

تأثیر پیش تیمار با ایندول بوتیریک اسید بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر لوبیا چیتی در تنش شوری

نیلوفر آقایی پور^۱، محسن زواره^{۱*} و محمد رضا خالدیان^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر پیش تیمار بذر با ایندول بوتیریک اسید بر ویژگی‌های جوانه‌زنی لوبیا در تنش شوری، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در آزمایشگاه دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش، سه سطح پیش تیمار (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید) و پنج سطح شوری ناشی از NaCl (صفر، ۱، ۲، ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر) در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان از اثر معنی‌دار ایندول بوتیریک اسید بر طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ضریب آلومتري داشت. شوری‌های مختلف هم اثرهای متفاوت و معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، شاخص بنیه بذر و ضریب آلومتري داشتند. با این حال، برهمکنش تنش شوری و ایندول بوتیریک اسید تنها در مورد ضریب آلومتري معنی‌دار بود. در این آزمایش، سرعت و درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش غلظت ایندول بوتیریک اسید باعث افزایش طول ساقه‌چه (از ۱/۹ به ۲/۱ سانتی‌متر)، وزن خشک ریشه‌چه (از ۰/۰۳ به ۰/۰۵ گرم) و ضریب آلومتري (از ۰/۷۱ به ۱/۰۶) شده و افزایش شوری بستر باعث کاهش جوانه‌زنی طول ریشه‌چه (از ۲/۶ به ۲ سانتی‌متر)، شاخص بنیه بذر (از ۲۰۲/۸ به ۱۴۷/۷) و ضریب آلومتري (از ۱/۱ به ۰/۷۸) شد. افزایش شوری در ابتدا سبب افزایش طول ساقه‌چه و سپس کاهش آن شد. بنابراین، به نظر می‌رسد استفاده از ایندول بوتیریک اسید در پیش تیمار کردن بذرها بتواند از راه افزایش طول ریشه‌چه استقرار بهتری را برای گیاهچه‌ها در شرایط شور ایجاد کند.

واژه‌های کلیدی: ضریب آلومتري، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، گیاهچه

۱. گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. گروه آبیاری، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzavareh@guilan.ac.ir

مقدمه

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. گیاهی دیپلوئید (2n=22)، سه کربنه، یکساله، خودگشن و گرمادوست از خانواده بقولات (Fabaceae)، زیرخانواده پروانه‌آسا (Papilionoideae) است. این گیاه تأمین‌کننده پروتئین، انرژی، ویتامین و مواد معدنی در غذای بسیاری از مردم جهان می‌باشد. شوری، که عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان است، حدود ۳۲۰ میلیون هکتار از زمین‌های دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده و تهدید جدی برای تأمین پایدار غذای انسان‌ها محسوب می‌شود. شوری می‌تواند به‌طور گسترده بر همه مراحل رشد و نمو گیاهان، از جمله گل‌دهی و تشکیل میوه، اثر گذاشته و در کنار کاهش عملکرد اقتصادی، سبب افت کیفی تولید هم شود (۳).

در چرخه زندگی گیاهان رشد محدود، جوانه‌زنی بذر از آن جهت که بر استقرار بوته‌ها اثر می‌گذارد، نقش کلیدی در بازده پایانی ایفا می‌کند و چنانچه خسارتی در این مرحله روی دهد، به هیچ وجه قابل جبران نیست. در رابطه با جوانه‌زنی بذر، سرعت و درصد جوانه‌زنی دو عامل کیفی مهم تلقی می‌شوند که می‌توانند تحت تأثیر کیفیت بذر و شرایط محیطی، از جمله شوری بستر کاشت، قرار گیرند. جمیل و همکاران (۱۸) بیان نمودند که تنش شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود. این کاهش می‌تواند نتیجه کاهش جذب آب توسط بذر و یا سمیت یون‌ها باشد.

در سال‌های گذشته تلاش‌های زیادی برای بهبود جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر و گیاهچه در محیط‌های ویژه انجام شده است که پیشرفته‌ترین آنها استفاده از روش پیش‌آبگیری (هیدروپرایمینگ) بذر است. در این روش، به بذر اجازه داده می‌شود تا پیش از کاشت به‌صورت کنترل شده آب جذب کرده و فعالیت‌های جوانه زنی خود را آغاز کند. این کار تا پیش از خروج ریشه‌چه از بذر ادامه یافته و پس از آن بذرهای آب‌گرفته خشک شده و تا زمان کاشت نگهداری می‌شوند (۸). هریس و

همکاران (۱۶) در آزمایش خود بذرهای ذرت، برنج آپلند و نخود را در مدت زمان‌های مختلف در آب خیس نمودند و به این نتیجه دست یافتند که پیش‌ تیمار بذرها روش مناسبی برای افزایش سرعت جوانه‌زنی آنها می‌باشد. دل-آکیلا و همکاران (۱۰) و ال-کاراکی (۲۰)، اثر معنی‌دار پیش‌ تیمار بذرها با پلی‌اتیلن گلیکول را بر افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده نمودند. گوبکین (۱۴) هم در آزمایش خود به اختلاف معنی‌دار جوانه‌زنی بذرهای پیش‌ تیمار شده و پیش‌ تیمار نشده پی برد.

اکسین‌ها اولین گروه هورمون‌های گیاهی هستند که پس از کشف به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد و طویل کردن سلول استفاده شدند. بارزترین ویژگی اکسین‌ها، اثر بر رشد طولی سلول‌های ساقه، کلئوپتیل و ریشه است. با این حال، در تشکیل ریشه‌های جانبی و ریشه‌های نابجا، تقسیم سلولی در کشت بافت و در بیوسنتز پروتئین و RNA هم نقش دارند. اعتقاد بر این است که اکسین با تغییراتی در بیان ژن موجب فعالیت‌های مذکور می‌شود. ایندول بوتیریک اسید که در گروه ایندول‌ها جای دارد، از نظر ساختمانی، هم‌خانواده اسید آمینه تریپتوفان و پیش‌ماده تریپتوفان است (۱۴).

در شرایط تنش (خشکی و شوری)، سیستم ریشه‌ای خوب و گسترده می‌تواند تأثیر بسیاری را در گیاه داشته باشد (۵) و (۳۲). بهبود سیستم ریشه‌ای گیاه (افزایش طول و تعداد ریشه اولیه) نه تنها منجر به افزایش عملکرد گیاه در شرایط طبیعی می‌شود، بلکه توانایی تحمل گیاه به شوری و خشکی را افزایش می‌دهد (۲۱). بهبود سیستم ریشه‌ای گیاه می‌تواند با رهیافت‌هایی مانند به‌نژادی، افزایش دسترسی به مواد غذایی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد انجام شود (۴). گزارش شده که کاربرد توأم کندکننده‌های رشد به همراه IBA، توانایی ریشه‌دهی و زنده‌مانی گونه‌های مختلف گیاهی را افزایش داده است (۹ و ۲۷). تیمارهای فیزیولوژیک (۱) و پیش‌ تیمار کردن بذرهای گیاهان مختلف زراعی در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با تنش شوری، استقرار بهتر گیاهچه و یا عملکرد بیشتری را در پی داشته است (۶ و ۷). موریس و آرتور (۲۳) و

ضریب آلومتری، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر اندازه‌گیری و یا محاسبه شدند. اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با دقت یک میلی‌متر انجام شد. با قرار دادن نمونه‌ها در آونی با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت و سپس وزن کردن آنها، وزن خشک به دست آمد. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد:

$$GR = \sum_{i=1}^n S_i / D_i \quad [1]$$

که در آن، GR سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه زده در روز)، S_i تعداد بذرهای جوانه زده در هر شمارش، D_i تعداد روز تا شمارش n ام و n تعداد دفعات شمارش است (۲۲).

درصد جوانه‌زنی از رابطه ۲ به دست آمد:

$$GP = 100 \cdot (N' / N) \quad [2]$$

که در آن، GP درصد جوانه‌زنی، N' تعداد بذرهای جوانه‌زده و N تعداد کل بذر می‌باشد (۳۶). برای محاسبه شاخص بنیه بذر (VI) از رابطه ۳ استفاده شد (۲):

$$VI = \frac{(R + S) \cdot 100}{GP} \quad [3]$$

که در آن، R میانگین طول ریشه‌چه (میلی‌متر) و S میانگین طول ساقه‌چه (میلی‌متر) است.

ضریب آلومتری از تقسیم وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه (رابطه ۴) محاسبه شد:

$$CA = W_r / W_s \quad [4]$$

که در آن، CA ضریب آلومتری و W_r و W_s به ترتیب وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌باشند.

تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2007 انجام شد.

نتایج و بحث

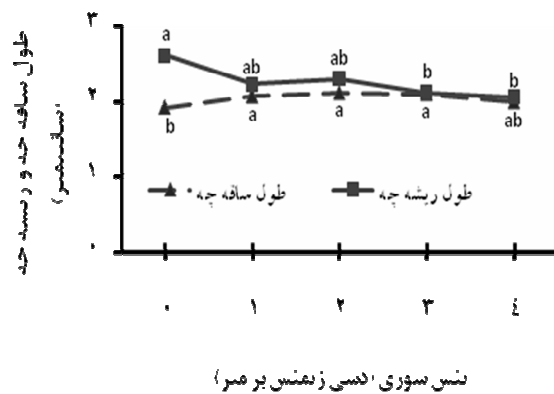
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ایندول بوتیریک اسید و شوری‌های مختلف و هم‌چنین برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی نداشته است (جدول ۱). تجزیه و

هیچ و گلازیو (۱۷) مشاهده نمودند که محدوده وسیعی از اکسین‌های مصنوعی می‌توانند موجب افزایش طول شدن سلول‌ها و فعالیت اسید اینورتاز در ساقه‌های لوبیا شوند. آنها بین گسترش رشد و فعالیت اسید اینورتاز در ساقه‌های گونه‌های مختلف لوبیا، همبستگی مثبت مشاهده کردند. در محیط‌های شور هم به‌کارگیری یک یا مخلوطی از تنظیم‌کننده‌های رشد، از قبیل ایندول استیک اسید، ایندول بوتیریک اسید، نفتالین استیک اسید و ۲،۴-دی کلروفونوکسی استیک اسید، به‌صورت برگ‌پاشی و یا تیمار با بذر در القا و افزایش توان ریشه‌دهی و در نتیجه افزایش رشد گیاه آثار معنی‌داری در پی داشته است (۱۵ و ۲۴).

هدف از اجرای این آزمایش، بررسی تغییر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر رقم صدری لوبیا چیتی در اثر پیش تیمار با ایندول بوتیریک اسید در شوری‌های متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید) و پنج سطح آبیاری با آب شور ناشی از NaCl (هدایت الکتریکی صفر، ۱، ۲، ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر) بود. رقم لوبیای مورد استفاده در این آزمایش رقم صدری بود که از مرکز تحقیقات لوبیای ایران در اراک تهیه شد. برای پیش تیمار بذر، آنها را به مدت ۱۰ ساعت در محلول ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید در دمای اتاق قرار داده و سپس در شرایط آزمایشگاه و در سایه خشک شدند. برای تیمار شاهد، بذرهای به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر قرار داده شده (۱۱) و پس از آن خشک شدند. آزمایش با ۲۰ عدد از بذرهای تیمار شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و به مدت ۹ روز براساس استانداردهای ISTA انجام شد. در این آزمایش، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه،



شکل ۱. اثر تنش شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه لوییا (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر صفت، از نظر آماری بر مبنای آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪، تفاوت معنی‌داری ندارند)

در نتیجه استقرار بهتر گیاه را در پی دارد (۳۰). علت اصلی افزایش طول ساقه‌چه را احتمالاً می‌توان به افزایش فعالیت اسید اینورتاز و تجمع قندهای شش کربنه نسبت داد (۱۷ و ۲۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های وزن خشک ریشه‌چه فقط معنی‌داری ایندول بوتیریک اسید را در این صفت نشان داد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت ایندول بوتیریک اسید، وزن خشک ریشه‌چه افزایش یافت (شکل ۳) که با نتایج گوستا و همکاران (۱۵) هماهنگی داشت.

تنش شوری بر وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار بود که غلامی و همکاران (۱۲) هم در تحقیق خود به این نتیجه رسیده بودند. اما اثر ایندول بوتیریک اسید و برهمکنش شوری و ایندول بوتیریک اسید غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). تنش شوری همواره افزایش وزن خشک ساقه‌چه را نشان داد (شکل ۴-ب). تولید ریشه‌های جوان و مرگ ریشه‌های پیر را می‌توان سازوکار احتمالی تحمل این گیاه به تنش و دلیل برای افزایش وزن خشک ساقه‌چه عنوان نمود.

در بررسی صفت شاخص بنیه بذر، تنها معنی‌داری اثر تنش شوری مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر ساده تنش شوری نشان داد که با افزایش سطوح تنش شوری، شاخص بنیه بذر (شکل ۴-الف) کاهش یافت که با نتایج غلامی و همکاران (۱۲) مطابقت داشت.

تحلیل داده‌های طول ریشه‌چه، معنی‌داری اثر ساده تنش شوری را نشان دادند؛ در حالی‌که ایندول بوتیریک اسید و برهمکنش ایندول بوتیریک اسید و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر ساده تنش شوری نشان داد که با افزایش سطوح تنش شوری، طول ریشه‌چه کاهش یافت (شکل ۱) که مطابق با یافته‌های جمیل و همکاران (۱۸) و قدرت و همکاران (۱۱) بود. رشد ریشه‌چه در اثر تقسیم سلولی به وقوع می‌پیوندد؛ تنش شوری تأثیر بیشتری بر تقسیم سلولی در مقایسه با طولی شدن سلول دارد (۳۰).

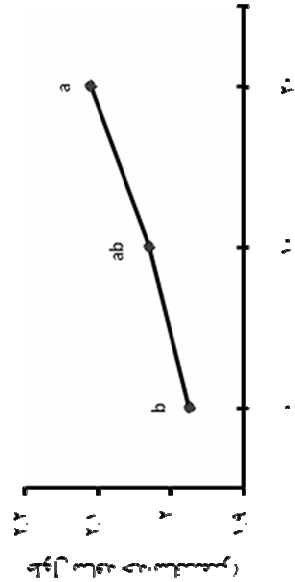
اثر ایندول بوتیریک اسید و تنش شوری بر طول ساقه‌چه معنی‌دار و برهمکنش این دو عامل غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تنش شوری نشان داد که افزایش سطوح تنش شوری، طول ساقه‌چه را افزایش داد. تا این‌که به یک مقدار حداکثر رسیده و پس از آن یک روند کاهشی را نشان داد (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت ایندول بوتیریک اسید، طول ساقه‌چه افزایش یافت (شکل ۲). معنی‌داری اثر ایندول بوتیریک اسید بر طول ساقه‌چه با یافته‌های موریس و آرتور (۲۳) و هچ و گلازیو (۱۹) و معنی‌داری شوری بر این صفت با یافته‌های جمیل و همکاران (۱۸) و قدرت و همکاران (۱۱) مطابقت داشت. براساس یافته‌های جنسن (۱۹)، با پیش‌تیمار نمودن می‌توان به افزایش طول گیاهچه دست یافت که

≧

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذرهاى لوبیای پرایمینگ شده در سطوح مختلف تنش شوری

		میانگین مربعات صفات مورد بررسی						درجه		منابع تغییرات	
ضرب	شاخص بنیه	وزن خشک	وزن خشک	طول ساقچه	طول ساقچه	طول ریشه‌چه	طول ریشه‌چه	سرعت	جوانه‌زنی	جوانه‌زنی	آزادی
آلومتري	بذر	ساقچه	ریشه‌چه	ریشه‌چه	طول ساقچه	طول ساقچه	طول ریشه‌چه	جوانه‌زنی	جوانه‌زنی	جوانه‌زنی	جوانه‌زنی
۰/۴۳**	۹۴/۹ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۹**	۴/۰۹*	۰/۶۷ ^{NS}	۷/۴۲ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۲	ایندول بوتیریک اسید (A)		
۰/۲۱**	۳۶۶.۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	۳/۱۶*	۴۰/۸۷**	۲۵ ^{NS}	۱/۱۴ ^{NS}	۴	تنش شوری (B)		
۰/۰۳*	۵۰۰/۶ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۶ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۶ ^{NS}	۰/۶۷ ^{NS}	۴/۵۳ ^{NS}	۱۸/۳۳ ^{NS}	۱/۳۸ ^{NS}	۸	A×B		
۰/۰۰۹	۵۰۳/۹	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۵	۰/۸۳	۳/۳۳	۱۷/۲۲	۱/۰۹	۳۰	خطا		
۱۰/۴	۱۲/۲	۱۵/۵	۱۴/۹	۵/۰۹	۱۲/۵۳	۰/۹۶	۱/۹۹	-	ضرب تغییرات (.)		

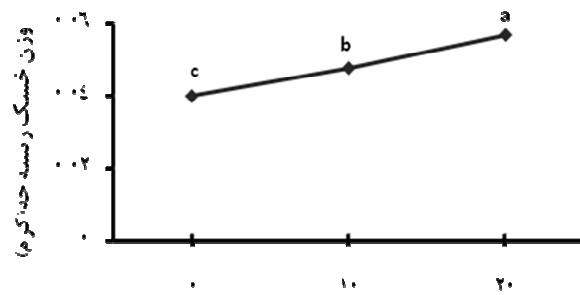
NS و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار



مغالب ایندول بوتیریک اسید، صفتی گرم در لیسر

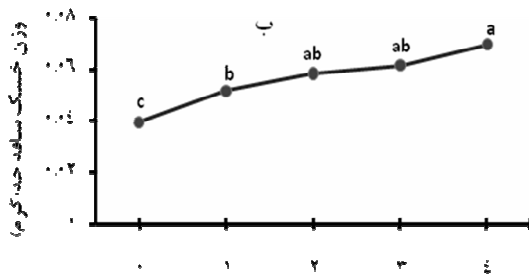
شکل ۲. اثر ایندول بوتیریک اسید بر طول ساقچه لوبیا (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر صفت، از نظر آماری بر مبنای آزمون توکی در سطح

احتمال ۵٪، تفاوت معنی داری ندارند)

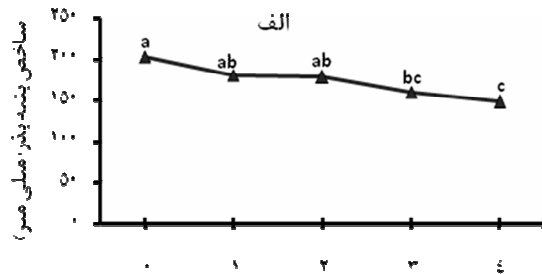


غلظت ایندول بوتیریک (سد، میلی گرم در لیتر)

شکل ۳. اثر ایندول بوتیریک اسید بر وزن خشک ریشه‌چه لوبیا (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر صفت، از نظر آماری بر مبنای آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪، تفاوت معنی‌داری ندارند)



ننس سووری ۵سی زدنس بر سر)



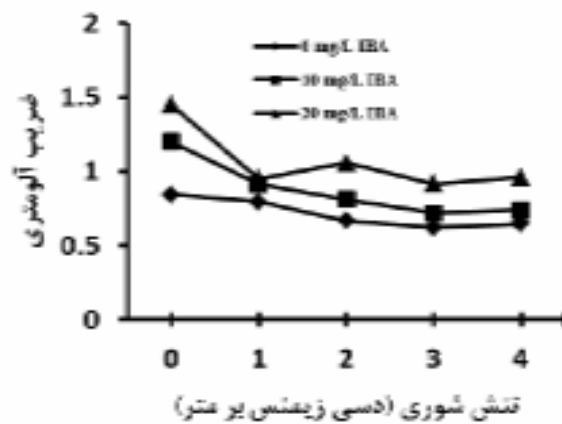
ننس سووری ۵سی زدنس بر سر)

شکل ۴. اثر تنش شوری بر (الف) شاخص بنیه بذر و (ب) وزن خشک ساقه‌چه لوبیا (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در هر صفت، از نظر آماری بر مبنای آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪، تفاوت معنی‌داری ندارند)

هریس و همکاران (۱۷) در ذرت، برنج و نخود، صالحی و همکاران (۳۰) در کلزا، ریاضی و شریف زاده (۲۸) در ارزن علوفه‌ای، غلامی و همکاران (۱۲) در ماشک گرمسیری و قدرت و همکاران (۱۱) در گندم هم به این نتیجه دست یافته‌اند.

بررسی روابط همبستگی بین تیمارهای آزمایشی نشان داد که بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک ساقه‌چه و طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه با وزن خشک ریشه‌چه، شاخص بنیه بذر با طول ریشه‌چه، ضریب آلومتری با طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشته است. در حالی‌که بین وزن خشک ساقه‌چه با طول ریشه‌چه، شاخص بنیه بذر با وزن خشک

ضریب آلومتری تنها صفتی بود که اثر معنی‌داری به واکنش ساده ایندول بوتیریک اسید و تنش شوری و برهمکنش این دو عامل نشان داد (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش ایندول بوتیریک اسید و تنش شوری نشان داد که با افزایش غلظت ایندول بوتیریک اسید، ضریب آلومتری افزایش یافته و تأثیر منفی تنش شوری کاهش یافت (شکل ۵). به‌طورکلی، روش پیش تیمار کردن منجر به یکسری تغییرات در بذره‌های گیاهان مختلف می‌شود که افزایش پتانسیل جوانه‌زنی، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و توانایی بذر را جهت مواجهه با موانع جوانه‌زنی افزایش می‌دهد (۲۸). با پیش تیمار نمودن می‌توان ویژگی‌های جوانه‌زنی لوبیا را بهبود بخشید که صابری و طویلی (۲۹) در گیاه مرتعی از خانواده غلات،



شکل ۵. برهمکنش تنش شوری و ایندول بوتیریک اسید بر ضریب آلومتری لوبیا

جدول ۲. ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

صفت	۱ ^a	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۱/۰۰۰							
۲	۰/۹۱۵***	۱/۰۰۰						
۳	۰/۰۵۴ ^{ns}	-۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۰۰۰					
۴	۰/۰۷۹ ^{ns}	۰/۰۶۴ ^{ns}	-۰/۱۵۱ ^{ns}	۱/۰۰۰				
۵	-۰/۱۶۱ ^{ns}	-۰/۰۹۷ ^{ns}	-۰/۰۱۶ ^{ns}	-۰/۱۹۱ ^{ns}	۱/۰۰۰			
۶	-۰/۱۵۲ ^{ns}	-۰/۱۷۲ ^{ns}	-۰/۴۵۱**	۰/۳۹۸**	۰/۴۷۸**	۱/۰۰۰		
۷	۰/۲۹۵ ^{ns}	۰/۲۶۴ ^{ns}	۰/۸۸۶***	۰/۲۵۲ ^{ns}	-۰/۱۱۰ ^{ns}	-۰/۳۱۱*	۱/۰۰۰	
۸	۰/۰۶۷ ^{ns}	۰/۱۳۳ ^{ns}	۰/۴۷۸***	-۰/۵۸۵***	۰/۴۱۱***	-۰/۵۶۷***	۰/۲۵۹ ^{ns}	۱/۰۰۰

۱^a سرعت جوانه‌زنی، ۲ درصد جوانه‌زنی، ۳ طول ریشه‌چه، ۴ طول ساقه‌چه، ۵ وزن خشک ریشه‌چه، ۶ وزن خشک ساقه‌چه، ۷ شاخص پنبه بذر و ۸ ضریب آلومتری

سبب افزایش وزن خشک ریشه‌چه شد که می‌تواند به تولید بیشتر ریشه‌های موئین و جذب بهتر آب در شرایط تنش کمک کند. زیرا این ریشه‌ها می‌توانند در شرایط مزرعه گستره وسیع‌تری از خاک را در بر گرفته و از راه جذب بیشتر آب با کم‌آبی مقابله نمایند. معنی‌دار شدن اثر برهمکنش ایندول بوتیریک اسید و تنش شوری بر ضریب آلومتری (نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه) هم گواه آن است.

ساقه‌چه، ضریب آلومتری با طول و وزن خشک ساقه‌چه همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش، استفاده از ایندول بوتیریک اسید سبب افزایش طول ساقه‌چه‌ها شد، که می‌تواند به دلیل کمک به بهبود استقرار گیاه در شرایط تنش مفید باشد. استفاده از ایندول بوتیریک اسید

منابع مورد استفاده

1. Afzal, I., S. Rauf, S. M. A. Basra and G. Murtaza. 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. *Plant, Soil and Environment* 54(9): 382-388.

2. Alizadeh, M. A. 1997. Loss of vigor and disease resistance in wheat seeds stored in Iranian climate. PhD Dissertation, Salford University, Salford, UK.
3. Ashraf, M. and P. J. C. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science* 166: 3-16.
4. Azam, F. 1992. Uptake of soil and labeled fertilizer N different varieties of wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 13: 107-115.
5. Azam, F., M. Ashraf, A. Lodhi and M. I. Sajjad. 1992. Fate and interaction with native soil N of ammonium N applied to wetland rice (*Oryza sativa* L.) grown under saline and non-saline conditions. *Biology and Fertility of Soils* 13: 102-107.
6. Basra, S. M. A., I. Afzal, S. Anwar, M. Shafique, A. Haq and K. Majeed. 2005. Effect of different seed invigoration techniques on wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds sown under saline and non-saline conditions. *Journal of Seed Technology* 28: 135-141.
7. Bose, B. and T. Mishra. 1999. Influence of pre-sowing soaking treatment in *Brassica juncea* seeds with Mg-salts on growth, nitrate reductase activity, total protein content and yield responses. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 5: 83-88.
8. Bourgene, S., C. Job and D. Job. 2000. Sugar beet seed priming: Solubilization of the basic subunit of 11-S globulin in individual seeds. *Seed Science Research* 10: 153-161.
9. Davis, T. D., N. Sankhla, R. H. Waker and A. Upadhyaya. 1985. Promotion of adventitious root formation on cuttings by paclobutrazol. *HortScience* 20: 883-884.
10. Dell'Aquila, A., D. Pignone and G. Carella. 1984. Polyethylene glycol 6000 priming effects on germination of aged wheat seed lots. *Biologia Plantarum* 26: 166-173.
11. Ghodrat, V., M. J. Roosta and M. S. Tadaion. 2010. Effect of priming with Indole-butyric acid (IBA) on germination and growth of wheat under saline conditions. Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, pp. 433. (In Farsi).
12. Gholami, P., J. Ghorbani, Sh. Ghaderi, F. Salarian and A. Karimzadeh. 2010. Assessment of germination indices for *Vicia monantha* under salinity and drought. *Rangeland* 4: 1-11. (In Farsi).
13. Goobkin, V. N. 1989. Methods of vegetable seed germination improvement. *Acta Horticulturae* 253: 213-216.
14. Guilfoyle, T., G. Hagen, T. Ulmasov and J. Murfett. 1998. How does auxin turn on genes? *Plant Physiology* 118: 341-347.
15. Gusta, L. V., B. J. O'Connor, G. P. Lafond and H. M. Austenson. 1994. The effect of fungicides and plant growth regulators applied as seed treatment on the freezing tolerance of winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 74: 63-69.
16. Harris, D., A. K. Pathan, P. Gothakar, A. Joshi, W. Chivasa and P. Nyamudeza. 1999. On-farm seed priming: Using participatory methods to review and refine a key technology. *Agricultural Systems* 69: 151-164.
17. Hatch, M. D. and K. T. Glasziou. 1963. Sugar accumulation cycle in sugarcane. II. Relationship of invertase activity to sugar content and growth rate in storage tissue of plants growth in controlled environments. *Plant Physiology* 38: 344-348.
18. Jamil, M., B. L. Deog, Y. J. Kwang, M. Ashraf, C. L. Sheong and R. Euishik. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Central European Agriculture* 7(2): 273-282.
19. Jensen, M. 2002. Seed vigour testing for predicting field seedling emergence in *Fagus sylvatica* L. *Denderobiology* 47: 47-54.
20. Al-Karaki, G. N. 1998. Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potentials. *Journal of Agronomy and Crop Science* 181: 229-235.
21. Ludlow, M. M. and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water-limited environments. *Advances in Agronomy* 43: 107-153.
22. Maguire, J. D. 1962. Speed of germination in selection and evaluation for seedling vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
23. Morris, D. A. and E. D. Arthur. 1984. Invertase and auxin-induced elongation in intermodal segments *Phaseolus vulgaris*. *Phytochemistry* 23(10): 2163-2167.
24. Nabati, D. A., R. E. Schmidt and D. J. Parrish. 1994. Alleviation of salinity stress in Kentucky bluegrass by plant growth regulators and iron. *Crop Science* 34: 198-202.
25. Nanda, K. K., A. N. Purohit and A. Bala. 1967. Effect of photoperiod, auxins and gibberellic acid on rooting of stem cuttings of *Bryophyllum tubiflorum* Harv. *Physiologia Plantarum* 20: 1096-1102.
26. Nanda, K. K. and V. K. Anand. 1970. Seasonal changes in auxin effects on rooting of stem cuttings of *Populus nigra* and its relationship with mobilization of starch. *Physiologia Plantarum* 23: 99-107.
27. Pan, R. and Z. Zhao. 1994. Synergistic effects of plant growth retardants and IBA on the formation of adventitious roots in hypocotyl cuttings of mungbean. *Plant Growth Regulation* 14: 15-19.

28. Riazi, A., F. Sharif-Zadeh and A. Ahmadi. 2008. Effect of osmopriming on seeds germination of forage millet. *Pajouhesh & Sazandegi* 77: 72-82. (In Farsi).
29. Saberi, M. and A. Tavili. 2010. Evaluation of different priming treatments influence on *Puccinellia distans* germination characteristics. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 17(1): 51-60. (In Farsi).
30. Salehi, M., F. Tamaskani, M. Ehsani and M. Arefi. 2010. Priming effect on germination and seedling growth of canola in comparison to nanosilver treatment under salinity stress. *Journal on Plant Science Researches* 16(4): 52-57. (In Farsi).
31. Shakirova, F. M., A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. V. Bezrukova and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.
32. White, J. W. and J. A. Castillo. 1989. Relative effect of root and shoot genotypes on yield of common bean under drought stress. *Crop Science* 29: 360-362.