نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۲۷-۲۹ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

ارزیابی پاسخ‌های ذرت دانــه‌ای به تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و کم آبیاری در مرحله رویشی

محمد حسین ایزدی و یحیی امام*
بخش تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز (Yaemam@shirazu.ac.ir)

چکیده

ذرت (*Zea mays* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین غلات جهان، به‌شدت نسبت به تنش خشکی حساس است و کاهش آب در مراحل بحرانی رشد، عملکرد آن را محدود می‌سازد. به‌منظور بررسی نقش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در کاهش اثرات منفی خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای با دو سطح آبیاری (آبیاری کامل و حذف دو مرحله آبیاری در مرحله ۱۰ برگی) و چهار تنظیم کننده رشد شامل گلایسین بتائین، سالیسیلیک اسید، ملاتونین و متیل جاسمونات در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش تعداد ردیف دانه در بلال شد. با این حال، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی اثرات منفی خشکی را تعدیل کرد و موجب افزایش تعداد دانه در ردیف، وزن ۱۰۰ دانه و در نتیجه، عملکرد دانه بترتیب۷۲/۹ و ۰۴/۱۱ و ۹۴/۱۱ درصد گردید. بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و مصرف گلایسین بتائین حاصل شد (۱۴۴۷۲ کیلوگرم در هکتار). به‌طورکلی، نتایج نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک، آثار زیان‌بار تنش رطوبتی را در ذرت کاهش دادند و از منظر اقتصادی و زیست‌محیطی کاربرد آنها قابل توجیه می‌باشد.

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) با تولید سالانه بیش از ۱.۱۶ میلیارد تن دانه از سطح زیر کشت ۲۰۳ میلیون هکتار، جایگاه نخست را در میان محصولات زراعی جهان دارد (FAO, 2025). ذرت یکی از حساس‌ترین غلات به تنش رطوبتی است و کاهش آب در تمامی مراحل رشد، عملکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، مرحله زایشی حساس‌ترین دوره رشدی به کمبود آب محسوب می‌شود. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی ترکیبات سنتزی هستند که عملکردی مشابه یا در مواردی بهتر از هورمون‌های طبیعی دارند و می‌توانند با بهبود متابولیسم، افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و تسهیل رشد و نمو، نقش مهمی در ارتقای عملکرد ایفا کنند. اثر این ترکیبات بسته به غلظت مصرفی و مرحله رشدی گیاه متفاوت است (Izadi *et al.*, 2025).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاربرد برگی سالیسیلیک اسید در غلظت ۰.۱ مولار، به‌ویژه در مرحله گرده‌افشانی، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت داشته است (محرابیان مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). این ترکیب با تسهیل گلدهی و فعال‌سازی مکانیزم‌های پاسخ به تنش رطوبتی، نقش حفاظتی ایفا می‌کند. البته مصرف غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌مولار می‌تواند موجب سمیت سلولی شود. همچنین گلایسین بتائین به‌عنوان یک ترکیب اسمزی محافظ، در شرایط تنش تجمع یافته و مصرف آن در مرحله شش‌برگی توانسته اثرات منفی کم‌آبی را بر عملکرد و اندازه بلال کاهش دهد (Qasim *et al.*, 2019).

هدف پژوهش حاضر بررسی امکان حذف آبیاری در مرحله ۱۰ برگی (V10) و جبران اثرات منفی آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (گلایسین بتائین، سالیسیلیک اسید، ملاتونین و متیل جاسمونات) است.

مواد و روش‌ها

بـه منظـور بررسـی اثر گلایسین بتائین، سالیسیلیک اسید، ملاتونین و متیل جاسمونات بر عملکـرد، اجزای عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانـه‌ای هیبرید می (May) با متوسط عملکرد در منطقه ۵/۹ تن در هکتار، آزمایش مزرعه‌ای در بهار و تابستان ۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (با مختصات جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی، و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) انجـام شد. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طـرح بلـوک‌های کامـل تـصادفی بـا سـه تکرار انجام شد.

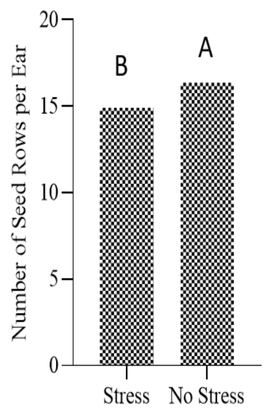
تیمارها شامل دو سطح آبیاری به عنوان فاکتور اصلی شامل:
آبیاری کامل بصورت هر ۷ روز یکبار و
حذف دو دور آبیاری در مرحله ۱۰ برگی (V10).

همچنین، چهار تنظیم‌کننده رشد گیاهی شامل گلایسین بتائین (۶۰ میلی مولار)، سالیسیلیک اسید (۱ میلی مولار)، ملاتونین (۳۰۰ میکرومولار) و متیل جاسمونات (یک میلی مولار) به عنوان فاکتور فرعی بود. محلول‌پاشی مردادماه همزمان با قطع آبیاری و هنگام غروب و همراه با خنک شدن هوا با استفاده از سمپاش پشتی و در زمان قطع آبیاری بطور یکنواخت روی بوته‌ها انجام شد. در پایان فصل و پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک (رسیدن لایه سیاه به پایین‌ترین نقطه بذر (امام، ۱۳۹۰) ، بوته‌های دو مترمربع از ناحیه مرکزی هر کرت با دست برداشت و پس از خشک کردن، عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری شده، بوسیله‌ی نرم‌افزار Minitab 21 مورد تجزیه آماری قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند.

نتایج و بحث

رطوبت تاثیر معنی داری بر تعداد ردیف دانه در بلال داشت و بیشترین تعداد (۳۷/۱۶) در شرایط بدون تنش رطوبتی بدست آمد (نمودار ۱). بعلاوه، برهمکنش رژیم‌های رطوبتی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود و بیشترین مقدار (۱۶/۳۷ گرم) در شرایط عدم تنش رطوبتی و استفاده از گلایسین بتائین بدست آمد هرچند از نظر آماری با تیمارهای تنش رطوبتی و استفاده از متیل جاسمونات و گلایسین بتائین اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). این یافته نشان می‌دهد که تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در شرایط تنش رطوبتی باعث ایجاد متوسط وزن بیشتری در دانه‌ها شده و آثار تنش رطوبتی بر عملکرد را کاهش داده‌اند. برهمکنش قطع آبیاری و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر تعداد دانه در ردیف‌های بلال معنی‌دار بود و بیشترین مقدار این شاخص (۲/۳۷) از کاربرد گلایسین بتائین و تنش رطوبتی ایجاد شد. نتایج این پژوهش نشان داد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف بلال و در نتیجه افزایش تعداد دانه در بلال آثار منفی ناشی از تنش رطوبتی بدلیل قطع آبیاری را جبران می‌کنند. پژوهش‌های مشابه هم نشان داده که تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی همچون سالیسیلیک اسید، با افزایش تعداد دانه و متوسط وزن دانه‌ها، نقش کلیدی در مهار آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از خشکی ایفا کرده است(Izadi *et al.*, 2025).

بررسی اثر برهمکنش تنش رطوبتی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد دانه نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد (۱۴۴۷۲ کیلوگرم) از تیمار عدم تنش رطوبتی و کاربرد گلایسین بتائین بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش رطوبتی و کاربرد همین تنظیم‌کننده رشد (۱۴۱۶۶ کیلوگرم) نداشت (جدول ۲). بطورکلی استفاده از متیل جاسمونات و گلایسین بتائین باعث شد اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه از نظر آماری با شرایط عدم تنش تفاوتی نداشته باشد (جدول ۲). افزایش عملکرد در نتیجه کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و جبران آثار تنش رطوبتی، ممکن است ناشی از افزایش جذب عناصر بخصوص فسفر توسط بوته‌های ذرت باشد (Alam *et al.*, 2016). در شرایط تنش رطوبتی، استفاده از PGRs می‌تواند باعث فعال‌سازی ژن‌های محرک نیتروژن و سیگنال‌های مرتبط با متابولیسم شده و توانایی ذرت در تحمل تنش خشکی را افزایش دهد. به همین دلیل چنین ترکیباتی از منظر اقتصادی و زیست‌محیطی اهمیت قابل توجهی دارند (Noein and Soleymani, 2022). نتایج پژوهشی مشابه نشان داده است که گلایسین بتائین با افزایش تجمع اسمولیت‌ها، ارتقای محتوای نسبی آب برگ و تقویت کلروفیل، باعث بهبود چشمگیر رشد و عملکرد ذرت در شرایط خشکی گردید. بطورکلی، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌توانند با کاهش نشت الکترولیت‌ها، پایداری و یکپارچگی غشای پلاسمایی را افزایش داده فعالیت‌های پاداکسندگی را تقویت کنند (Izadi *et al.*, 2025).



نمودار ۱. اثر رژیمهای رطوبتی بر تعداد ردیف دانه در بلال

ستون‌ها که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون توکی از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۲- برهمکنش رژیم رطوبتی و تنظیم کننده های رشد گیاهی بر عملکرد دانه

رژیمهای رطوبتی	تنظیم کننده های رشد	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	گلایسین بتائین	۱۴۴۷۲ a
	سالیسیلیک اسید	۱۳۳۴۶ ab
	ملاتونین	۱۳۹۶۶ a
	متیل جاسمونات	۱۳۳۳۳ ab
	–	۱۳۸۵۰ a
تنش	گلایسین بتائین	۱۴۱۶۶ a
	سالیسیلیک اسید	۱۲۶۱۶ b
	ملاتونین	۱۲۶۶۶ b
	متیل جاسمونات	۱۳۷۸۳ ab
	–	۱۱۰۰۶ c

در هر ستون برای هر تیمار، میانگین هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی دار ندارند.

منابع

امام، ی. ۱۳۹۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.

Izadi, M. H., Ashraf, M., and Emam, Y. (2025). Regulation of Physiological Attributes in Wheat Crops Under Terminal Drought Stress: A Review. International Journal of Plant Production, 19: 781-797. doi.org/10.1007/s42106-025-00368-w.

Nasr, F., Emam, Y., and Zamani, A. (2025). Minimizing Adverse Effects of Water Stress on Maize by Combined Treatments with Jasmonic and Salicylic Acids. Journal of Plant Physiology and Breeding, 15:147-170. doi:// 10.22034/jppb.2025.69241.1383. (in press)