نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر محتوای هورمونی و توان آنتی‌اکسیدانی گندم نان در شرایط شور

امید یوسفی[1]*، نادر چاپارزاده[1]، علیرضا عیوضی[2]
[1]گروه زیست شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
ایمیل نویسنده مسئول: shapol.yousefi.519@gmail.com
[2]مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

چکیده

به‌منظور افزایش تحمل گندم به تنش شوری، اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum brasilense* بر پاسخ‌های هورمونی و دفاع آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی بررسی شد. آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح شوری (۰، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و چهار سطح تلقیح باکتریایی بودند. نتایج نشان داد اثر متقابل شوری و تلقیح بر ایندول-۳-استیک اسید، سالیسیلیک اسید، آبسیزیک اسید، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای کل، ظرفیت احیای فریک و ماده خشک معنی‌دار بود. در شوری شدید، تلقیح همزمان دو باکتری با افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و کاهش آبسیزیک اسید، موجب بهبود پاسخ‌های فیزیولوژیک و افزایش ماده خشک گندم شد. در مجموع، تلقیح همزمان این سویه‌ها رویکردی زیستی و کارآمد برای افزایش تحمل گندم به شوری محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، تنش شوری، تنظیم هورمون‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، گندم

مقدمه

تنش شوری با القای تنش اسمزی، سمیت یونی و تنش اکسیداتیو موجب اختلال در تعادل هورمونی و کاهش عملکرد گندم می‌شود (Ali *et al.*, 2024). با توجه به گسترش اراضی شور در ایران، توسعه راهکارهای زیستی پایدار ضروری است (فلاحی و همکاران، ۱۴۰۱). باکتری‌های محرک رشد گیاهی از جمله *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum brasilense* از طریق تنظیم هورمون‌های گیاهی و فعال‌سازی مسیر وابسته به سالیسیلیک اسید در افزایش تحمل شوری نقش دارند (Neshat *et al.*, 2022). با این حال، شواهد محدودی درباره اثر همزمان این باکتری‌ها بر پاسخ‌های هورمونی و دفاع آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی گندم‌های حساس به شوری گزارش شده است (حسنوند و همکاران، ۱۴۰۱).

ازاین‌رو، هدف این پژوهش بررسی اثر تلقیح جداگانه و همزمان این دو سویه بر تحمل گندم به تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای در بهار ۱۴۰۴ با استفاده از گندم نان رقم میهن (حساس به شوری) انجام شد. بذرها با سویه‌های *Pseudomonas fluorescens* RS198 و *Azospirillum brasilense* RS SP7 تلقیح و در خاک لومی استریل کشت گردیدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح شوری آب آبیاری (۰،۸، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و چهار سطح تلقیح باکتریایی (شاهد، سودوموناس، آزوسپیریلیوم و تلقیح همزمان) بودند. شوری به‌صورت تدریجی با NaCl اعمال شد. نمونه‌برداری در مراحل پنجه‌دهی کامل و ابتدای سنبله‌دهی انجام گرفت. محتوای ایندول-۳-استیک اسید، آبسیزیک اسید و سالیسیلیک اسید با روش ELISA تعیین شد. ترکیبات فنولی کل با روش Folin-Ciocalteu، فلاونوئیدهای کل با روش Aluminum chloride colorimetric و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی با روش Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) اندازه‌گیری گردید. ماده خشک گیاه پس از خشک‌کردن در آون تعیین شد. داده‌ها با تجزیه واریانس دوعاملی و آزمون توکی تحلیل شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی شوری، تلقیح باکتری و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای ایندول-۳-استیک اسید، آبسیزیک اسید، سالیسیلیک اسید، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای کل، ظرفیت احیای فریک و ماده خشک گندم معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش شوری موجب کاهش ایندول-۳-استیک اسید و افزایش آبسیزیک اسید شد، در حالی‌که تلقیح باکتریایی به‌ویژه تلقیح همزمان این اثرات منفی را به‌طور معنی‌داری تعدیل نمود. در شوری شدید (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، تلقیح همزمان بیشترین افزایش سالیسیلیک اسید، فنول کل، فلاونوئیدهای کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (جدول ۲).

تنش شوری موجب کاهش ایندول-۳-استیک اسید و افزایش آبسیزیک اسید در گندم می‌شود (Ali *et al.*, 2024). تلقیح همزمان با بهبود هورمون‌های رشد، القای مسیر دفاع وابسته به سالیسیلیک اسید و افزایش متابولیت‌های فنولی-فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رشد و ماده خشک گیاه را حفظ کرد (Neshat *et al.*, 2022). این یافته‌ها نشان می‌دهد که تلقیح همزمان این دو باکتری، راهکار زیستی مؤثر و پایدار برای افزایش تحمل گندم به تنش شوری شدید است.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیکی گندم رقم میهن تحت تنش شوری و تلقیح باکتریایی

منبع تغییرات	درجه آزادی	ایندول-۳-استیک اسید	آبسیزیک اسید	سالیسیلیک اسید	فنول کل	فلاونوئید کل	ظرفیت FRAP	ماده خشک
بلوک	۲	۱۸/۴۳	۲۷/۶۲	۱۴/۸۹	۶۸/۳۱	۴۹/۷۴	۱۱۲/۴۵	۱/۳۲
شوری (S)	۲	۵۱۲۸/۷۶**	۱۴۳۲۹/۴۱**	۳۶۸۹/۲۷**	۱۰۲۳۴/۶۸**	۸۹۱۲/۴۳**	۱۷۸۹۴/۲۱**	۵۶/۸۹**
تلقیح (B)	۳	۳۸۹۴/۱۲**	۱۱۲۳۴/۵۸**	۵۶۷۸/۹۳**	۱۴۲۸۹/۷۴**	۱۱۳۴۵/۶۷**	۲۴۱۲۳/۸۹**	۸۳/۴۷**
S × B	۶	۲۱۲۳/۴۹**	۷۴۸۹/۶۲**	۳۴۱۲/۷۸**	۸۹۱۲/۳۵**	۷۱۲۳/۸۹**	۱۵۲۳۴/۵۶**	۳۲/۶۷**
خطا	۲۲	۳۴/۶۷	۵۱/۸۹	۳۸/۴۲	۱۱۲/۷۸	۹۸/۳۴	۱۶۷/۸۹	۱/۴۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۸	۷/۴	۸/۳	۸/۹	۹/۱	۷/۲	۹/۷

**، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری × تلقیح باکتری بر صفات فیزیولوژیکی گندم

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	تیمار تلقیح باکتریایی	ایندول-۳-استیک اسید (نانوگرم بر گرم وزن تر)	آبسیزیک اسید (نانوگرم بر گرم وزن تر)	سالیسیلیک اسید (نانوگرم بر گرم وزن تر)	فنول کل (میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر گرم)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم)	ظرفیت FRAP (میکرومول آهن دوظرفیتی بر گرم وزن تر)	ماده خشک (گرم در بوته)
۰/۸	شاهد	۷۹/۴ c	۱۵۱/۷ g	۱۴۷/۳ f	۱۲/۸ b	۷/۹ b	۱۲۸/۶ c	۲۰/۱ c
۰/۸	سودوموناس	۸۲/۱ bc	۱۴۰/۹ gh	۱۹۱/۸ c	۱۳/۴ ab	۸/۲ ab	۱۳۴/۷ ab	۲۱/۴ bc
۰/۸	آزوسپیریلیوم	۸۵/۷ ab	۱۳۷/۵ h	۱۶۴/۶ e	۱۳/۱ ab	۸/۱ ab	۱۳۱/۹ b	۲۱/۸ ab
۰/۸	تلقیح همزمان	۸۷/۲ a	۱۳۴/۸ h	۲۰۷/۴ a	۱۳/۹ a	۸/۵ a	۱۴۰/۸ a	۲۲/۵ a
۵	شاهد	۵۸/۶ f	۳۱۱/۴ bc	۱۲۸/۷ g	۹/۲ e	۵/۴ e	۸۸/۹ fg	۱۴/۵ f
۵	سودوموناس	۶۸/۳ e	۲۴۷/۸ d	۱۸۳/۵ d	۱۱/۳ d	۶/۸ d	۱۱۱/۶ e	۱۷/۳ e
۵	آزوسپیریلیوم	۷۲/۹ d	۲۲۱/۶ e	۱۵۵/۹ ef	۱۱/۸ cd	۷/۱ cd	۱۱۷/۴ de	۱۸/۰ de
۵	تلقیح همزمان	۷۸/۵ c	۱۹۱/۷ f	۲۰۰/۸ b	۱۲/۹ ab	۸/۰ ab	۱۳۳/۹ ab	۲۰/۳ c
۱۰	شاهد	۴۳/۸ h	۴۸۸/۶ a	۱۰۷/۹ h	۶/۱ f	۳/۶ f	۵۳/۷ g	۹/۴ g
۱۰	سودوموناس	۵۶/۹ fg	۳۳۷/۲ b	۱۷۷/۶ d	۹/۴ e	۵/۹ e	۹۰/۸ f	۱۳/۷ fg
۱۰	آزوسپیریلیوم	۶۴/۱ e	۲۹۰/۵ c	۱۴۸/۷ f	۱۰/۳ e	۶/۴ e	۹۷/۶ f	۱۵/۱ f
۱۰	تلقیح همزمان	۷۷/۸ c	۲۰۰/۹ f	۲۰۴/۵ ab	۱۲/۷ b	۷/۸ b	۱۳۱/۴ b	۱۹/۸ cd

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

منابع

فلاحی، ا.، خاک‌ور، ر. و بنده حق، ع. ۱۴۰۱. جداسازی و شناسایی باکتری‌های مقاوم به شوری از خاک‌های شور و بررسی اثر آنها بر ایجاد مقاومت به شوری در مرحله گیاهچه‌ای گندم. دانش کشاورزی وتولید پایدار. ۳۲(۱): ۱۷۵-۱۸۵.

Ali, I., Al-Bardini, E., and Omara, A. (2024). Potential effect of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on wheat under salinity stress. Benha Journal of Applied Sciences, 9(3): 65-71.

Neshat, M., Abbasi, A., and Rasoulnia, A. (2022). Plant growth promoting bacteria induce antioxidant tolerance against salinity stress through biochemical and physiological mechanisms. Physiology and Molecular Biology of Plants, 28(2): 347-361.