تحقیقات غلات

دوره هفتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۶ (۲۸۴-۲۷۵)

تاثیر امواج التراسونیک و تنش خشکی بر برخی صفات ذرت

مریم سالمی‌نسب[۱]، منوچهر قلی‌پور[۲*]، حسن مکاریان[۳] و حسن آریانی محمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۶

چکیده

تأثیر مثبت پرتودهی بذر با امواج التراسونیک بر رشد گیاه‌چه اخیراً مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. بیشتر آزمایش‌ها در این مورد، به جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه‌چه معطوف شده است. هدف از این تحقیق، بررسی واکنش گیاه بالغ ذرت به این امواج تحت شرایط تنش خشکی بود. یک آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۳ اجرا شد که تیمارها شامل سه سطح تنش خشکی (شاهد، قطع آبیاری از آغاز مرحله گلدهی و قطع آبیاری از مرحله خمیری‌شدن دانه) و پنج زمان پرتودهی بذر با امواج التراسونیک (شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه) بودند. نتایج نشان داد که بر خلاف آثار اصلی فاکتورها که بر بیشتر صفات مورد مطالعه (به غیر از اثر امواج بر وزن خشک ساقه و برگ) معنی‌دار بود، برهمکنش خشکی و پرتودهی تنها بر دو صفت ارتفاع بوته و قطر ساقه معنی‌دار شد. این نشان می‌دهد که با تغییر شدت تنش خشکی، تأثیر پرتودهی بر بیشتر صفات مورد مطالعه دستخوش تغییر نمی‌شود. پرتودهی بذر به مدت شش دقیقه توانست میانگین این صفات را به‌ترتیب ۸، ۱۰ و ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که پرتودهی بذر ذرت با امواج اولتراسونیک تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی، باعث قوی‌تر شدن گیاه شد، به‌ویژه تحت شرایط تنش خشکی که پرتودهی توانست اثر نامطلوب تنش خشکی را بر گیاه کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: پرتودهی، رشد ساقه، قطر بلال، قطع آبیاری

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

* نویسنده مسئول: manouchehr.gholipoor@gmail.com

مقدمه

کمبود آب مهم‌ترین عامل غیرزیستی محدودکننده برای دستیابی به عملکرد پتانسیل گیاهان زراعی محسوب می‌شود (Abkhazar and Ghahraman, 2003). تغییر شرایط آب و هوایی در چند دهه اخیر منجر به کاهش میزان و تغییر توزیع بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله خاورمیانه شده است. با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی به‌نظر می‌رسد که تغییر در استراتژی‌های مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی در این مناطق لازم و ضروری باشد (Sasani *et al.*, 2014). در همین راستا، استفاده از فناوری‌های جدید و بدون عوارض مانند امواج اولتراسونیک (Ultrasound) مورد توجه است.

امواج اولتراسونیک دارای فرکانسی بیشتر از بازه فرکانسی شنوایی انسان هستند. بازه فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و با بالا رفتن سن، این بازه کاهش می‌یابد. ولی معمولاً بالاترین فرکانس شنوایی انسان حدود ۲۰ و یا ۲۵ کیلوهرتز در نظر گرفته می‌شود (Awad *et al.*, 2012). نقطه مقابل این امواج، امواج فروصوت (مادون صوت) هستند که دارای فرکانسی زیر حد پایین فرکانس شنوایی انسان (حدود ۲۰ هرتز) می‌باشند. اصطلاح التراسونیک متفاوت از مافوق صوت (Supersonic) بوده که برای سرعت حرکت بالاتر از سرعت صوت استفاده می‌شود.

امواج اولتراسونیک به‌عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف از جمله کشاورزی و صنایع غذایی پیدا کرده است، به‌طوری‌که از آن به‌عنوان یک کمک فرایند، همراه با سایر فرایندهای فراوری مواد غذایی استفاده می‌شود. این امواج با کاربردی ایمن و اقتصادی و برخوردار از کارایی بالا و بدون هیچ‌گونه مخاطره برای محیط زیست شناخته شده‌اند (Sharifi and Ayvaz, 2011). کاربردهای اولتراسونیک در صنایع غذایی بسیار گسترده و به دو قسمت متفاوت تقسیم‌بندی شده است. امواج اولتراسونیک با بسامد بالا و توان کم، که از آن در اندازه‌گیری ضخامت، تعیین ترکیبات متشکله، بررسی بافت و حالت مواد غذایی استفاده می‌شود. امواج با بسامد پایین و توان بالا که از آن به‌عنوان کمک فرآیند در مواردی مانند استخراج مواد، انجماد، خشک‌کردن، تولید نان و امولسیون، مهار فعالیت آنزیم‌ها و غیرفعال‌سازی ریزجانداران استفاده می‌شود. علاوه بر آن، امواج اولتراسونیک در فرایندهایی مثل حذف قلیا در فرایند خشک کردن انگور و تهیه کشمش به‌کار می‌رود (Maskoke and Mortazavi, 2007; Sharifi and Ayvaz, 2011). نتایج یک پژوهشی نشان داده است که تیمار بذر گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) به‌مدت یک تا چهار دقیقه با امواج اولتراسونیک، تأثیر معنی‌داری بر افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه نسبت به شاهد داشت (Sorkhy, 2009).

بیشتر مطالعات انجام شده در مورد تأثیر امواج اولتراسونیک، به مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاه‌چه معطوف شده است و نتایج منتشرشده در زمینه اثر آن بر رشد گیاهان بالغ در دست نیست. با توجه به اثر مثبت پرتودهی بر ریشه‌دهی گیاه‌چه (Sorkhy, 2009)، به‌نظر می‌رسد که شاید این عامل بتواند اثر تنش خشکی را بر گیاه بالغ کاهش دهد. این فرضیه بر این اصل استوار است که گیاه با عمق ریشه‌دهی بیشتر بتواند از آب لایه‌های پایین‌تر خاک استفاده کند و نتیجه آن در رشد بیشتر گیاه تحت تنش خشکی مشاهده شود. برای بررسی درستی این فرضیه، یک آزمایش مزرعه‌ای اجرا و در آن، تأثیر امواج اولتراسونیک در پنج زمان مختلف تحت سه سطح تنش خشکی بر ذرت بررسی شد. هدف از آزمایش، بررسی تاثیر این امواج در کاهش آثار تنش خشکی بر ویژگی‌های عملکردی گیاه بالغ ذرت بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح تنش خشکی شامل شاهد، قطع آبیاری از مرحله گلدهی و قطع آبیاری از مرحله خمیری‌شدن دانه تا انتهای رشد گیاه و امواج اولتراسونیک با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز در پنج سطح شامل شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه بود. پس از آماده شدن زمین، اقدام به کشت بذر ذرت سینگل کراس ۷۴۰ (SC740) شد.

فاصله خطوط کاشت نسبت به هم ۶۵ سانتی‌متر، فاصله دو بذر روی ردیف کاشت ۱۵ سانتی‌متر و فاصله دو کرت مجاور نسبت به هم ۱۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر ذرت بعد از ۸ ساعت هیدروپرایمینگ (شروع فرایندهای فیزیولوژیکی جوانه‌زنی)، تحت شرایط آزمایشگاه، به آزمایشگاه فیزیک جهت پرتودهی با امواج اولتراسونیک انتقال داده شد. برای پرتودهی، از حمام پرتودهی

((Digitaltrasonic التراسونیک مدل CD- 4820) با فرکانس ثابت ۴۲ کیلوهرتز استفاده شد. بذرهای ذرت تحت چهار زمان ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) در آب مقطر تحت امواج اولتراسونیک قرار گرفتند و پس از پرتودهی، بذرها از آب مقطر خارج و به مزرعه جهت کاشت منتقل شدند. برای اعمال تنش خشکی، آبیاری از کرت‌های مربوطه از دوره گلدهی (تنش شدید) و خمیری شدن دانه (تنش ملایم) قطع شد.

نمونه‌گیری پس از حذف دو خط کناری از هر کرت و ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط انجام گرفت. بعد از نمونه‌گیری، برخی از صفات مانند وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن هزار دانه، وزن چوب بلال، قطر ساقه، قطر بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و طول ساقه اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از نمونه‌گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین تیمارها با شاهد با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: **طبق** نتایج تجزیه واریانس، آثار اصلی و برهمکنش فاکتورها بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین ارتفاع ساقه با ۲۰۰ سانتی‌متر در تیمار بدون تنش با ۶ دقیقه پرتودهی و کمترین مقدار آن با مقدار ۱۶۵ سانتی‌متر در تیمار تنش از مرحله خمیری‌شدن با ۸ دقیق پرتودهی مشاهده شد (شکل ۱). ارتفاع گیاه به‌عنوان شاخصی از حجم رشد رویشی گیاه به حساب می‌آید. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که ارقام با ارتفاع بلندتر به‌دلیل ظرفیت و توانایی بالاتر خود، گل‌های بیشتری را بارور می‌کنند و تعداد دانه‌های بیشتری تشکیل می‌دهند. در این بررسی، ارتفاع بوته در شرایط ۶ دقیقه پرتودهی همانند شاهد بود (شکل ۱). این در حالی است که در شرایط وجود تنش خشکی، پرتودهی توانست ارتفاع گیاه را افزایش دهد. به‌نظر می‌رسد که این افزایش ممکن است ناشی از افزایش نفوذ ریشه و افزایش جذب آب باشد (Ebadi *et al.*, 2013). افزایش ارتفاع ناشی از اولتراسونیک در گیاه دارویی زنیان نیز گزارش شده است (Marghaeezadeh *et al.*, 2001). کاهش ارتفاع بوته تحت تنش کمبود آب احتمالاً به‌علت کاهش سطح برگ، فتوسنتز و انتقال مواد باشد. علاوه بر این، تنش خشکی با اختلال در فرایندهای فتوسنتزی و کاهش تولید مواد پرورده جهت ارایه به بخش‌های در حال رشد، مانع از دستیابی به پتانسیل کامل گیاه می‌شود. با اعمال تنش خشکی بین بخش‌های هوایی (ساقه) و زمینی ذرت (ریشه) جهت کسب مواد غذایی رقابت صورت می‌گیرد و در این رقابت گیاه، سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه اختصاص می‌یابد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به ساقه می‌رسد که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته ذرت می‌شود (Neilson and Nelson, 1998; Rabbani and Emami, 2011). به‌طور معمول در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با کمک مکانیسم‌های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابیدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد هستند، ولی در شرایط تنش شدید کاهش شدید آماس سلولی و رشد و تقسیم سلول‌ها، منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (Al-Kaisi and Xinhua, 2003). در آزمایشی مشخص شد که تنش خشکی در دوره رشد زایشی کلزا موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (Daneshmand *et al.*, 2006).

قطر ساقه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی و امواج اولتراسونیک و برهمکنش آن‌ها بر قطر ساقه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین قطر ساقه در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) و ۶ دقیقه امواج اولتراسونیک (۱۲ میلی‌متر) و کمترین مقدار آن در تیمار تنش از مرحله خمیری‌شدن با ۶ دقیق پرتودهی (۱۱ میلی‌متر) مشاهده شد که این مقدار نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) و ۶ دقیقه امواج اولتراسونیک ۱۱ درصد کمتر است (شکل ۱). در مرحله جوانه‌زنی ذرت، پرتودهی ۶ دقیقه‌ای باعث افزایش قطر ساقه‌چه شد (Saleminasab *et al.*, 2015). بر همین اساس، به‌نظر می‌رسد که افزایش قطر ساقه‌چه نمی‌تواند یک تغییر پایدار به‌حساب آید و همبستگی چنین تغییراتی در مرحله جوانه‌زنی و مابقی مراحل رشد و نمو معنی‌دار نمی‌باشد. در مطالعه انجام شده در مورد برهمکنش خشکی و اولتراسونیک در نخود، مشخص شد که تأثیر مثبت پرتودهی بر قطر ساقه نخود نیز از نظر آماری معنی‌دار نیست (Molazem-Hoseini, 2014). به‌طور کلی، کاهش قطر ساقه در گیاهان می‌تواند به‌خاطر تراکم، ژنوتیپ و شرایط محیطی نظیر تنش خشکی و گرما و در نتیجه کاهش آب قابل دسترس برای گیاه باشد (Khahjehpoor, 2004).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطاله در گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی و امواج التراسونیک

Table 1. Analysis of variance of the studied traits in corn under drought and ultrasound conditions

منابع تغییرات Source of variation		درجه آزادی df	Mean squares میانگین مربعات			
			ارتفاع بوته Stem height	قطر ساقه Stem diameter	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
Replication	تکرار	2	117.460	0.390	91.55	149.74
Drought (S)	تنش خشکی	2	1545.948**	0.876**	13060.67**	2384.58**
Ultrasound (U)	اولتراسوند	4	204.81**	0.201*	1077.18**	164.52*
S×U	برهمکنش دو فاکتور	8	76.514**	0.344**	147.34^{ns}	26.22^{ns}
Error	خطای آزمایش	28	23.019	0.064	93.83	20.08

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

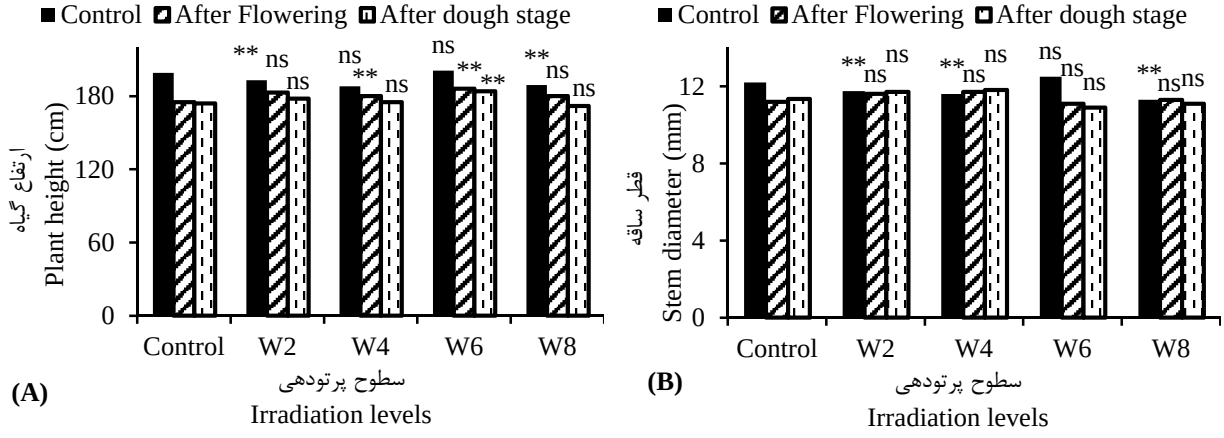
^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Tabel 1. Continued جدول ۱- ادامه

منابع تغییرات Source of variation		درجه آزادی df	Mean squares میانگین مربعات			
			وزن هزار دانه 1000-seed weight	قطر بلال Ear diameter	وزن چوب بلال Dry weight of corn cob	تعداد ردیف دانه Number of kernel row
Replication	تکرار	2	34.74	5.66	25.75	0.15
Drought (S)	تنش خشکی	2	597.91**	815.72**	332.74**	0.68*
Ultrasound (U)	اولتراسوند	4	84.04**	67.20**	12.41^{ns}	0.07^{ns}
S×U	برهمکنش دو فاکتور	8	15.15^{ns}	9.22^{ns}	3.11^{ns}	0.16^{ns}
Error	خطای آزمایش	28	13.70	5.83	6.25	0.15

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

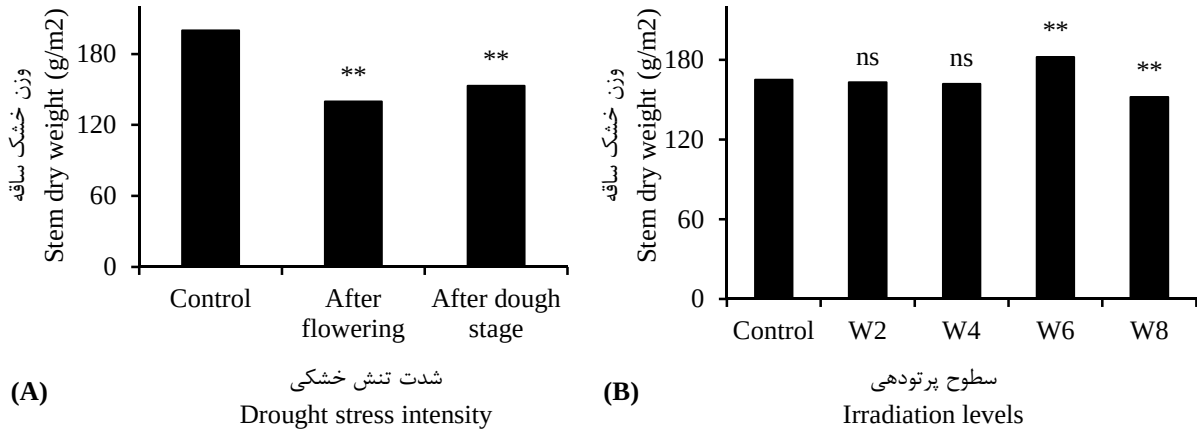


شکل ۱- برهمکنش امواج اولتراسونیک و تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه). A) ارتفاع گیاه، B) قطر ساقه.

Figure 1. The interaction effect of ultrasound and drought stress (irrigation interruption from flowering and grain dough stages). A) Plant height, B) Stem diameter.

وزن خشک ساقه: این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و امواج اولتراسونیک قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین وزن خشک ساقه با ۱۹۸ گرم بر متر مربع در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) به‌دست آمد که نسبت به تیمار تنش خشکی شدید با ۱۴۲ گرم بر متر مربع و تنش خشکی ملایم با ۱۵۴ گرم بر متر مربع به‌ترتیب ۳۹ و ۲۸ درصد

بالاتر بود (شکل ۲). در یک آزمایش، تنش ملایم و شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک نهایی ساقه، برگ، شاخساره و افزایش معنی‌دار شاخص برداشت و کارآیی استفاده از آب در گیاه ذرت شد (Emam and Ranjbar, 2001). در این بررسی، بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به تیمار ۶ دقیقه پرتودهی (۱۸۲ گرم بر متر مربع) و کمترین مقدار آن مربوط به ۸ دقیقه پرتودهی (۱۵۰ گرم بر متر مربع) بود (شکل ۲). تیمار ۶ دقیقه نسبت به تیمار شاهد (بدون پرتودهی) بالاترین افزایش (۹ درصد) در این صفت را به دنبال داشت. برهمکنش تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج این بررسی با نتایج به‌دست آمده توسط رجبیان و همکاران (Rajabian *et al.*, 2012) مطابقت داشت.

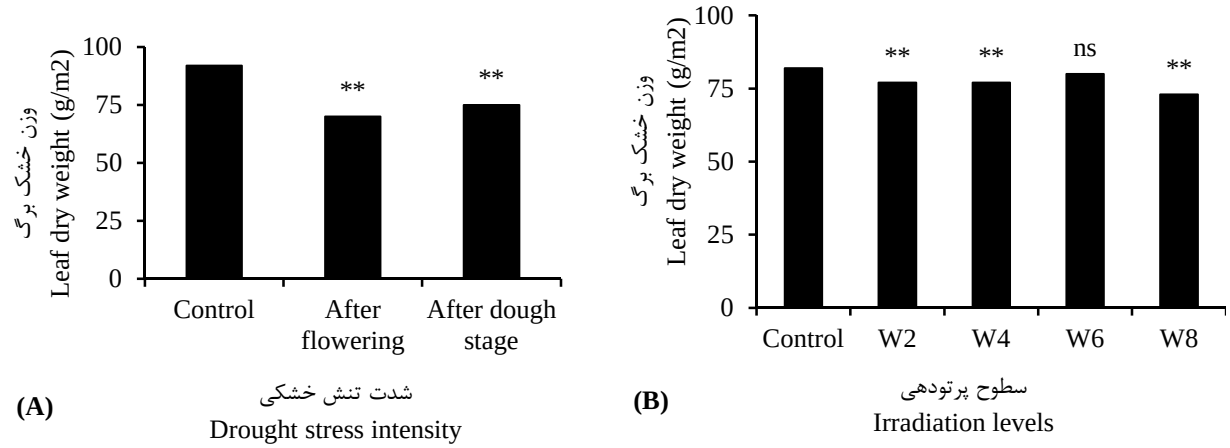


شکل ۲- تاثیر تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه) (A) و پرتودهی (B) بر وزن خشک ساقه ذرت
Figure 2. The effect of drought stress (irrigation interruption from flowering and grain dough stages) (A) and irradiation (B) on stalk dry weight of corn

وزن خشک برگ: اثر سطوح مختلف تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر مقدار وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). کم‌ترین مقدار این صفت معادل ۶۹ گرم بر مترمربع تحت شرایط تنش خشکی شدید مشاهده شد (شکل ۳). نتایج بررسی‌های دیگر نیز نشان می‌دهد که تنش ملایم و تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ ذرت شد (Rabbani and Emam, 2011). بیشترین مقدار وزن خشک برگ در شرایط ۶ دقیقه پرتودهی حاصل شد که برابر با ۸۴ گرم بر متر مربع و سه درصد بالاتر از شاهد بود. به‌طور کلی به موازات افزایش مدت زمان پرتودهی، میزان وزن خشک برگ نیز افزایش یافت، اما در ۸ دقیقه پرتودهی مقدار این صفت کاهش یافت (شکل ۳). در بررسی‌های دیگر که در شرایط معمول آبیاری انجام شده است نیز افزایش وزن خشک برگ یا تعداد برگ در گیاه زنیان (Marghaeezadeh *et al.*, 2001) و ذرت (Rajabian *et al.*, 2012) در واکنش به پرتودهی گزارش شده است. تحت شرایط تنش خشکی نیز پرتودهی با امواج اولتراسوند موجب افزایش شاخص سطح برگ (معادل وزن خشک برگ) در گیاه نخود شده است (Molazem-Hoseini, 2014).

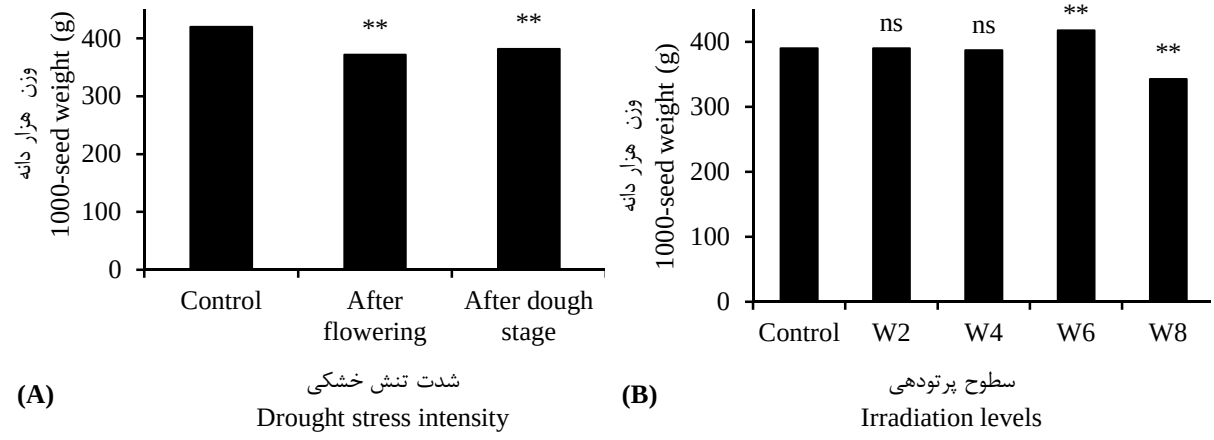
وزن هزار دانه: وزن هزار دانه نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و امواج اولتراسونیک قرار گرفت، اما برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش خشکی و کم‌ترین مقدار آن در شرایط تنش خشکی شدید (به‌ترتیب با ۴۱۹ و ۳۶۹ گرم) مشاهده شد (شکل ۴). کاهش وزن هزار دانه در تنش خشکی دلایل زیادی می‌تواند داشته باشد. برخی از این دلایل ممکن است بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت فتوسنتزی، کاهش فعالیت آنزیم چرخه کالوین و در نهایت کاهش میزان تولید مواد پرورده باشد که کاهش وزن دانه (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) را به‌همراه دارد. علاوه بر این، کاهش وزن هزار دانه می‌تواند به‌علت کوتاه بودن دوره پرشدن دانه‌ها باشد. تحت شرایط تنش خشکی، رشد زایشی گیاه به اتکای ذخایر برگ و ساقه انجام می‌شود و عدم تشکیل مناسب دانه می‌تواند در اثر ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گرده‌افشانی، پرشدن دانه و یا پیش از آن باشد. یادف و همکاران (Yadav *et al.*, 2001)

گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، وزن دانه، وزن خوشه اصلی، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت در ارقام حساس گندم کاهش یافت. بیشترین وزن هزار دانه در بوته‌هایی تولید شد که بذر آن‌ها به مدت ۶ دقیقه پرتودهی شده بودند (شکل ۴)، اما بین شاهد و سطوح دیگر پرتودهی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در بررسی اثر اولتراسونیک و کود بیولوژیک نیتروکسین بر ذرت گزارش شده است که اثر پرتودهی بر وزن هزار دانه ذرت معنی‌دار و باعث افزایش آن شد (Rajabian *et al.*, 2012). این در حالی است که درگیاه دارویی زنیان، پرتودهی منجر به کاهش وزن هزار دانه شد (Marghaeezadeh *et al.*, 2001).



شکل ۳- تاثیر تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه) (A) و پرتودهی (B) بر وزن خشک برگ ذرت

Figure 3. The effect of drought stress (irrigation interruption from flowering and grain dough stages) (A) and irradiation (B) on leaf dry weight of corn



شکل ۴- تاثیر تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه) (A) و پرتودهی (B) بر وزن هزار دانه ذرت

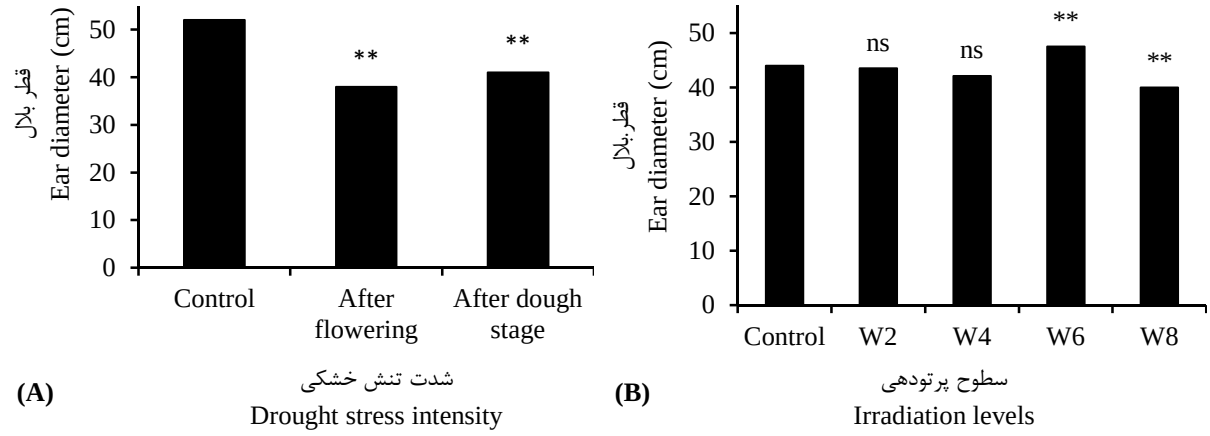
Figure 4. The effect of drought stress (irrigation interruption from flowering and grain dough stages) (A) and irradiation (B) on 1000-seed weight of corn

قطر بلال: بر خلاف برهمکنش دو فاکتور، آثار اصلی فاکتورها بر قطر بلال معنی‌دار شد (جدول ۱). تحت شرایط تنش خشکی شدید و متوسط، قطر بلال به‌ترتیب ۳۷ و ۴۰ میلی‌متر به‌دست آمد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از شاهد (۵۱ میلی‌متر) بود (شکل ۵). کاهش قطر بلال در مرحله پر شدن دانه شاید به‌علت کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و کاهش حجم و اندازه دانه‌ها باشد که با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Yang *et al.*, 1993). بیشترین و کمترین قطر بلال به‌ترتیب در شرایط ۶ دقیقه (۴۷ میلی‌متر) و ۸ دقیقه پرتودهی (۳۹ میلی‌متر) به‌دست آمد و بین سطوح دیگر پرتودهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). در آزمایش رجبیان و همکاران (Rajabian *et al.*, 2012)، که روی واریته مطالعه شده در

این تحقیق انجام شد، چهار دقیقه پرتودهی بالاترین تأثیر را بر وزن بلال داشت.

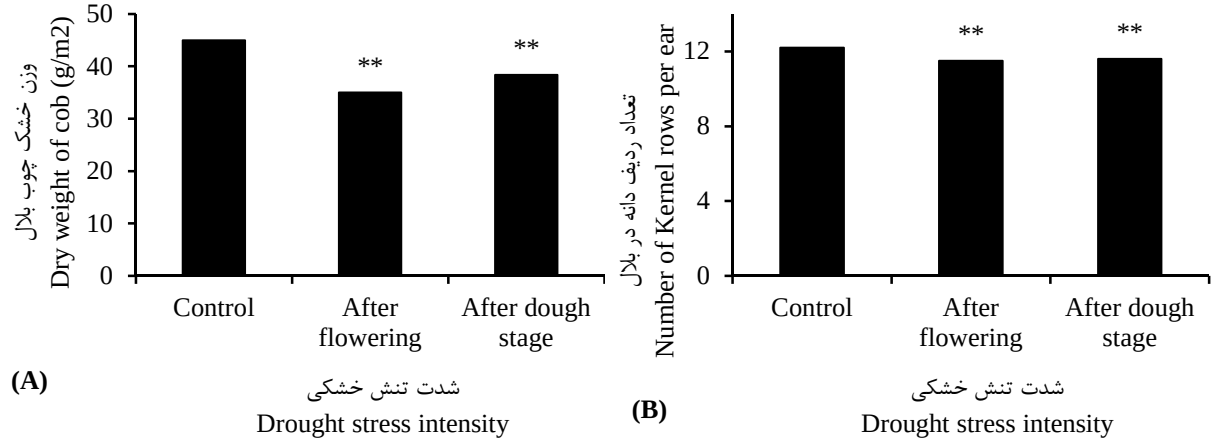
تعداد ردیف دانه در بلال: تعداد نهایی ردیف دانه، پیش از سایر اجزای عملکرد روی ناحیه نموی بلال تعیین می‌شود (Emam and Seghateleslami, 2005) و بنابراین یکی از صفات مهم در ذرت به‌شمار می‌آید. این صفت فقط تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و اثر پرتودهی و برهمکنش دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در تیمار شاهد (۱۲ ردیف) و در تنش خشکی شدید (۱۱ ردیف) مشاهده شد و بین دو سطح تنش خشکی اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۶). احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف‌ها در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود نداشته است.

وزن خشک چوب بلال: چوب بلال بخشی از گیاه است که به‌عنوان محل استقرار دانه‌ها مطرح است. این بخش از بلال به‌لحاظ داشتن آوندهای تغذیه کننده دانه از اهمیت بالایی برخوردار است. تنش خشکی بر وزن خشک چوب بلال معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش خشکی شدید و ملایم به‌ترتیب منجر به کاهش ۲۵ و ۱۹ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (شکل ۶). کاهش وزن چوب بلال در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به چوب بلال در اثر کاهش میزان آب قابل دسترس گیاه باشد. احتمالاً در اثر اختلال در جذب آب و کاهش مواد فتوسنتزی، انتقال این مواد به چوب بلال و به تبع آن، وزن چوب بلال کاهش می‌یابد. برهمکنش تنش خشکی و امواج اولتراسونیک بر این صفت از نظر آماری معنی‌دار نبود.



شکل ۵- تاثیر تنش خشکی (عدم آبیاری از مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه) (A) و پرتودهی (B) بر قطر بلال ذرت

Figure 5. The effect of drought stress (irrigation interruption from flowering and grain dough stages) (A) and irradiation (B) on ear diameter of corn



شکل ۶- اثر تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل گلدهی و خمیری شدن دانه) بر وزن خشک چوب (A) و تعداد ردیف دانه در بلال (B)

Figure 6. The effect of drought stress (irrigation interruption from flowering and grain dough stages) on dry weight of cob (A) and number of kernel rows per ear (B)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج منتشر شده در خصوص تأثیر امواج اولتراسونیک بر گیاه بالغ در دست نیست که بتوان بر اساس آن‌ها، دلایل فیزیولوژیک تأثیر افزایشی پرتودهی بر برخی از صفات اشاره شده در بالا را مورد بحث قرار داد. ولی آنچه که قابل تأمل است، تأثیر قابل‌توجه پرتودهی بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه است که در گزارش‌های زیادی از جمله اشرفی و همکاران (Ashrafe and Foolda, 2006) و سرخی (Sorkhy, 2009) به آن اشاره شده است. مکانیسم تأثیر این امواج به ایجاد تغییر در غشای پلاسمایی و تسهیل ورود و خروج آب و عناصر معدنی به سلول ارتباط داده شده است (Risca *et al.*, 2007). افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و در نتیجه بیشتر شدن سرعت هیدرولیز نشاسته نیز از آثار پرتودهی به‌شمار می‌رود. در اثر پرتودهی، ترک‌های میکروسکپی در پوسته بذر ایجاد می‌شود که این امر تسهیل جذب آب را به دنبال خواهد داشت (Yaldagard *et al.*, 2008). رشد قوی‌تر گیاه‌چه و استقرار بهتر آن فواید زیادی دارد که برخی از آنها عبارت‌اند از: (۱) افزایش جذب تشعشع خورشید به ویژه در اوایل فصل رشد (بهار) که نسبت قابل توجهی از زمین توسط کانوپی پوشش داده نشده است، (۲) کاهش اتلاف آب از طریق تبخیر به واسطه بیشتر شدن سایه‌اندازی گیاه زراعی بر خاک و در نتیجه افزایش آب قابل تعرق، (۳) غالبیت گیاه زراعی بر علف‌های هرز، (۴) افزایش کارآیی مصرف آب به‌لحاظ پایین‌تر بودن کمبود فشار بخار آب در اوایل فصل رشد (Soltani and Galeshi, 2002) و (۵) ریشه‌دهی عمیق‌تر و به تبع آن، افزایش دسترسی گیاه به آب لایه‌های پایین‌تر خاک. فایده پنجم توسط یافته‌های عبادی و همکاران (Ebadi *et al.*, 2013) قابل تأیید است که بر اساس آن، پرتودهی باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ و عناصر معدنی دانه لوبیا چشم‌بلبلی شده است.

جهت ارایه یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که با توجه به معنی‌دار نشدن برهمکنش تنش خشکی با پرتودهی بر بسیاری از صفات، با تغییر شدت تنش خشکی تأثیر پرتودهی دستخوش تغییر نمی‌شود. به بیان دیگر، اثر مثبت پرتودهی به مدت ۶ دقیقه می‌تواند کمیت آن صفات را در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی افزایش دهد. این امر به وضوح نشان‌گر کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی است. میزان افزایش ناشی از پرتودهی برابر با ۸ درصد برای قطر بلال، ۱۰ درصد برای وزن هزار دانه و ۱۲ درصد برای وزن خشک ساقه بود. وزن خشک برگ در شرایط پرتودهی به مدت ۶ دقیقه همانند شاهد بود، ولی در سطوح دیگر، مقدار آن کمتر از شاهد به‌دست آمد.

References

Abkhazar, H. R. and Ghahraman, B. 2003. Determination of sensitivity to water stress at different growth stages of winter wheat in Mashhad weather conditions. **Crop Research Journal** 5: 13-18. (In Persian with English Abstract).

Al-Kaisi, M. M. and Xinhua, Y. 2003. Effect of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. **Agronomy Journal** 95: 1475- 1482.

Ashrafe, M. and Foolda, M. R. 2006. Pre-sowing seed treatment: A shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. **Advanced Agronomy** 88: 223-271.

Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. and Youssef, M. M. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. **Food Research International** 48: 410-427.

Daneshmand, A., Shirani-Rad, A. M. and Ardekani, M. R. 2006. Evaluation of tolerance to water stress in spring oil seed rape genotypes. **Agricultural Research Journal of Islamic Azad University** 5: 12-120. (In Persian with English Abstract).

Ebadi, S., Gholipoor, M. and Gholami, A. 2013. Effect of ultrasound and nitroxin biological fertilizer on growth, yield and yield components of cowpea (*Vigna sinensis* L.). Proceedings of 2nd National Symposium of Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment. Aug. 27-28, Hamedan, Iran. (In Persian).

Emam, Y. and Ranjbar, G. H. 2001. The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield components and water use efficiency of maize. **Iranian Journal of Crop Science** 3: 51-63. (In Persian with English Abstract).

Emam, Y. and Seghateleslami, M. J. 2005. Crop yield, physiology and processing. Shiraz University Press. (In Persian).

Khahjehpoor, M. R. 2004. Industrial plants. Jahad-e-Daneshgahi Press, Isfahan University of Technology, Iafahan, Iran. (In Persian).

Marghaeezadeh, G., Gharineh, M., Fathi, G., Abdali, A. and Farbod, M. 2001. Effects of ultrasound waves and magnetic field on growth and yield of *Curum copticum* in field conditions. **Agronomy Journal (Pajouhesh-Va-Sazandegi)** 104: 142-151. (In Persian with English Abstract).

Maskoke, A. M. and Mortazavi, A. 2007. Comparing ultrasound with alkali in time for drying grapes and raisin production. **Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology** 12: 48-57. (In Persian with English Abstract).

Molazem-Hoeeseini, H. 2014. Interactive effects of ultrasound and drought on chickpea. M. Sc. Dissertation, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. (In Parsian).

Neilson, D. C. and Nelson, N. O. 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. **Crop Science** 28: 422-427.

Rabbani, C. and Emami, A. 2011. Grain yield response of corn hybrids to drought stress. **Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products** 6: 1-12. (In Persian with English Abstract).

Rajabian, S., Gholipoor, M. and Abasdokht, H. 2012. Effect of ultrasound and *Pseudomonas* bacterium on growth and yield of corn. M. Sc. Dissertation, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. (In Parsian).

Risca, I. M., Fartais, L. and Stiuca, P. 2007. Ultrasound effects contributions on the Norway spruce seeds germination (*Picea abies* L. (Karsten)). **Genetics and Biological Molecules** 3: 87-88.

Saleminasab, M., Gholipoor, M., Makarian, H. and Ariani-Mohammadi, H. 2015. Effect of ultrasound, priming and temperature on germination of corn. Proceedings of 1st National Conference on Novel Findings in Bioscience and Agriculture, May 21-22, Zabol University, Zabol, Iran. (In Persian).

Sasani, S., Jahansooz, M. R. and Ahmadi, A. 2014. The effects of deficit irrigation on water use efficiency, yield and quality of forage pearl millet. Proceedings of 13th International Crop Science Congress, Sept. 4-7, Karaj, Iran. (In Persian).

Sharifi, A. and Ayvaz, M. 2011. Application of ultrasound in food processing as non-destructive method. Proceedings of 20th National Congress of Food Sience and Technology, Aug. 17-19, Tehran, Iran. (In Persian).

Soltani, A. and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. **Field Crops Research** 77: 17-30.

Sorkhy, L. F. 2009. Evaluating the effect of ultrasound waves and magnetic field on seeds germination in marygold (*Calendula officinalis* L.). Proceedings of 6th Iranian Horticultural Science Congress, July 13-16, University of Guilan, Rasht, Iran. (In Persian).

Yadav, R. S., Gayadin, A. and Jaiswal, K. 2001. Morpho-physiological changes and variable yield of wheat genotypes under moisture stress conditions. **Indian Journal of Plant Physiology** 6: 390-394.

Yang, C. M., Fan, M. J. and Hsiang, W. M. 1993. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) to water deficit timing and strength. **Journal of Agriculture Research of China** 42: 173-186.

Yaldagard, M., Mortazavi, S. A. and Tabatabaie, F. 2008. Influence of ultrasonic on the germination of barley seed and its alpha-amylase. **African Journal of Biotechnology** 7: 2456-2471.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 2, Summer 2017 (275-284)

Effect of ultrasound and drought stress on some traits of corn

Maryam Saleminasab[1], Manouchehr Gholipoor[2*], Hassan Makarian[3] and Hassan Aryani Mohammadi[4]

Received: September 28, 2015 Accepted: June 26, 2016

Abstract

The positive effect of irradiation of seeds with ultrasonic waves on seedling growth has recently been considered by researchers. However, most experiments in this regard, have been focused on germination and early establishment of seedlings. The objective of this research was to investigate the response of corn plants to this waves under drought stress conditions. A filed experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications at research field of Shahrood University, Shahrood, Iran, in 2014. The treatments were three levels of drought stress (control, irrigation interruption from flowering stage and irrigation interruption from grain dough stage) and five irradiation times (control, 2, 4, 6 and 8 minutes). The results indicated that unlike the main effects of factors that had significant effect on the most traits studied (except the effect of ultrasonic waves on stem and leaf dry weight), the interaction effect of drought and irradiation was significant on plant stem diameter. This shows that irradiation effect on the most traits studied does not change with thev change in drought stress intensity. Irradiation of seeds with six minutes could increase the average of these traits by 8, 10 and 12%, respectively. In total, irradiation of corn seeds with the ultrasonic waves under both stress and non-stress conditions was resulted to produce the stronger plants, especially under drought stress conditions where irradiation could decrease the unfavorable effect of drought stress.

Keywords: Ear diameter, Stem growth, Irradiation, Irrigation interruption

1. M. Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University, Shahrood, Iran
2. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University, Shahrood, Iran
3. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University, Shahrood, Iran
4. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University, Shahrood, Iran
* Corresponding author: manouchehr.gholipoor@gmail.com