

اثر تنش کم آبی و محلول پاشی ایندول استیک اسید در مراحل مختلف رشد دانه بر عملکرد و خصوصیات جوانه زنی بذور تولید شده ارقام گندم نان

محسن سعیدی^۱، مجید عبدلی^{۲*}، ماندانا آژند^۳ و سعید جلالی-هنرمند^۱

- ۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی
- ۲- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
- ۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی

چکیده

تنظیم کننده های رشد گیاهی از مهمترین عوامل موثر در شکل گیری عملکرد دانه محسوب می شوند. با این وجود نقش های فیزیولوژیک آنها به طور کامل شناسایی نشده است. از طرف دیگر تنش خشکی از عوامل اصلی کاهش تولید محصولات زراعی است و علاوه بر افت عملکرد بر خصوصیات جوانه زنی نیز تاثیر می گذارد. به همین منظور، آزمایشی در دو بخش مزرعه ای و آزمایشگاهی در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه طی سال های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ در قالب اسپلیت پلات-فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آبیاری در دو سطح شامل بدون تنش و تنش کم آبی (قطع آبیاری پس از گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیکی) به عنوان کرت اصلی مد نظر قرار گرفت و ترکیب ارقام گندم پیشتاز و مرودشت، ۳۳۶ و DN-11 همراه با تیمارهای محلول پاشی ایندول استیک اسید (با غلظت ۵۰ میکرومولار) در سه سطح شامل شاهد، اوایل مرحله تقسیم سلولی (گرده افشانی) و پرشدن دانه (۱۴ روز پس از گرده افشانی) در کرت های فرعی قرار گرفتند. در شرایط بدون تنش عملکرد دانه رقم مرودشت بیشتر از دیگر ارقام بود. کاهش شدید عملکرد دانه در این رقم طی تنش کم آبی نشان داد که حساسیت این رقم نسبت به تنش کم آبی بیشتر از سایر ارقام است و کمترین کاهش عملکرد دانه طی تنش رطوبتی مربوط به رقم DN-11 بود. محلول پاشی ایندول استیک اسید در ابتدای تقسیم سلولی دانه های در حال رشد، موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه شد که در این شرایط بیشترین افزایش عملکرد دانه در رقم مرودشت دیده شد. ولی اعمال این تیمار در مرحله پرشدن دانه چنین اثری نداشت. بذور بدست آمده از مزرعه در آزمایشگاه از نظر خصوصیات جوانه زنی مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که طول ریشه چه و درصد جوانه زنی تحت تاثیر تنش کم آبی قرار نگرفتند و به غیر از پارامترهای نسبت ساقه چه به ریشه چه و سرعت جوانه زنی که طی تنش افزایش یافتند بقیه پارامترهای کاهش چشمگیری نشان دادند. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی ایندول استیک اسید مخصوصاً در ابتدای پرشدن دانه بیانگر اثر معنی دار آن بر خصوصیات جوانه زنی بود به طوری که سبب افزایش صفات جوانه زنی گردید. با توجه به نتایج به دست آمده احتمالاً اکسین با تاثیر گذاری بر کیفیت بذور تولید شده و نه افزایش کمیت (وزن دانه) موجب اثرات مثبت بر خصوصیات جوانه زنی شده است.

کلمات کلیدی: گندم، تنش کم آبی، ایندول استیک اسید، عملکرد دانه، درصد جوانه زنی، بنیه بذر.

مقدمه

وضعیت تولید آن بطور مستقیم به پایداری جامعه بستگی دارد (Dai and Li, 2004). اگرچه در محدوده وسیعی از جهان قابل کشت است اما مناطق اصلی برای تولید آن عرض های ۳۰ و ۵۰ درجه شمالی است که کشور ایران نیز در آن واقع شده است. ایران به-

گندم، اولین غله و مهمترین گیاه زراعی دنیا است که در بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار از اراضی جهان کشت می شود (Royo et al., 2005) و غذای اصلی بیش از ۳۵ درصد جمعیت جهان را تشکیل می دهد.

*نویسنده مسئول: مجید عبدلی، نشانی: مراغه - اتوبان امیرکبیر - میدان مادر - خیابان دانشگاه - دانشگاه مراغه - دانشکده کشاورزی

آبسزیک اسید در درون بذر افزایش می‌یابد، در چنین شرایطی غلظت ایندول استیک اسید که یک تنظیم کننده رشد کلیدی در شکل‌گیری قدرت مخزن است، به شدت کاهش می‌یابد (Yang *et al.*, 2006; Saeidi *et al.*, 2003) و کاهش غلظت IAA تحت غلظت‌های بالای ABA در برخی تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (Kaldecova and Falws, 2000). در این مورد ناصر و همکاران (Naseer *et al.*, 2001) با بررسی تاثیر محلول پاشی ایندول استیک اسید (۲۵ میلی‌گرم در لیتر) بر رشد و عملکرد ارقام گندم تحت تنش شوری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی بر متر) گزارش کردند که عملکرد و پارامترهای رشد از قبیل ارتفاع گیاه، طول ریشه، تعداد برگ در گیاه، سطح برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته با افزایش میزان شوری کاهش بیشتری یافتند، ولی محلول پاشی ایندول استیک اسید در زمان اعمال تیمار شوری و ۱۵ روز پس از آن سبب کاهش خسارات ناشی از شوری شد که تاثیر محلول پاشی تنظیم کننده رشد در زمان اعمال شوری بهتر بود. از طرف دیگر یکی از حساس ترین مراحل زندگی گیاه، زمان جوانه زنی و سبز شدن است، زیرا در این مرحله بذر در معرض شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرد و استقرار بوته در مزرعه دچار مشکل می‌شود (Albuquerque and Carvalho, 2003).

جوانه زنی بذر اهمیت فوق العاده ای در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارد به طوری که تراکم کافی بوته در واحد سطح زمانی بدست می‌آید که بذرها کاشته شده بطور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند (Baalbaki *et al.*, 1990). بدیهی است بذرهایی که بتوانند در شرایط تنش، از مقاومت به

علت موقعیت خاص جغرافیایی دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است و با متوسط نزولات ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است (Heidari Sharifabad, 2008). در چنین مناطقی وقوع تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه گندم امری اجتناب ناپذیر است و از طریق کاهش سرعت رشد (Galle *et al.*, 2010)، کاهش سرعت فتوسنتز (Yang and Zang, 2006) و تسریع پیری برگ‌ها (Martinez *et al.*, 2003) سبب کاهش وزن دانه و افت عملکرد (Abdoli and Saeidi, 2012) می‌شود. با توجه به خسارات ناشی از تنش خشکی، ارزیابی واکنش گیاهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Passioura, 2007). به همین جهت یکی از راههای دستیابی به ارقام مناسب گندم مناطق خشک و نیمه خشک، شناسایی ارقامی است که کمترین کاهش عملکرد و وزن هزار دانه را داشته باشند و از طرف دیگر توان جوانه زنی و سرعت رشد بالایی داشته باشند. فیتوهورمون‌ها نقش مهمی در پاسخ به تنش‌های محیطی دارند (Davies, 1995; Sharma *et al.*, 2005). در بین انواع فیتوهورمون‌ها، ایندول استیک اسید (IAA) نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه دارد و سبب طولیل شدن سلول، گسترش سیستم آوندی و بروز غالبیت انتهایی (Wang *et al.*, 2001)، تغییر در تعداد و اندازه برگ‌ها (Cleland, 1987) می‌شود. همچنین در واکنش به تنش‌ها از جمله خشکی و شوری موثر است (Cleland, 1987). تنظیم هورمونی رشد و متابولیسم گیاه بسیار پیچیده بوده و حاصل اثرات متقابل بین هورمون‌هاست (Lenoble *et al.*, 2004). در این بین، مقدار اکسین در شرایط تنش با آبسزیک اسید (ABA) در ارتباط است (Ribaut and Pilet, 1991; 1994).

تکرار اجرا شد. دو سطح آبیاری شامل بدون تنش (آبیاری در تمام مراحل رشدی) و تنش (قطع آبیاری پس از ۵۰ درصد گرده افشانی ارقام) به عنوان عامل اصلی و ارقام گندم شامل پیشتاژ، مرودشت، ۶۶۳ و DN-11 همراه با تیمار محلول پاشی ایندول استیک اسید به تفکیک در اوایل مرحله تقسیم سلولی (گرده-افشانی) و پرشدن دانه‌ها (۱۴ روز پس از گرده افشانی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. کشت بذور به صورت دستی و بر اساس وزن هزار دانه و قوه نامیه در نیمه دوم آبان ماه با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع صورت گرفت. با توجه به نتایج محققان دیگر (Hussain *et al.*, 2011) غلظت ۵۰ میکرومولار ایندول استیک اسید (IAA) جهت محلول پاشی استفاده شد. جهت سهولت در حل شدن، ابتدا ایندول استیک اسید در ۲ میلی لیتر محلول سود حل شده و با آب مقطر به حجم مورد نظر رسانده شد. جهت جذب سطحی بهتر از ۲ الی ۳ قطره تیپول بعنوان مویان استفاده شد و جهت اطمینان از جذب شدن تنظیم کننده رشد توسط گیاه، عمل محلول پاشی کل بوته، سه روز متوالی به طول انجامید و به منظور جلوگیری از تجزیه سریع آن توسط نور خورشید، پاشش هورمون در زمان غروب آفتاب انجام شد. برای اندازه گیری عملکرد دانه و اجزای آن (وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی پس از حذف حاشیه‌ها، از هر تیمار ۲۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شده و اندازه گیری‌های مذکور انجام شدند.

ب) بخش آزمایشگاهی

جهت بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی ایندول استیک اسید اعمال شده در مزرعه بر خصوصیات جوانه زنی ارقام گندم، آزمایشی به

خشکی بالایی برخوردار باشند در استقرار یکنواخت بوته‌ها در مزرعه و افزایش عملکرد نقش قابل توجهی خواهند داشت. تحقیقات گلناز و همکاران (Gulnaz *et al.*, 1999) نشان می‌دهد که با افزایش شدت شوری میزان جوانه زنی بذور گندم کاهش می‌یابد اما تحت تاثیر ایندول استیک اسید (IAA) و نفتالین استیک اسید (NAA) از میزان خسارت آن کاسته می‌شود. در این مورد اکبری و همکاران (Akbari *et al.*, 2007) گزارش کردند که کاربرد اکسین سبب افزایش طول و وزن ساقچه و وزن تر و خشک گیاهچه در سه رقم گندم تحت تنش شوری می‌شود، همچنین اگامبریدیهوا (Egamberdieva, 2009) بیان کرد که کاربرد ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد ریشه-چه و ساقچه در گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش شوری می‌گردد. با توجه به مطالب گفته شده هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تنظیم کننده رشد ایندول استیک اسید و تنش خشکی انتهای فصل بروی عملکرد دانه و خصوصیات جوانه زنی ارقام گندم و انتخاب ارقام برتر گندم در این ارتباط بوده است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ در دو قسمت مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن از دریا ۱۳۱۹ متر است.

الف) بخش مزرعه‌ای

این پژوهش در قالب آزمایش اسپلیت پلات-فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه

$$SVI = (GP \times SH) / 100 \quad (\text{رابطه ۳}):$$

که در این رابطه GP درصد جوانه‌زنی و SH طول گیاهچه (مجموع طول ساقچه و ریشه‌چه) می‌باشد. محاسبات و تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام شدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول - بخش مزرعه‌ای عملکرد دانه و صفات زراعی

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه و اجزاء آن در ارقام مختلف گندم مورد بررسی (جدول ۱) نشان دادند که تنش کم‌آبی به طور متوسط موجب ۱۸ و ۱۷ درصد کاهش در عملکرد دانه و وزن هزار دانه ارقام مورد بررسی شد. متوسط میزان عملکرد دانه و وزن هزار دانه ارقام مورد بررسی در شرایط بدون تنش به ترتیب ۱/۴۹ گرم در سنبله و ۴۰/۵ گرم بود در حالی که این مقادیر در شرایط تنش به ترتیب به ۱/۲۲ گرم در سنبله و ۳۳/۵ گرم کاهش پیدا کردند. کاهش شدید عملکرد دانه در این شرایط بر اساس یافته‌های سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2010) که تنش کم‌آبی را در سطوح مختلف و در مراحل مختلف رشد دانه اعمال نمودند، بیشتر به علت تحت تاثیر قرار گرفتن تامین مواد پرورده برای پرشدن دانه-ها، کاهش قدرت مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی و همچنین کاهش دوره رشد دانه می‌باشد. این نتایج همچنین موافق با یافته‌های یانگ و زانگ (Yang and Zang, 2006)، تقوایی و همکاران (Tagvai *et al.*, 2007) و عبدلی و سعیدی (Abdoli and Saeidi, 2012) می‌باشند. کاهش وزن هزار دانه ارقام گندم در چنین شرایطی نشان دهنده عدم تامین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها می‌باشد. چنین واکنشی در مطالعات

صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. در این آزمایش فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح آبیاری، ارقام و زمان محلول-پاشی ایندول استیک اسید بودند. ابتدا ظروف پتری ۹ سانتیمتری، به منظور حذف آلودگی، شسته شده و در دمای ۱۲۰ درجه به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. بذور نیز در محلول هیپوکلرید سدیم ۲۰٪ بمدت ۵۰ ثانیه و الکل ۹۶٪ بمدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی شده و سپس با آب مقطر شسته شدند. تعداد ۵۰ بذر در هر پتری دیش که در کف آن یک عدد کاغذ صافی قرار داده شد بود، کشت شدند و مقدار ۸ میلی لیتر آب مقطر به پتری‌ها اضافه گردید و دمای محیط روی ۲۵ درجه سانتیگراد تنظیم شد.

شمارش بذور جوانه‌زده به طور روزانه و در ساعت معینی انجام شد و بذوری که ریشه‌چه آنها به ۲ میلیمتر رسیده بود به عنوان بذور جوانه زده شمارش شدند. شمارش تا روز هفتم ادامه یافت و بعد از این مدت، وزن خشک و طول ساقچه و ریشه‌چه اندازه گیری شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد (Agrawai, 1991).

$$GP = (N_g / N_i) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱}):$$

در این رابطه N_g تعداد بذور جوانه‌زده تا روز i ام و N_i تعداد کل بذر می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (Belcher and Miller, 1974).

$$GR = \sum N_i / D_i \quad (\text{رابطه ۲}):$$

در این معادله N_i تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، D_i تعداد روز تا شمارش i ام و i دفعات شمارش است.

همچنین شاخص بنیه بذر طبق رابطه ۳ محاسبه شد (Abdul-Baki and Anderson, 1970).

سنبله) و رقم پیشتاز با ۱/۳۰ گرم در سنبله کمترین مقدار را دارا بودند. در حالی که از نظر وزن هزار دانه ارقام DN-11، ۳۳۶ و پیشتاز بیشترین (به ترتیب با ۳۹، ۳۸ و ۳۸ گرم) و رقم مرودشت کمترین (۳۳ گرم) وزن هزار دانه را داشتند.

دیگر نیز گزارش شده است (Ehdaie *et al.*, 2006 b; Ahmadi *et al.*, 2009 a). از نظر صفات فوق بین ارقام اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۱) به طوری که تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش کم آبی از نظر عملکرد دانه ارقام DN-11، ۳۳۶ و مرودشت بیشترین (به ترتیب با ۱/۴۱، ۱/۳۵ و ۱/۳۵ گرم در

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح آبیاری، رقم و محلول پاشی ایندول استیک اسید بر عملکرد دانه (گرم در سنبله)، وزن هزار دانه (گرم) و تعداد دانه در سنبله ارقام گندم.

Table 1- Mean comparison of the effect of irrigation levels, cultivar and application of IAA on grain yield (g.spike⁻¹), 1000 grain weight (g) and number of grains per spike in different wheat cultivars.

تیمارها	تیمارها	عملکرد دانه (گرم در سنبله)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله
Treatments		Grain yield (g.spike ⁻¹)	1000 grain weight (g)	Number of grains per spike
Irrigation levels	سطوح آبیاری			
Well water	بدون تنش	1.49 a	40.5 a	37.8 a
Water deficiency	تنش کم آبی	1.22 b	33.5 b	36.7 a
Decrease (%)	کاهش (%)	-18.1	-17.3	-2.9
Cultivars	ارقام			
Pishtaz	پیشتاز	1.30 b	37.8 a	35.0 b
Marvdasht	مرو دشت	1.35 a	33.3 b	42.8 a
336	۳۳۶	1.35 a	37.8 a	36.2 b
DN-11	دی ان-۱۱	1.41 a	38.9 a	35.0 b
Application of IAA	محلول پاشی ایندول استیک اسید			
C	شاهد	1.29 b	34.4 b	37.9 a
T ₁	تقسیم سلولی	1.44 a	39.6 a	37.0 a
T ₂	پر شدن دانه	1.33 b	36.9 b	36.8 a

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پر شدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده افشانی).

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis).

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability LSD Test.

در بین ارقام از نظر تعداد دانه در سنبله ارقام DN-11، ۳۳۶ و پیشتاز کمترین (به ترتیب با ۳۵، ۳۵ و ۳۵) و رقم مرودشت بیشترین مقدار را (۴۳) بودند (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها (جدول ۱) نشان داد که به‌طور کلی محلول پاشی اکسین سبب افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه گردید و محلول پاشی

بین شرایط بدون تنش و تنش از نظر تعداد دانه در سنبله تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۱). در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی تعداد دانه در سنبله ۳۸ و ۳۷ دانه بود. این نتیجه احتمالاً به این دلیل است که پتانسیل این جزء قبل از گرده افشانی و در مرحله طویل شدن ساقه‌ها (قبل از ظهور سنبله) شکل گرفته و قطع آبیاری پس از گلدهی تاثیر زیادی بر آنها نداشت

ایندول استیک اسید در زمان تقسیم سلولی (گرده-افشانی) تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در این باره حسین و همکاران (Hussain *et al.*, 2011) با بررسی غلظت‌های مختلف IAA گزارش کردند که ایندول استیک اسید سبب افزایش پارامترهای رشد و عملکرد ارقام گندم گردید. با توجه به این که طی تنش کم‌آبی پس از گرده-افشانی و همچنین در همین مرحله در شرایط بدون تنش غلظت ایندول استیک اسید که یک تنظیم‌کننده رشد کلیدی در شکل‌گیری قدرت مخزن است، به شدت‌های مختلف کاهش می‌یابد (در شرایط تنش کم‌آبی با شیب بیشتر) (Yang *et al.*, 2003; Saeidi *et al.*, 2006)، احتمالاً محلول‌پاشی ایندول استیک اسید به ویژه در زمان تقسیم سلولی (گرده‌افشانی) از این عمل جلوگیری کرده و موجب افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه می‌شود. محلول‌پاشی ایندول استیک اسید اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت (جدول ۱). به نوعی که تعداد دانه در سنبله در شرایط بدون تنش طی محلول‌پاشی اکسین در زمان تقسیم سلولی (گرده‌افشانی) و پرشدن دانه (۱۴ روز پس از گرده‌افشانی) ۳۸ و ۳۷ دانه بود. این نتیجه احتمالاً به این خاطر است که پتانسیل این اجزاء قبل از گرده‌افشانی و در مرحله طویل شدن ساقه‌ها (قبل از ظهور سنبله) شکل گرفته و محلول‌پاشی ایندول استیک اسید تأثیر زیادی بر آنها نداشته است.

آزمایش دوم- بخش آزمایشگاهی

خصوصیات جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاهچه
در قسمت آزمایشگاهی بذور به دست آمده از ارقام مختلف در مزرعه تحت تیمارهای مختلف تنظیم‌کننده رشد در مرحله تقسیم سلولی و پرشدن دانه‌ها و تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی از نظر خصوصیات

طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه

تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار طول ساقه‌چه از ۹/۲۶ به ۸/۳۲ سانتیمتر در بذور ارقام گندم گردید. بر اساس نتایج حاصل از مقایسات میانگین مشخص شد که بین ارقام مورد مطالعه، رقم پیش‌تاز با ۹/۴ سانتیمتر بیشترین و رقم ۳۳۶ با ۸/۰۵ سانتیمتر کمترین طول ساقه‌چه را داشتند. در بین تیمارها نیز محلول‌پاشی ایندول استیک اسید در زمان ۱۴ روز پس از گرده-افشانی با ۹/۶۳ سانتیمتر بیشترین طول ساقه‌چه را دارا بود. بین محلول‌پاشی در زمان گرده‌افشانی و شاهد اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳). تنش

و ۱۸/۵ سانتیمتر) طول گیاهچه نسبت به شاهد یعنی بدون محلول پاشی ایندول استیک اسید (۱۵/۳ سانتیمتر) شدند. گزارشات متعددی در مورد تاثیر مثبت کاربرد ایندول استیک اسید بر رشد گیاهچه وجود دارد. در این مورد آگامبریدیوا (Egamberdieva, 2009) و عبدلی و همکاران (Abdoli et al., 2013) بیان کردند که کاربرد ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد ریشه چه و ساقه چه در گیاهچه های گندم در شرایط تنش شوری می گردد. از این رو کاهش رشد گیاه تحت تنش احتمالاً به دلیل تغییر در روابط هورمونی است. بنابراین کاربرد ایندول استیک اسید در کاهش خسارات ناشی از تنش کم آبی همانطور که در این تحقیق دیده شد و در شرایط تنش شوری موثر است (Javid et al., 2011).

وزن خشک ساقه چه، ریشه چه و گیاهچه

تنش خشکی سبب کاهش معنی دار میانگین وزن خشک ساقه چه از ۷/۳۳ به ۶/۱۶ میلی گرم (حدوداً ۱۶ درصد کاهش) شد. بین ارقام مورد بررسی، رقم DN-11 با ۷/۴۷ میلی گرم بیشترین وزن ساقه چه را داشت و در بین بقیه ارقام اختلاف معنی داری از این نظر مشاهده نشد. در بین تیمارها محلول پاشی ایندول استیک اسید نیز اعمال این تیمار در زمان ۱۴ روز پس از گرده افشانی (ابتدای پر شدن دانه ها) با ۷/۵۹ میلی گرم بیشترین و شاهد (عدم اعمال تیمار اکسین) کمترین (۵/۷۹ میلی گرم) میزان را داشتند (جدول ۳). تنش خشکی میانگین کلی وزن ریشه چه را کاهش داد به طوری که از ۵/۷۷ در شرایط بدون تنش به ۵/۱۱ میلی گرم در شرایط تنش کم آبی رسید. مقایسه میانگین داده ها نشان دادند که تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی رقم DN-11 با ۵/۸۲ میلی گرم بیشترین و ارقام پیشتاز و مروودشت با ۵/۲۴ و ۵/۱۹

خشکی سبب کاهش معنی دار میانگین طول ریشه چه ارقام مورد بررسی از ۸/۴۹ به ۷/۹۹ سانتیمتر شد. ارقام مروودشت و پیشتاز (به ترتیب با ۹/۳۶ و ۸/۶۱ سانتیمتر) بیشترین و ارقام DN-11 و ۳۳۶ (به ترتیب با ۷/۶۵ و ۷/۳۳ سانتیمتر) کمترین طول ریشه چه را داشتند. در بین تیمارها نیز محلول پاشی در زمان گرده افشانی و ۱۴ روز بعد از گرده افشانی سبب افزایش (به ترتیب ۸/۷۲ و ۸/۸۷ سانتیمتر) طول ریشه چه نسبت به شاهد یعنی بدون محلول پاشی ایندول استیک اسید (۷/۱۳ سانتیمتر) شدند (جدول ۳). طول ریشه چه نسبت به طول ساقه چه از حساسیت کمتری نسبت به تنش کم آبی برخوردار بود. به طوری که طی تنش کم آبی طول ریشه چه حدوداً ۶ درصد و طول ساقه چه حدوداً ۱۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). این نتایج مطابق با نتایج سعیدی و همکاران (Saeidi et al., 2007) و گراوندی و همکاران (Gravandi et al., 2010) است. دلیل این امر احتمالاً به دلیل اختصاص بیشتر اندوخته بذر به ریشه چه می باشد. تنش کم آبی طول گیاهچه را به طور معنی داری کاهش داد به طوری که از ۱۷/۷۵ سانتیمتر در شرایط بدون تنش به ۱۶/۳۱ سانتیمتر (کاهش ۸ درصدی) در شرایط تنش کم آبی رسید. یکی دیگر از دلایل کاهش طول گیاهچه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت های ذخیره ای بذر به جنین ذکر شده است (Trautwein et al., 1997). بر اساس نتایج حاصل از مقایسات میانگین (جدول ۳ و ۴) مشخص شد که ارقام پیشتاز و مروودشت با ۱۸ سانتیمتر بیشترین و رقم ۳۳۶ با ۱۵ سانتیمتر کمترین طول گیاهچه را داشتند. در بین تیمارها نیز محلول پاشی در زمان گرده افشانی و ۱۴ روز بعد از گرده افشانی سبب افزایش (به ترتیب ۱۷/۳

میلی گرم کمترین وزن ریشه چه را داشتند. محلول-
پاشی ۱۴ روز پس از گرده افشانی (ابتدای پرشدن
دانه‌ها) با ۶/۴۴ میلی گرم و شاهد با ۴/۵۲ میلی گرم به
ترتیب بیشترین و کمترین وزن ریشه چه را به خود
اختصاص دادند.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی استیک اسید و رقم بر عملکرد دانه (گرم در سنبله)، وزن هزار دانه (گرم) و تعداد دانه در سنبله ارقام مختلف گندم تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی پس از گرده افشانی.

Table 2- Mean comparison of interactions between application of IAA and cultivar on grain yield (g.spike⁻¹), 1000 grain weight (g) and number of grains per spike in different wheat cultivars under well-water and post anthesis water deficiency.

ارقام	محلول پاشی ایندول استیک اسید	عملکرد دانه (گرم در سنبله)			وزن هزار دانه (گرم)			تعداد دانه در سنبله		
		Grain yield (g.spike ⁻¹)		کاهش (%)	1000 grain weight (g)		کاهش (%)	Number of grains per spike		کاهش (%)
		بدون تنش	تنش کم آبی	Decrease (%)	بدون تنش	تنش کم آبی	Decrease (%)	بدون تنش	تنش کم آبی	Decrease (%)
Cultivars	Application of IAA	Well water	Water deficiency	Decrease (%)	Well water	Water deficiency	Decrease (%)	Well water	Water deficiency	Decrease (%)
Pishtaz	C	1.49±0.02	1.05±0.03	-29.4	37.8±1.5	25.9±0.9	-31.4	39.5±2.0	40.5±0.3	2.6
	T ₁	1.50±0.01	1.25±0.14	-16.8	48.2±6.2	36.6±0.8	-24.2	32.3±4.7	34.0±3.1	5.3
	T ₂	1.40±0.02	1.09±0.07	-22.7	41.7±1.1	36.7±3.5	-12.0	33.7±0.6	30.2±3.7	-10.4
Marvdasht	C	1.57±0.02	0.99±0.05	-37.1	38.0±1.6	26.8±4.8	-29.4	42.9±1.6	38.5±4.5	-10.4
	T ₁	1.77±0.09	1.19±0.09	-33.0	41.4±2.5	27.2±1.9	-34.4	45.7±3.7	43.7±0.2	-4.5
	T ₂	1.64±0.03	0.96±0.02	-41.4	43.8±0.3	22.7±1.0	-48.1	43.3±4.1	42.5±2.8	-1.8
336	C	1.34±0.06	1.12±0.04	-16.0	39.6±0.5	33.7±3.7	-14.9	33.8±1.3	34.5±5.5	2.2
	T ₁	1.49±0.02	1.42±0.02	-4.7	42.4±1.9	39.7±0.9	-6.4	35.3±1.9	35.8±1.1	1.5
	T ₂	1.37±0.03	1.38±0.01	1.3	33.4±0.7	37.8±1.8	13.1	40.9±1.0	36.8±1.7	-10.1
DN-11	C	1.40±0.01	1.35±0.02	-3.5	36.9±0.8	36.7±1.2	-0.5	36.5±0.4	36.9±1.7	1.0
	T ₁	1.45±0.02	1.43±0.02	-1.4	42.0±1.2	39.1±2.8	-6.8	34.1±1.3	35.2±1.6	3.1
	T ₂	1.41±0.03	1.40±0.00	-0.3	40.4±1.7	38.5±3.4	-4.6	34.9±1.5	32.1±1.0	-7.8
میانگین	C	1.45±0.03	1.13±0.04	-22.1	38.1±1.1	30.8±2.6	-19.1	38.2±1.3	37.6±3.0	-1.5
Mean	T ₁	1.55±0.03	1.32±0.07	-14.9	43.5±2.9	35.6±1.6	-18.1	36.9±2.9	37.2±1.5	0.8
	T ₂	1.45±0.03	1.21±0.03	-16.9	39.8±1.0	33.9±2.4	-14.8	38.2±1.8	35.4±2.3	-7.3

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پرشدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده افشانی). میانگین ± اشتباه معیار

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis). Mean ± SE

ریشه چه و وزن خشک آنها معنی دار بوده (به استثنای محلول پاشی در مرحله تقسیم سلولی که بر طول ساقه - چه معنی دار نبود) و بین ارقام از نظر برخی از صفات فوق اختلاف معنی دار وجود دارد. این اختلاف می-تواند ناشی از نوع رقم و یا تاثیر محلول پاشی باشد. احتمالاً ارقام با ذخایر بذری بیشتر گیاهچه های قوی-تری تولید نموده و در استقرار اولیه گیاه دارای اهمیت می باشد. با توجه به اینکه محلول پاشی ایندول استیک اسید در افزایش وزن دانه موثر بود (جدول ۱) پس سبب افزایش اندوخته بذری و تولید گیاهچه های قوی تر نسبت به شاهد شد. این امر در شرایط تنش

تنش خشکی سبب کاهش میانگین وزن گیاهچه از ۱۳/۰۹ به ۱۱/۲۷ میلی گرم (۱۴ درصد کاهش) شد. رقم DN-11 با ۱۳/۲۹ میلی گرم بیشترین وزن گیاهچه داشت و بین بقیه ارقام اختلاف معنی داری از این نظر وجود نداشت. در بین تیمارهای محلول پاشی اکسین نیز باز هم محلول پاشی در زمان ۱۴ روز پس از گرده-افشانی (ابتدای پرشدن دانه‌ها) با ۱۴/۰۲ میلی گرم بیشترین و شاهد با ۱۰/۳۱ میلی گرم کمترین مقدار را دارا بودند (جدول ۳ و ۵). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که به طور کلی تاثیر محلول پاشی در مراحل مختلف رشد دانه بر صفات طول ساقه چه و

سرعت جوانه زنی شد. در بین تیمارهای محلول پاشی نیز محلول پاشی در زمان گرده افشانی و ۱۴ روز بعد از گرده افشانی سبب افزایش (به ترتیب ۱۸/۳۵ و ۱۸/۴۳) در سرعت جوانه زنی نسبت به شاهد (۱۴/۹۵) شدند (جدول ۳). تنش خشکی سبب کاهش درصد جوانه زنی بذور تولید شده از ۹۲/۲ به ۹۱/۲ درصد شد. اما از لحاظ آماری این اختلاف معنی داری نبود. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2006) بیان کردند که احتمالاً کاهش درصد جوانه زنی و شاخص های جوانه زنی در چنین شرایطی می تواند ناشی از تجزیه آهسته تر مواد آندوسپرم یا انتقال کندتر مواد تجزیه شده به گیاهچه باشد.

مقایسه میانگین داده ها (جدول ۳) نشان داد که رقم پیشتاز با ۹۴/۴ درصد بیشترین و رقم ۳۳۶ با ۸۸/۹ درصد کمترین درصد جوانه زنی را دارند. در بین تیمارها نیز محلول پاشی در زمان های مختلف رشد دانه تغییر معنی داری بر درصد جوانه زنی ارقام مورد بررسی ایجاد نکردند (جدول ۳ و ۷). افزایش وزن و طول گیاهچه در اثر محلول پاشی ایندول استیک اسید می تواند به استقرار سریع گیاه در مزرعه کمک کند. علت تسریع سرعت جوانه زنی شاید ناشی از افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده نظیر آلfa آمیلاز، افزایش انتقال انرژی (ATP)، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و کارایی میتوکندری ها باشد (Bittencourt et al., 2005). بدیهی است بذرهایی که بتوانند در شرایط تنش کم آبی، از مقاومت به خشکی بالایی برخوردار باشند در استقرار یکنواخت بوته ها در مزرعه و افزایش عملکرد نقش قابل توجهی خواهند داشت.

چشمگیرتر است (جدول ۴ و ۵). در این مورد دو مان (Duman, 2006) گزارش کرد که گیاهچه های قوی تر در مدت زمان کوتاهی سیستم ریشه ای خود را گسترش داده و با جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید اندام های فتوسنتز کننده موقعیت ویژه ای را به گیاه می دهد، این وضعیت امکان بهره برداری مناسب تر از نهاده های محیطی مثل آب و نور و غیره را برای گیاه فراهم می سازد (Chivasa et al., 1998).

نسبت ساقه چه به ریشه چه

تنش خشکی نسبت ساقه چه به ریشه چه را تحت تاثیر قرار داد به طوری که از ۱/۱۲ در شرایط بدون تنش به ۱/۰۶ رسید. مقایسه میانگین داده ها، نشان داد که از نظر صفت فوق رقم DN-11 با ۱/۲۱ بیشترین و رقم مرودشت (۰/۹۴) کمترین است. تیمار شاهد (بدون محلول پاشی ایندول استیک اسید) در نسبت ساقه چه به ریشه چه با ۱/۱۷ بیشترین و محلول پاشی در زمان گرده افشانی با ۰/۹۹ کمترین بود (جدول ۳).

سرعت جوانه زنی و درصد جوانه زنی

سرعت جوانه زنی بذور با مدت زمان جوانه زنی رابطه معکوس دارند و تنش کم آبی سبب افزایش سرعت جوانه زنی از ۱۶/۶۷ به ۱۷/۸۳ شد. یعنی بذور تولید شده در شرایط تنش کم آبی زودتر جوانه زدند، که احتمالاً به علت کوچک بودن اندازه بذور است که با جذب آب در فاصله زمانی کوتاهتری توانسته اند سریع تر جوانه بزنند. مقایسه میانگین داده ها نشان دادند که تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی رقم مرودشت بیشترین (۱۸/۴۱) و ارقام ۳۳۶ و DN-11 کمترین (۱۶/۴۴ و ۱۶/۶۲) سرعت جوانه زنی را دارند (جدول ۳ و ۷). به طور کلی محلول پاشی سبب افزایش

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح آبیاری، رقم و محلول پاشی ایندول استیک اسید بر جوانه زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه ارقام گندم.

Table 3- Mean comparison of the effect of Irrigation levels, cultivar and application of IAA on germination and seedling characteristics in different wheat cultivars.

تیمارها	طول (سانتی متر)			وزن خشک (میلی گرم)			نسبت ساقه‌چه به ریشه - چه	سرعت جوانه زنی (بلند) در روز	درصد جوانه زنی (%)	شاخص بنیه بلند	
	ساقه‌چه	ریشه‌چه	گیاهچه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	گیاهچه					
Treatments	Plumule length (cm)	Radicle length (cm)	Seedling length (cm)	Plumule dry weight (mg)	Radicle dry weight (mg)	Seedling dry weight (mg)	Plumule to radicle ratio	Speed of gamination (seed no. per day)	Germination percentage (%)	Seedling vigor index	
Irrigation levels	سطوح آبیاری										
Well water	بدون تنش	9.26 a	8.49 a	17.8 a	7.33 a	5.77 a	13.1 a	1.12 a	16.7 b	92.2 a	16.5 a
Water deficiency	تنش کم‌آبی	8.32 b	7.99 a	16.3 b	6.16 b	5.11 b	11.3 b	1.06 b	17.8 a	91.2 a	15.1 b
Decrease (%)	کاهش (%)	-10.2	-5.9	-8.1	-16.0	-11.4	-13.9	-5.4	7.0	-1.1	-8.6
Cultivars	ارقام										
Pishtaz	پیش‌تاز	9.40 a	8.61 a	18.0 a	6.56 b	5.24 b	11.8 b	1.10 b	17.5 ab	94.4 a	17.1 a
Marvdasht	مرودمت	8.56 bc	9.36 a	17.9 a	6.34 b	5.19 b	11.5 b	0.94 c	18.4 a	93.6 ab	16.9 a
336	۳۳۶	8.05 c	7.33 b	15.4 b	6.59 b	5.50 ab	12.1 b	1.11 b	16.4 b	88.9 c	13.8 c
DN-11	دی ان ۱۱	9.15 ab	7.65 b	16.8 ab	7.47 a	5.82 a	13.3 a	1.21 a	16.6 b	90.0 bc	15.3 b
Application of IAA	ایندول استیک اسید										
C	شاهد	8.20 b	7.13 b	15.3 b	5.79 c	4.52 c	10.3 c	1.17 a	15.0 b	79.7 b	12.3 b
T ₁	تقسیم سلولی	8.54 b	8.72 a	17.3 a	6.84 b	5.36 b	12.2 b	0.99 c	18.4 a	97.7 a	16.9 a
T ₂	پرشدن دانه	9.63 a	8.87 a	18.5 a	7.59 a	6.44 a	14.0 a	1.10 b	18.4 a	97.8 a	18.1 a

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده‌افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پرشدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی).

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis).

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability LSD Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی استیک اسید و رقم بر طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه ارقام مختلف گندم تحت شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی.

Table 4- Mean comparison of interactions between application of IAA and cultivar on plumule length, radicle length and seedling length in different wheat cultivars under well-water and post anthesis water deficiency.

ارقام	محلول پاشی ایندول استیک اسید	طول ساقه‌چه (سانتی متر)			طول ریشه‌چه (سانتی متر)			طول گیاهچه (سانتی متر)		
		بدون تنش	تنش کم‌آبی	کاهش (%)	بدون تنش	تنش کم‌آبی	کاهش (%)	بدون تنش	تنش کم‌آبی	کاهش (%)
Cultivars	Application of IAA	Well water	Water deficiency	Decrease (%)	Well water	Water deficiency	Decrease (%)	Well water	Water deficiency	Decrease (%)
Pishtaz	C	11.1±1.1	7.42±0.7	-32.9	9.04±1.3	7.82±0.7	-13.5	20.1±2.3	15.2±1.4	-24.2
	T ₁	8.39±0.2	8.51±0.2	1.4	8.72±0.2	7.69±0.3	-11.8	17.1±0.1	16.2±0.3	-5.3
	T ₂	10.6±0.4	10.4±0.4	-1.9	9.76±0.8	8.64±0.3	-11.5	20.4±0.5	19.1±0.7	-6.5
Marvdasht	C	8.83±0.6	7.46±0.6	-15.5	8.31±1.5	7.22±1.0	-13.1	17.1±2	14.7±1.6	-14.4
	T ₁	8.39±0.1	7.49±0.6	-10.8	9.83±0.2	9.93±0.6	1.0	18.2±0.3	17.4±1.1	-4.4
	T ₂	9.98±0.6	9.22±0.7	-7.6	10.8±0.8	10.1±0.9	-5.8	20.7±1.4	19.3±1.6	-6.7
336	C	8.21±0.5	6.61±0.8	-19.5	6.64±0.9	6.07±0.6	-8.6	14.9±1.3	12.7±1.4	-14.7
	T ₁	8.81±0.2	7.47±0.1	-15.1	7.95±0.3	7.87±0.2	-1.0	16.8±0.5	15.4±0.3	-8.4
	T ₂	9.52±0.7	7.66±0.1	-19.5	8.09±0.8	7.37±0.2	-8.9	17.6±1.5	15.0±0.3	-14.6
DN-11	C	8.59±0.9	7.40±0.7	-13.9	6.28±0.1	5.65±0.6	-10.0	14.9±1.0	13.0±1.2	-12.3
	T ₁	9.77±0.3	9.47±1.5	-3.1	9.02±0.3	8.75±1.1	-2.9	18.8±0.6	18.2±2.5	-3.0
	T ₂	8.92±0.4	10.8±0.3	20.7	7.49±0.6	8.72±0.4	16.4	16.4±1.0	19.5±0.6	18.7
میانگین	C	9.17±0.2	7.22±0.7	-20.5	7.57±0.5	6.69±0.7	-11.3	16.7±0.5	13.9±1.4	-16.4
Mean	T ₁	8.84±0.1	8.24±0.6	-6.9	8.88±0.1	8.56±0.6	-3.7	17.7±0.2	16.8±1.0	-5.3
	T ₂	9.76±0.1	9.51±0.4	-2.1	9.02±0.1	8.71±0.5	-2.4	18.8±0.3	18.2±0.8	-2.3

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده‌افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پرشدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی).

میانگین ± اشتباه معیار

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis).

Mean ± SE

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی استیک اسید و رقم بر وزن خشک ساقه چه، ریشه چه و گیاهچه ارقام مختلف گندم تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی پس از گرده افشانی.

Table 5- Mean comparison of interactions between application of IAA and cultivar on plumule dry weight, radicle dry weight and seedling dry weight in different wheat cultivars under well-water and post anthesis water deficiency.

ارقام	محلول پاشی ایندول استیک اسید	وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)			وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)			وزن خشک گیاهچه (میلی گرم)		
		Plumule dry weight (mg)		کاهش (%)	Radicle dry weight (mg)		کاهش (%)	Seedling dry weight (mg)		کاهش (%)
		بدون تنش	تنش کم آبی		بدون تنش	تنش کم آبی		بدون تنش	تنش کم آبی	
		Well water	Water deficiency	Decrease (%)	Well water	Water deficiency	Decrease (%)	Well water	Water deficiency	Decrease (%)
Pishtaz	C	7.28±0.5	4.13±0.3	-43.2	5.48±0.5	2.76±0.3	-49.5	12.8±1.0	6.9±0.6	-45.9
	T ₁	6.57±0.1	6.29±0.2	-4.3	5.23±0.2	4.83±0.3	-7.8	11.8±0.2	11.1±0.4	-5.8
	T ₂	8.13±0.1	6.93±0.5	-14.8	6.32±0.1	6.36±0.8	0.6	14.5±0.2	13.3±1.3	-8.0
Marvdasht	C	6.15±0.3	5.21±0.4	-15.3	4.70±0.5	4.12±0.5	-12.5	10.9±0.7	9.3±0.8	-14.1
	T ₁	6.93±0.3	6.05±0.2	-12.7	5.36±0.2	5.06±0.2	-5.6	12.3±0.5	11.1±0.0	-9.6
	T ₂	7.22±0.3	6.48±0.1	-10.3	6.04±0.2	5.88±0.1	-2.6	13.3±0.4	12.4±0.1	-6.8
336	C	6.32±0.4	4.75±0.5	-24.8	4.68±0.4	4.55±0.3	-2.8	11.0±0.7	9.3±0.8	-15.5
	T ₁	7.31±0.3	5.85±0.1	-19.9	5.76±0.2	4.68±0.3	-18.7	13.1±0.3	10.5±0.4	-19.4
	T ₂	8.08±0.4	7.25±0.4	-10.2	6.80±0.4	6.57±0.2	-3.4	14.9±0.8	13.8±0.6	-7.1
DN-11	C	6.96±0.8	5.55±0.6	-20.4	5.28±0.1	4.16±0.5	-21.2	12.2±0.9	9.7±1.0	-20.7
	T ₁	8.76±0.3	6.95±0.1	-20.7	6.67±0.3	5.29±0.1	-20.6	15.4±0.6	12.2±0.1	-20.7
	T ₂	8.19±0.3	8.42±0.3	2.8	6.87±0.3	6.64±0.4	-3.3	15.1±0.7	15.1±0.4	0.0
میانگین	C	6.68±0.2	4.91±0.5	-25.9	5.03±0.1	3.90±0.4	-21.5	11.7±0.1	8.80±0.8	-24.1
Mean	T ₁	7.39±0.1	6.29±0.1	-14.4	5.75±0.1	4.96±0.2	-13.2	13.2±0.1	11.3±0.3	-13.9
	T ₂	7.90±0.1	7.27±0.3	-8.1	6.51±0.1	6.36±0.4	-2.2	14.4±0.2	13.6±0.6	-5.5

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پر شدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده افشانی). میانگین ± اشتباه معیار

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis). Mean ± SE

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی استیک اسید و رقم بر نسبت ساقه چه به ریشه چه ارقام مختلف گندم تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی پس از گرده افشانی.

Table 6- Mean comparison of interactions between application of IAA and cultivar on plumule to radicle ratio in different wheat cultivars under well-water and post anthesis water deficiency.

ارقام	محلول پاشی ایندول استیک اسید	نسبت ساقه چه به ریشه چه		کاهش (%)
		Plumule to radicle ratio		
		بدون تنش	تنش کم آبی	
		Well water	Water deficiency	Decrease (%)
Pishtaz	C	1.24±0.06	0.95±0.02	-23.4
	T ₁	0.96±0.03	1.11±0.07	15.5
	T ₂	1.11±0.12	1.20±0.03	8.9
Marvdasht	C	1.10±0.12	1.05±0.08	-4.3
	T ₁	0.85±0.0	0.75±0.02	-11.8
	T ₂	0.93±0.01	0.91±0.02	-1.7
336	C	1.27±0.12	1.08±0.04	-14.5
	T ₁	1.11±0.03	0.95±0.03	-14.3
	T ₂	1.18±0.04	1.04±0.02	-12.1
DN-11	C	1.37±0.14	1.32±0.12	-3.0
	T ₁	1.08±0.02	1.08±0.09	-0.5
	T ₂	1.20±0.06	1.24±0.02	3.0
میانگین	C	1.24±0.02	1.10±0.07	-11.3
Mean	T ₁	1.00±0.01	0.97±0.05	-2.8
	T ₂	1.10±0.03	1.10±0.02	-0.5

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پر شدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده افشانی). میانگین ± اشتباه معیار

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis). Mean ± SE

شاخص بنیه بذر

تنش کم آبی سبب کاهش بنیه بذر از ۱۶/۴۷ به ۱۵/۰۶ شد (جدول ۳). دهاندا و همکاران (Dhanda et al., 2004) بنیه جوانه زنی را در مقایسه با درصد جوانه زنی حساسترین صفت به تنش خشکی معرفی کردند. این صفت در این تحقیق نیز از حساسیت بالایی به تنش کم آبی برخوردار بود. این صفت در مقایسه با سایر صفات مورد بررسی بیشترین کاهش (۹٪) را طی تنش کم آبی داشت (جدول ۳ و ۷). مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند که ارقام پیشتاز و مرودشت بیشترین (۱۷/۰۵ و ۱۶/۸۷) و لاین ۳۳۶ (۱۳/۸)

کمترین بنیه بذر را دار بودند. اسپلمیر و همکاران (Spielmeyer et al., 2007) اعلام کردند که گندم‌های برخوردار از بنیه اولیه قوی‌تر، سریع‌تر بروی سطح خاک سایه‌اندازی می‌کنند. این امر سبب افزایش قدرت رقابت با علف‌های هرز و کاهش از دست رفتن آب می‌شود. در بین تیمارهای اعمال تنظیم کننده رشد نیز محلول پاشی اکسین در زمان گرده-افشانی و ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی سبب افزایش (به ترتیب ۱۶/۸۹ و ۱۸/۱) بنیه نسبت به شاهد (۱۲/۳۱) شدند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی استیک اسید و رقم بر سرعت جوانه زنی (بذر در روز)، درصد جوانه زنی (٪) و شاخص بنیه بذر ارقام مختلف گندم تحت شرایط بدون تنش و تنش کم آبی پس از گرده‌افشانی.

Table 7- Mean comparison of interactions between application of IAA and cultivar on speed of garmination (seed no.per day), germination percentage (%) and seedling vigor index in different wheat cultivars under well-water and post anthesis water deficiency.

ارقام Cultivars	محلول پاشی ایندول استیک اسید Application of IAA	سرعت جوانه زنی (بذر در روز)			درصد جوانه زنی (٪)			شاخص بنیه بذر		
		Speed of garmination (seed no.per day)		کاهش (٪) Decrease (%)	Germination percentage (%)		کاهش (٪) Decrease (%)	Seedling vigor index		کاهش (٪) Decrease (%)
		بدون تنش Well water	تنش کم آبی Water deficiency		بدون تنش Well water	تنش کم آبی Water deficiency		بدون تنش Well water	تنش کم آبی Water deficiency	
Pishtaz	C	16.3±2.5	17.5±0.6	7.0	87±9.6	88±2.3	1.5	17.6±3.4	13.4±1.0	-23.8
	T ₁	15.8±0.3	18.8±1.2	18.9	97±1.3	96±4.0	-1.4	16.6±0.3	15.6±0.7	-6.6
	T ₂	16.2±0.8	20.5±0.3	26.8	100±0	99±1.3	-1.3	20.4±0.5	18.8±0.5	-7.8
Marvdasht	C	17.2±0.8	14.7±0.8	-14.3	88±2.3	81±2.7	-7.6	15.1±1.8	12.0±1.7	-20.2
	T ₁	19.8±1.4	19.8±0.9	0.0	100±0	97±1.3	-2.7	18.2±0.3	17.0±1.2	-6.9
	T ₂	18.7±0.6	20.2±0.2	7.7	96±2.3	99±1.3	2.8	19.9±1.3	19.1±1.5	-4.1
336	C	13.7±1.7	13.4±0.7	-2.0	75±6.7	73±4.8	-1.8	11.1±1.4	9.20±0.9	-16.9
	T ₁	17.3±0.1	18.2±0.7	5.1	97±2.7	93±3.5	-4.1	16.3±0.8	14.3±0.8	-12.1
	T ₂	17.3±1.3	18.7±0.2	7.7	97±1.3	97±1.3	0.0	17.2±1.5	14.6±0.5	-14.7
DN-11	C	14.1±1.0	12.7±0.4	-10.1	72±8.0	73±1.3	1.9	10.6±0.6	9.50±0.7	-9.6
	T ₁	17.0±0.2	20.0±0.8	17.5	100±0	100±0	0.0	18.8±0.6	18.2±2.5	-3.0
	T ₂	16.4±0.7	19.5±0.0	18.8	97±1.3	97±1.3	0.0	16.0±0.8	19.0±0.8	19.0
میانگین Mean	C	15.3±0.6	14.6±0.7	-4.8	80±2.2	79±2.8	-1.5	13.6±0.8	11.0±1.1	-17.6
	T ₁	17.5±0.5	19.2±0.9	10.4	99±1.0	97±2.2	-2.0	17.5±0.2	16.3±1.3	-7.2
	T ₂	17.2±0.2	19.7±0.2	15.2	98±0.6	98±1.3	0.4	18.3±0.4	17.9±0.8	-1.9

C: شاهد (بدون هیچگونه محلول پاشی)، T₁: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله تقسیم سلولی (گرده‌افشانی)، T₂: محلول پاشی ایندول استیک اسید در مرحله پر شدن دانه (۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی). میانگین ± اشتباه معیار

C: Control, T₁: Application of IAA at cell division stage (anthesis), T₂: Application of IAA at grain filling stage (14 days after anthesis). Mean ± SE

برخوردار بودند، اما سعیدی و همکاران (Saeidi et al., 2007) و عزیزی‌نیا و همکاران (Azizinia et al., 2005) در مطالعات خود بین تحمل در شرایط مزرعه و آزمایشگاه ارتباط معنی‌داری مشاهده نکردند.

زارعی و همکاران (Zarei et al., 2007) با مطالعه برخی از ژنوتیپ‌های گندم از نظر تحمل به خشکی در شرایط مزرعه و آزمایشگاه گزارش کردند که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در شرایط مزرعه از تحمل به خشکی بالایی نیز در شرایط آزمایشگاه

نتیجه‌گیری کلی

ایندول استیک اسید نیز علاوه بر افزایش عملکرد و وزن هزار دانه در مزرعه سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذور گندم تحت تاثیر تنش خشکی گردید. البته با توجه به نتایج به دست آمده از اعمال این تنظیم کننده رشد اگرچه در مرحله تقسیم سلولی (شکل-گیری اندازه مخزن) محلول‌پاشی اکسین موجب تولید بیشترین عملکرد دانه شد، اما اعمال این تنظیم کننده رشد در ابتدای پرشدن دانه بیشترین کیفیت بذر را برای کاشت در سال زراعی بعد ایجاد نمود.

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این مطلب است که ارقام مرودشت و DN-11 که نسبت به بقیه ارقام عملکرد بیشتری دارند به احتمال زیاد به علت انباشت بیشتر اندوخته در بذور خود توانسته‌اند مانند رقم پیشتاز از نظر خصوصیات جوانه‌زنی نیز نسبت به بقیه ارقام برتری داشته باشند. کاهش شدید عملکرد دانه در رقم مرودشت طی تنش کم‌آبی نشان داد که حساسیت این رقم نسبت به تنش کم‌آبی بیشتر از سایر ارقام است و کمترین کاهش عملکرد دانه طی تنش رطوبتی مربوط به رقم DN-11 بود. محلول‌پاشی

References

منابع

- Abdoli, M. and M. Saeidi. 2012.** Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. *Ann. Biol. Res.* 3(3): 1322-1333.
- Abdoli, M., M. Saeidi, M. Azhand, S. Jalali-Honarmand, E. Esfandiari and F. Shekari. 2013.** The effects of different levels of salinity and indole-3-acetic acid (IAA) on early growth and germination of wheat seedling. *J. Stress Physiol. Bioch.* 9(4): 329-338.
- Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1970.** Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Sci.* 10: 31-34.
- Agrawai, R. L. 1991.** Seed Technology. Oxford and IBH. Publishing. 258 pp.
- Ahmadi, A., M. Joudi, A. Tavakoli and M. Ranjbar. 2009 a.** Investiation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under drought stress and irrigation conditions. *J. Sci. Technol. Agric. Natur Resour.* 12(46): 155-166 (In Persian).
- Akbari, G., S. A. Sanavy and S. Yousefzadeh. 2007.** Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivare (*Triticum aestivum L.*). *Pak. J. Biol. Sci.* 10: 2557-2561.
- Albuguerque, M. F. E. and N. M. Carvalho. 2003.** Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annus*), soybean (*Glycine max L.*) merril and maize (*Zea mays L.*) seeds with different levels of vigor. *Seed Sci. Technol.* 31: 465-479.
- Araus, L. A., G. A. Slafer, M. P. Reynolds and C. Royo. 2002.** Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* 89: 925-940.
- Azizinia, S., M. R. Ghannadha, A. A. Zali, B. Yazdi-Samadi and A. Ahmadi. 2005.** An evaluation of quantitative traits related to drought resistance in synthetic wheat genotypes in stress and non-stress conditions. *Iranian J. Agric. Sci.* 36: 281-293 (In Persian).
- Baalbaki, R. Z., R. A. Zurayk, S. N. Bleik and A. Talhuk. 1990.** Germination and seedling development of drought susceptible wheat under moisture stress. *Seed Sci Techno.* 17: 291-302.
- Belcher, E. W. and L. Miller. 1974.** Influence of substrate moisture level on the germination of sweetgum and pine seed. *Proceeding of the Association of Official Seed Analysis.* 65: 88-89.
- Bittencourt, M. C., D. C. S. Dias, L. A. Santos and E. F. Arajo. 2005.** Germination of wheat. *Seed Sci. Technol.* 14: 321-325.
- Chivasa, W., D. Harris, C. Chiduzza and P. Nymudeza. 1998.** Agronomic practices, major crops and farmer's perceptions of the importance of good stand establishment in musikavanhu. *J. Appl. Sci.* 4: 109-125.
- Cleland, R. E. 1987.** Auxin and cell elongation. In: P. J. Davies (ed). *Plant hormones and their role in plant growth and development.* Kluwer. Dordrecht, The Netherlands. pp. 132-148.
- Dai, L. J. and Z. Q. Li. 2004.** Comparative and functional genomics of wheat. *Acta Bot. Boreal-Occident Sin.* 24 (5): 949-953.
- Davies, P. J. 1995.** *Plant Hormones.* The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 230.
- Dhanda, S. S., G. S. Sethi and R. K. Behl. 2004.** Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agron. Crop. Sci.* 190: 6-12.

- Duman, I. 2006.** Effects of seed priming with PEG and K_3PO_4 on germination and seedling growth in Lettuce. Pak. J. Biol. Sci. 9: 923-928.
- Egamberdieva, D. 2009.** Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat. Acta. Physiol. Plant. 31: 861-864.
- Ehdaie, B., G. A. Alloush, M. A. Madore and J. G. Waines. 2006 b.** Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Post anthesis changes in internode water-soluble carbohydrate. Crop Sci. 46: 2093-2103.
- Ellis, R. A. and E. H. Roberts. 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.
- Galle, A., I. Florez-Sarasa, A. Thameur, R. Paepe, J. Flexas. and M. Ribas-Carbo. 2010.** Effects of drought stress and subsequent rewatering on photosynthetic and respiratory pathways in *Nicotiana sylvestris* wild type and the mitochondrial complex I-deficient CMSII mutant. J. Exp. Bot. 61: 765-775.
- Gravandi, M., E. Farshadfar. and D. Kahrizi. 2010.** Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. J. Plant Breeding. Seed. 26(2): 233-252 (In Persian).
- Gulnaz, A. J., J. Iqbal and F. Azam. 1999.** Seed treatment with growth regulators and crop productivity. II. Response of critical growth stages of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Cereal. Res. 27: 419-426.
- Heidari Sharifabad, H. 2008.** Drought mitigation strategies for the agriculture sector. The 10th Iranian Congress of Crop Sci, 18-20 Aug. 2008, SPII, Karaj, Iran.
- Hussain, K. H., M. Hussain, K. H. Nawaz, A. Majeed and K. H. Hayat Bhatti. 2011.** Morphochemical response of chaksu (*Cassia absus* L.) to different concentrations of indole acetic acid (IAA). Pak. J. Bot. 43: 125-129.
- Javid, G. M., A. Sorooshzadeh, F. Moradi, S. A. Mohammad, M. Sanavy and I. Allahdadi. 2011.** The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Aust. J. Crop Sci. 5(6): 726-734.
- Kaldecova, Z. and M. Falws. 2000.** Relationship between abscisic acid content, dry weight and freezing tolerance in barely cv. Lumet. Plant Physiol. 157: 291-297.
- Lenoble, M. E., W. G. Spollen. and R. E. Sharp. 2004.** Maintenance of shoot growth by endogenous ABA: genetic assessment of the involvement of ethylene suppression. J. Exp. Bot. 55: 237-254.
- Martinez, D. E., V. M. Luquez, C. G. Bartoli. and J. J. Guiamét. 2003.** Persistence of photosynthetic components and photochemical efficiency in ears of water-stressed wheat (*Triticum aestivum*). Plant Physiol. 119: 1-7.
- Naseer, S. H., E. Rasul. and M. Ashraf. 2001.** Effect of foliar application of indole-3-acetic acid on growth and yield attributes of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. Inter. J. Agric. Biol. 3(1) 139-142.
- Passioura, J. 2007.** The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. J. Exp. Bot. 58: 113-117.
- Ribaut, J. M. and P. E. Pilet. 1991.** Effect of water stress on growth, osmotic potential and abscisic acid content of maize roots. Plant Physiol. 81: 156-162.
- Ribaut, J. M. and P. E. Pilet. 1994.** Water stress and indole-3-ylicetic acid content of maize roots. Planta. 193: 502-507.
- Royo, C., M. M. Miloudi, N. Di Fonze, J. L. Arraus, W. H. Pfeiffer and G. A. Slafer. 2005.** Durum wheat breeding current approaches and future strategies. Vol 1, Editors: Food product press.
- Saeidi, M., A. Ahmadi, K. Postini and M. R. Jahansooz. 2007.** Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. J. Sci. Technol. Agric. Natural Res. 11: 281-293 (In Persian).
- Saeidi, M., F. Moradi, A. Ahmadi, K. Poostini and G. Najafian. 2006.** Effect of exogenous application of ABA and CK at different stages of grain development on some physiological aspects of source and sink relationship in two bread wheat cultivars. Iranian J. Crop. Sci. 8(3): 268-282 (In Persian).
- Saeidi, M., F. Moradi, A. Ahmadi, R. Spehri, G. Najafian and A. Shabani. 2010.** The effects of terminal water stress on physiological characteristics and sink-source relations in two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian J. Crop. Sci. 12(4): 392-408 (In Persian).
- Sharma, N., S. R. Abrams and D. R. Waterer. 2005.** Uptake, movement, activity, and persistence of an abscisic acid analog (80 acetylene ABA methyl ester) in marigold and tomato. Plant. Growth. Regul. 24: 28-35.
- Soltani, A., M. Gholipoor and E. Zeinali. 2006.** Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ. Experi. Bot. 55: 195-200.
- Spielmeier, W., J. Hyles, P. Joaquim, F. Azanza, D. Bonnet, M. E. Ellis, C. Moore and R. A. Richards. 2007.** A QTL on chromosome 6A in bread wheat is associated with longer coleoptiles, greater seedling vigor and final plant height. Theor. Appl. Genet. 115: 59-66.

- Tagvai, M., M. Chai-Chi, F. Sharif Zade and A. Ahmadi. 2007.** Evaluation of drought stress on yield and yield components and drought resistance indices the number of bare and coated *Hordeom vulgarice*. *J. Agric. Sci. Iran.* 38(1): 67-78 (In Persian).
- Tavakoli, A., A. Ahmadi and H. Alizade. 2009.** Some aspects of physiological performance of sensitive and tolerant cultivars of wheat under drought stress conditions after pollination. *Iranian J. Crop Sci.* 40(1): 197-211 (In Persian).
- Trautwein, E. A., D. Rrickhoff and H. F. Erbershobler. 1997.** The cholesterol- lowering effect of psyllium a source dietary fiber. *Ernaehrung Umschau.* 44: 214-216.
- Wang, Y., S. Mopper and K. H. Hasentein. 2001.** Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in *Iris hexagona*. *J. Chem Ecol.* 27: 327-342.
- Yang, J. and J. Zang. 2006.** Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytol.* 169: 223-236.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Wang and Q. Zhu. 2003.** Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelets in rice. *Plant. Growth. Regul.* 41: 185-195.
- Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi and M. Mohammadi Sarab-Badieh. 2007.** Evaluation of some indirect traits and indices to identify drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum L.*). *Asian. J. Plant. Sci.* 6: 1204-1210.