است. این روند در تنش خفیف مشاهده نشد و میزان پرولین با افزایش غلظت پاکلوبوترازول افزایش نشان داد. کم‌ترین مقدار پرولین مربوط به تیمار تنش شدید و کاربرد ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول بود. در بررسی اثر تنش خشکی بر هیبرید های ذرت محققان نشان دادند که اعمال تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین در برگ به میزان ۸۸/۷۷ شد که بسته به نوع هیبرید متفاوت بود (نصراله زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۵). تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب خاک می‌شود، لذا گیاه از طریق تجمع ترکیبات اسمزی نظیر کربوهیدرات محلول و پرولین، پتانسیل اسمزی خود را کاهش داده و به‌عبارتی دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد تا جذب آب ادامه یابد. در فرایند تنظیم اسمزی تورژسانس تحت شرایط تنش خشکی ادامه می‌یابد (Ashraf, 2010). پژوهشگران اثرات ضد تعرقی پاکلوبوترازول و اثر آن بر روابط آبی و تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه را به اثبات رسانده‌اند (Navarro *et al.*, 2007). گزارش‌های محققان حاکی از افزایش میزان پرولین به دلیل استفاده از پاکلوبوترازول در شرایط تنش خشکی در کنجد (میری و همکاران، ۱۳۹۶) و علف بوموداگراس (پاکدل و همکاران، ۱۳۹۶) و در شرایط تنش شوری در گندم (Haji hashemi *et al.*, 2006) است که نتایج پژوهش حاضر در شرایط تنش خفیف را تایید می‌کند ولی با نتایج این پژوهش در شرایط تنش متوسط و شدید تطابق ندارد و نشان می‌دهد که پاکلوبوترازول در تنش متوسط و شدید توانسته با اثر مثبت بر محتوای آبی گیاه، نیاز به سنتز بیش‌تر پرولین را مرتفع کند. این اثر می‌تواند از طریق کاهش مصرف کلی آب و تعرق گیاه در واحد سطح برگ و افزایش مقاومت روزنه‌ای باشد (جوادی، ۱۳۹۱)



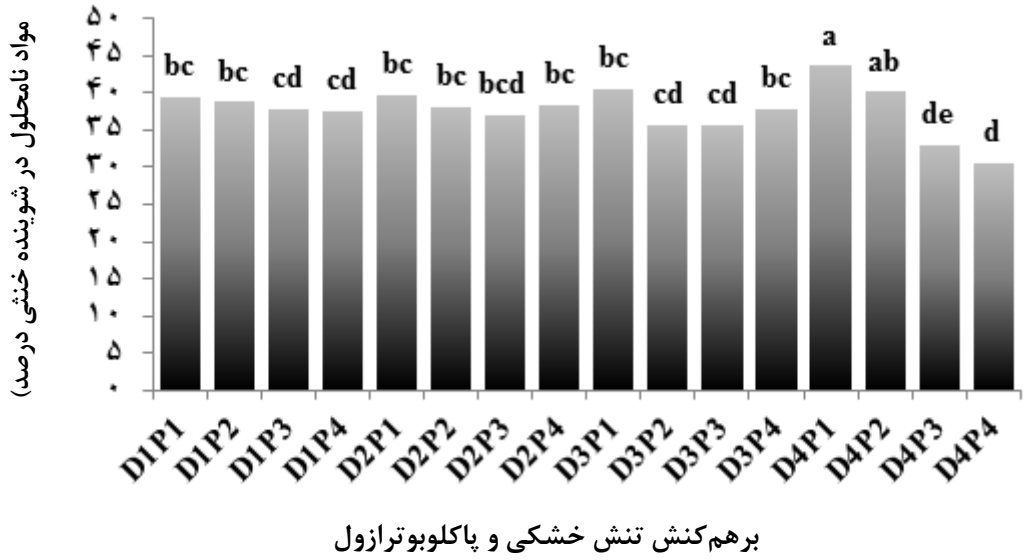
شکل ۷: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر میزان پرولین برگ ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

الیاف نامحلول در شوینده خنثی که در واقع دیواره سلولی نیز نامیده می‌شود، نشان دهنده پتانسیل مصرف علوفه توسط دام است و علوفه دارای مقادیر پایین‌تر NDF برای دام خوشخوراک‌تر می‌باشد (Contreras *et al.*, 2009). Govea نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر پاکلوبوترازول و اثر متقابل تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر NDF درسطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش نشان داد که در سطوح بدون تنش، تنش خفیف و متوسط، کاربرد پاکلوبوترازول روی مقدار NDF اثر معنی‌داری نگذاشت. در حالی‌که در تنش شدید با افزایش غلظت پاکلوبوترازول، NDF کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۸). محققان غلظت‌های ۴۰۰۰، ۸۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ پی.پی.ام را بر روی بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که این غلظت‌ها اثر معنی‌داری بر الیاف محلول و نامحلول بامیه داشت (Benjawan *et al.*, 2007). برخی از محققان گزارش کردند که کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد Mefluidide و Chlormequat بر روی شبدر قرمز باعث کاهش NDF شد (Chosen and Buck, 1989). کندکننده های رشد در شرایط بدون تنش، تقسیم سلولی را کاهش داده و در نتیجه وزن خشک و عملکرد را کاهش می‌دهند (Haughan *et al.*, 1987). از آن‌جایی که در مطالعه حاضر شاهد کاهش عملکرد علوفه در شرایط تنش شدید نبودیم، می‌توان بر اساس نظریه باک و همکاران (۱۹۸۸) نتیجه گرفت که احتمالا تقسیم سلولی کاهش پیدا کرده ولی سایز سلول‌ها بزرگ شده است و بنابراین نسبت محتوای سلولی به دیواره سلولی افزایش یافته است. این نظریه احتملا بتواند علت کاهش NDF در اثر کاربرد پاکلوبوترازول در تنش شدید را توضیح بدهد.



شکل ۸: برهم‌کنش تنش خشکی و پاکلوبوترازول بر میزان NDF ذرت علوفه‌ای هیبرید ZP600

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

نتیجه‌گیری

تنش آب به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودیت فیزیولوژیک در گیاه، رشد و نمو، عملکرد و کیفیت علوفه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش سطوح تنش خشکی بدون اعمال پاکلوبوترازول، اثر نزولی معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، LAI، وزن خشک برگ، عملکرد علوفه تر و اثر افزایشی بر میزان پرولین برگ و NDF داشت. اما درصد و عملکرد پروتئین برگ تحت تاثیر تنش کم آبی قرار نگرفت. در بیش‌ترین سطح تنش، میانگین ارتفاع گیاه ذرت نسبت به شاهد (عدم تنش) درحدود ۷ سانتی‌متر کاهش یافت که نشان دهنده اثرات تنش خشکی بر کاهش رشد و ارتفاع گیاه بود. کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط بدون تنش، باعث کاهش ارتفاع ساقه و تعداد برگ شد و روی سایر صفات اثر معنی‌داری نگذاشت. پاکلوبوترازول در تنش خفیف نیز باعث کاهش ارتفاع ساقه و تعداد برگ شد، اما بر وزن خشک برگ و عملکرد علوفه تر اثر افزایشی داشت و بقیه پارامترها را تغییر معنی‌داری نداد. کاربرد پاکلوبوترازول در تنش متوسط و شدید باعث افزایش ارتفاع گیاه، LAI، وزن خشک برگ و عملکرد علوفه تر و نیز کاهش میزان پرولین و NDF شد. همچنین پاکلوبوترازول باعث افزایش عملکرد پروتئین در شرایط تنش و بدون تنش گردید. بیش‌ترین عملکرد علوفه تر (۱۰۳ تن در هکتار) مربوط به تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در شرایط تنش شدید و کم‌ترین عملکرد علوفه تر (۷۳ تن در هکتار) مربوط به عدم کاربرد پاکلوبوترازول در تنش شدید بود. پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در تنش متوسط و شدید توانست عملکرد علوفه تر ذرت را به‌ترتیب به میزان ۲۴ و ۴۳ درصد افزایش دهد. به نظر می‌رسد که پاکلوبوترازول در تنش خشکی متوسط و شدید توانسته است باعث افزایش مقاومت ذرت علوفه‌ای به تنش گردد. لذا در شرایط محدودیت آبی می توان از آن به‌عنوان یک راهکار مدیریتی برای افزایش بهره‌وری استفاده کرد. اما استفاده از این ماده در شرایط مطلوب رطوبتی به دلیل اثرات کاهشی بر شاخص‌های رشدی توصیه نمی‌شود.

سپاسگزاری

نویسنده‌گان، از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه پیام نور به دلیل حمایت مالی از پژوهش حاضر، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

اعلامی، م.، تهرانی‌فر، ع.، داوری نژاد، غ. و سلاح ورزی، ی. ۱۳۹۰. بررسی اثر سوپرجاذب، پاکلوبوترازول و دور آبیاری بر خصوصیات کیفی و رشد چچم (*Lolium perenne* cv. Barbal) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه علوم باغبانی. ۲۵ (۳): ۲۹۵-۲۸۸.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

بیات، س.، سپهری، ع.، زارع ابیانه، ح. و عبداللهی، م. ر. ۱۳۸۹آ. اثراسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تنش خشکی، یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، https://www.civilica.com/Paper-NABATAT11-NABATAT11_0797.html

بیات، س.، سپهری، ع.، زارع ابیانه، ح. و عبداللهی، م. ر. ۱۳۸۹ب. اثراسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر برخی شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت تحت تنش خشکی. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲ (۱): ۴۳-۳۴.

بیگلوئی، م. ح.، کافی قاسمی، ع.، جواهردشتی، م. و اصفهانی، م. ۱۳۹۲. اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) در منطقه رشت. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵ (۳): ۲۰۶-۱۹۶.

پاکدل، ا.، میری، ح. ر. و بابادایی سامانی، ر. ۱۳۹۶. اثر پاکلوبوترازول بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چمن برموداگراس تحت تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۹ (۲۹): ۱۸۲-۱۷۴.

جامعی، پ.، میرزائی آقچه قشلاق، ف. و نیکخواه، ع. ۱۳۷۹. آثار ذرت سیلوئی عمل‌آوری شده و کاه ملاس‌دار عمل‌آوری شده در پروار گوساله‌های نر هلشتاین. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۴): ۸۹۰-۸۷۱.

جعفری، س. ر.، منوچهری کلانتری، خ. و ترک زاده، م. ۱۳۸۵. بررسی اثرات پاکلوبوترازول بر افزایش مقاومت به سرما در نهال‌های گوجه فرنگی (*Licopersicum esculentum* L.). زیست شناسی ایران. ۱۹ (۳): ۲۹۸-۲۹۰.

جوادی، ت. ۱۳۹۱. تاثیر تنش خشکی بر صفات رشدی و تبادلات گازی نهال‌های گلابی رقم بیروتی تیمار شده با پاکلوبوترازول. فصلنامه علوم باغبانی ایران. ۴۳ (۳): ۳۵۵-۳۴۵.

حاجی بابائی، م. و عزیزی، ف. ۱۳۹۳. اثر رژیم‌های آبیاری بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد هیبریدهای ذرت علوفه‌ای. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۲۲): ۱۰۰-۸۹.

حجتی، م.، اعتمادی، ن. ا. و بانی نسب، ب. ۱۳۸۹. اثر پاکلوبوترازول و سایکوسل بر رشد رویشی و گلدهی کوکب کوهی .نشریه علوم باغبانی، جلد ۲۴، شماره ۲، ص ۱۲۲-۱۲۷.

رضوی زاده، ر. و عموبیگی، م. ۱۳۹۲. تاثیر پاکلوبوترازول بر بهبود تحمل به خشکی در گیاهچه‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط کشت درون شیشه (in vitro). فرآیند و کارکرد گیاهی. ۲ (۳): ۳۴-۲۱.

زمانیان، م. ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه ارقام یونجه در چین‌های مختلف. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۱): ۸۲-۷۳.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

غلامی، ر.، ارزانی، ک. و ارجی، ع. ۱۳۹۱. اثر پاکلوبوترازول و مقادیر مختلف آب آبیاری بر رشد رویشی نهال‌های جوان زیتون رقم مانزانیلا. نشریه علوم باغبانی. ۲۶ (۴): ۴۰۸-۴۰۲.

کرامتی، س.، پیردشتی، ه. ا.، بابائی زاد، و. ا. و دهستانی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر همزیستی قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا و کاربرد پاکلوبوترازول بر ویژگی‌های رشدی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در واکنش به تنش شوری. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۴ (۲): ۲۲-۱.

میری، م.، پیردشتی، ه. ا.، فغانی، ا. و قاسمی عمران، و. ا. ۱۳۹۶. تاثیر پاکلوبوترازول بر خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم کنجد (*Sesamum indicum*) تحت تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۰ (۱): ۹۵-۸۳.

نجفی، ن.، فتحی، آ. و محمودی، م. ۱۳۹۵. اثر مواد ضد تعرق بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۲۰): ۲۲۴-۲۱۲.

نخزری مقدم، ع. ۱۳۹۶. اثر مقادیر نیتروژن و الگوی کشت مخلوط ردیفی بر کمیت و کیفیت علوفه جو (*Hordeum vulgare*) و نخود فرنگی (*Pisum sativum*) و نسبت برابری زمین. تولید گیاهان زراعی. ۱۰ (۱): ۵۴-۳۹.

نصراله زاده اصل، و.، شیری، م. ح.، محرم نژاد، س.، یوسفی، م. و باغبانی، ف. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر خصوصیات زراعی و بیوشیمیایی سه هیبرید ذرت. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۳۲): ۶۰-۴۵.

یزدانی، ن.، ارزانی، ک. و ارجی، ع. ۱۳۸۶. تعدیل تنش خشکی با کاربرد پاکلوبوترازول در دو رقم زیتون (*Olea europaea* L.) بلیدی و میشن. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۸ (۲): ۲۹۶-۲۸۷.

Abraham, S., Abdul Jaleel, S., Chang-Xing, C., Somasundaram, Z., Azooz, R., Manivannan M. M. and Panneerselvam, R. 2008. Regulation of growth and metabolism by paclobutrazol and ABA in *Sesamum indicum* L. under drought condition. Global Journal of Molecular Science.3 (2): 57-66.

Amine, A. A. and Hanan, H. L. 2011. Differential effects of paclobutrazol on water stress alleviation through electrolyte leakage, phytohormones, reduced glutathione and lipid peroxidation in some wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) grown in vitro. Romanian BiotechnologicalLetters6: 6710-6721.

Ashraf, M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: some recent advances. Biotechnology Advances. 28 (1): 169- 183.

Bates, L.S., Waldren, R. P., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. Short Communication. 39: 205-207.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

Bayat, S. and Sepehri, A. 2012. Paclobutrazol and salicylic acid application ameliorates the negative effect of water stress on growth and yield of maize plants. Journal of Research in Agricultural Science. 8 (2): 127-139.

Benjawan, C., Chutichudet, P. and Chanaboon, T. 2007. Effect of chemical paclobutrazol on growth, yield and quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Har Lium Cultivar in northeast Thailand. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10 (3): 433-438.

Boldt, J. L. 2008. Whole plant response of Chrysanthemum to Paclobutrazol, Chlormequat Chloride, and (s)-abscisic acid as a function of exposure time using a split-root system. M.Sc. Thesis, University of Florida Pp: 61.

Buck, D. C., Cohen, R. D. H. and Christensen, D. A. 1988. Effects of various plant growth regulators on the nutritive value and yield of alfalfa. Canadian Journal of Plant Science. 68:95-101.

Chosen, R. D. H. and Buck, D. C. 1989. Effects of various plant growth regulators on the nutritive value and yield of some grass species, red clover and grass-legume mixtures. Canadian Journal of Plant Science. 69 (2):465-480.

Contreras-Govea, F. E., Muck, R. E., Armstrong, K. L. and Albrecht, K. A. 2009. Fermentability of corn-lablab bean mixtures from different planting densities. Animal Feed Science and Technology. 149: 298-306.

Grossmann, K. 1990. Plant growth retardants as tools in physiological research. Plant Physiology. 78:640-648.

Haji hashemi, S., Kiarostami, K., Enteshari, S. and Saboora, A. 2006. The effect of salt stress and paclobutrazol on some physiological parameters of two salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences 9: 1370-1374.

Haughan, P. A., Lenton, J. R. and Goad, L. J. 1987. Inhibition of growth of celery cells by Paclobutrazol and its reversal by added sterols. In: Stumpf P.K., Mudd J.B., Nes W.D. (eds) The Metabolism, Structure, and Function of Plant Lipids. Springer, Boston, MA.

Jaleel, C. A., Gopi, R. Alagu Lakshmanan, G. M. and Panneerselvam, R. 2007. Triadimefon induced changes in the antioxidant metabolism and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. (L.). Plant Sciences. 171: 271-276.

Kishore kumar, A., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, R. Sridharan, B., Somasundaramand R. and Panneerselvam. R. 2006. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius*). Acta Biologica Szegediensis. 50: 127-129.

Kjeldahl, J. 1883. A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. Zeitschrift fur Analytische Chemie. 22: 366-382.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

Fernandez, J. A., Balenzategui, L., Banon, S., and Franco, J. A. 2006. Inductionof drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in (*Phillyrea angustifolia*) during the nursery period. Scientia Horticulturae. 107 (3): 277-283.

Makumbi, D., Betraun, J. F., Baunziger, M. and Ribaut, J. M. 2011. Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. Euphytica. 180:143-162.

Manivanna, P., Jaleel, C. A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2008. Protection of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Plants from salt stress by paclobutrazol. Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces. 61 (2): 315-318.

Navarro, A., Sanches-Blance, M. J. and Banon, S. 2007. Influence of paclobutrazol on water consumption and plant performation of Arbutus unedo seedlings. Scientia Horticulturae. 111 (2): 133-139.

Ozmen, A. D., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2003. Effects of paclobutrazol on response of two barely cultivars to salt stress. Plant Biology. 46: 263-268.

Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Chetima, M. M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth. Agricultural Water Management. 46 (1): 15–27.

Parida, A. K., and Das, A. B. 2005. Salt tolerance salinity effect on plants: a review. Ecotoxicology and Environmanetal Saftey. 60: 324- 349.

Salavati, N., Hassani, A., Sefid kon, F. and Javadi, T. 2010. Effect of paclobutrazol on some morphological traits and essential oil content of peppermint (*Mentha pipperita* L.). National medicinal plants congress. https://www.civilica.com/Paper-HERBAL01-HERBAL01_923.html.

Steffens, G. L. and Wang, S. Y. 1986. Biochemical and physiological alterations in apple trees caused by a giberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol. Acta Horticulture. 179: 433-442.

Tekalign, T. and Hammes, P. S. 2005. Growth and biomass production in potato grown in the hot topics as influenced by paclobutrazol. Plant Regulation. 45: 37-46.

Turhan, H. and Baser, I. 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.) .Helia. 27: 227-236.

Van Soest, P. J., Robertson, J. D., and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.

Watson, G. W. and Himelick, E. B. 2004. Effects of soil pH, root density, and tree growth regulator treatments on pin oak chlorosis. Journal of Arboriculture, 30: 172-177.

Xing, L. and Zhu, J. H. 2002. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant Cell and Environment. 25: 131-139.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]

Young, R. S. 1983. Peach growth response from PP33 (paclobutrazol). Plant Growth Regulation Society of America. 10: 192-194.

Yeshitela, T., Robberto, P. J. and Stassen, P. J. C. 2004. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. New Zealand Journal of crop horticulture science. 32: 281-293.

Zhu, L. H., Peppel, A. V., Li, X. Y. and Welander, M. 2004. Changes of leaf water potential and endegenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought condition. Science Horticulture. 99:133-141.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.3.7]