دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و پنجم، ۱۳۹۷

بررسی تأثیر کم‌آبی و پرایمینگ فیزیکی بذر بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.)

رضا صیامی[۱]، بهرام میرشکاری[۱]، فرهاد فرح وش[۲]، ورهرام رشیدی[۱]، علیرضا تاری‌نژاد[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/٦ تاریخ پذیرش: ۹٦/٦/۳۰

چکیده

به منظور بررسی پرایمینگ فیزیکی بذر ذرت تحت شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری نرمال و اعمال کم‌آبی (به ترتیب آبیاری پس از ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) و عامل فرعی در یازده سطح شامل پرایمینگ بذر ذرت تحت اشعه‌های گاما و بتا هر دو با شدت ثابت دو میکروکوری، لیزر با موج پیوسته He-Ne با طول موج ٦۳۲۸ آنگستروم، میدان مغناطیسی با شدت ٤۰ میلی‌تسلا و امواج اولتراسونیک یا فراصوت با حداکثر سه وات بر سانتی‌متر مربع همگی در دو مدت زمان ۵ و ۱۰ دقیقه به همراه شاهد بدون پرایم بود. بر اساس نتایج به دست آمده، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در اثر وقوع تنش نسبت به آبیاری نرمال به ترتیب ۱۸/۵ و ۲۳ درصد کاهش یافت. در اثر وقوع تنش حدود ۳۸ درصد بر غلظت اسید آمینه پرولین موجود در برگ در مقایسه با شاهد افزوده شد. بیشترین شاخص سطح برگ از هر دو مدت زمان پرایمینگ بذر با میدان مغناطیسی و اشعه‌های لیزر و گاما ۵ دقیقه‌ای و برابر ۳/۹۵ به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمارهای میدان مغناطیسی ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای و گاما و لیزر ۵ دقیقه‌ای بود و با افزایش زمان تیمار بذر ذرت با اشعه‌های گاما و لیزر از ۵ به ۱۰ دقیقه به ترتیب ۲۰ و ۱۷ درصد از عملکرد دانه کاسته شد. اجرای پرایمینگ‌های فیزیکی بذر ذرت با میدان‌های مغناطیسی و اشعه‌های گاما و لیزر فقط در مدت زمان کوتاه نقش بسزایی برای دست‌یابی به عملکردهای بالاتر داشتند.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، پرولین، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه.

صیامی، ر.، ب. میرشکاری، ف. فرح وش، و. رشیدی و ع. تاری نژاد. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر کم‌آبی و پرایمینگ فیزیکی بذر بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۵: ۲٦٦-۲۵٦.

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: farahvash@iaut.ac.ir

۳- عضو هیأت علمی گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از غلات مهم و با ارزش مناطق گرمسیر و معتدل جهان است که از نظر تولید، بعد از گندم و برنج به عنوان سومین غله مهم در جهان محسوب می‌شود (آشفته بیرگی و همکاران، ۲۰۱۱). در مناطق خشک و نیمه خشک ایران فراهم ساختن شرایط مطلوب به‌ویژه تأمین آب کافی در دوره رشد ذرت با محدودیت جدی مواجه است و چون کمبود آب یکی از عوامل مهم کاهش دهنده عملکرد ذرت است، بنابراین استفاده از روش‌هایی که اثر خشکی را تعدیل کرده و موجب افزایش بازده آب مصرفی شود، امری ضروری و مفید محسوب می‌شود (منوچهری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی به نوع، شدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش بستگی دارد (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷). افزایش دور آبیاری از ۷۵ به ۱۱۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، موجب کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه ذرت گردید (آفرینش و همکاران، ۱۳۹٤). دور آبیاری ٤ روز یکبار به طور معنی‌داری عملکرد دانه بالاتری نسبت به دور آبیاری ۸ روز یکبار در کشت ذرت نشان داد، به طوری که درصد افزایش عملکرد دانه ذرت در دور آبیاری ٤ روز یکبار حدود ۱۹/۵ درصد بیشتر بود (میری و ضمانی مقدم، ۱۳۹۳).

پرایمینگ یا پیش‌تیمار بذر یک استراتژی قبل از کاشت جهت بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه از طریق تقدم فعالیت-های متابولیکی قبل از ظهور ریشه‌چه است که اغلب موجب جذب بیشتر رطوبت، مواد غذایی و اشعه خورشید و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (اسکندری و کاظمی، ۲۰۱۱). با افزایش دامنه مطالعات علمی درباره اثرات استفاده از کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی مشخص شده است که کاربرد آن‌ها در کشاورزی مرسوم خصوصاً در دراز مدت اثرات نامطلوبی را بر سلامت انسان و محیط زیست خواهد گذاشت، بنابراین به عقیده محققین یکی از روش‌های تولید پایدار و سالم محصولات کشاورزی استفاده از روش‌های بیوفیزیکی می‌باشد (عباسی، ۱۳۸۸). در این میان توجه به نقش عوامل تأثیرگذار اکولوژیک در تولیدات گیاهی از قبیل اشعه لیزر، ماوراء بنفش، میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی و نظایر آن‌ها در کشاورزی نوین اهمیت بیشتری یافته است (فقه نبی و همکاران، ۲۰۰۹).

اطلاعات اندکی درباره روش‌های فیزیکی تیمار بذر گیاهان زراعی وجود دارد. ولی تمایل برای استفاده از این روش‌ها جهت پرایمینگ بذر در سال‌های اخیر افزایش یافته است (هرنانـدز و همکاران، ۲۰۱۰). اشعه گاما یکی از مهم‌ترین تیمارهای فیزیکی است که موجب افزایش محصول در برنج، ذرت، لوبیا، لوبیا چشم‌بلبلی و سیب زمینی شده است (موکوبیا و آنوموهانران، ۲۰۰۵). فلورز و همکاران (۲۰۰۷) و راکوسیو و همکاران (۲۰۰۸) افزایش طول و وزن تر گیاه ذرت و به دنبال آن افزایش عملکرد را در اثر استفاده از تیمار فیزیکی بذر با میدان‌های مغناطیسی گزارش نموده‌اند. همچنین، بنابر گزارش پیتروزوسکی و کانیا (۲۰۱۰) استفاده از برخی تیمارهای فیزیکی شامل میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و اشعه لیزر در مرحله قبل از کاشت بذر تأثیر مشابهی بر افزایش عملکرد گندم داشته است. لیزر موج پیوسته He-Ne با طول موج ٦۳۲۸ آنگستروم اثرات مثبتی بر افزایش حجم ریشه و بازدهی محصول گندم داشته است (چن و همکاران، ۲۰۰۲). پرایمینگ بذر چغندرقند با میدان مغناطیسی موجب رشد سریع‌تر گیاهان حاصل، افزایش شدت فرآیندهای متابولیسمی و در نتیجه افزایش تولید محصول شد (روچالسکا، ۲۰۰۸b). با توجه به مطالب فوق، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کم‌آبی و پرایمینگ فیزیکی بذر بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد دانه ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز با ارتفاع ۱٥٦۰ متر از سطح دریاهای آزاد در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی اجرا شد. اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک سرد است. آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار روی بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۲٦۰ انجام شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری نرمال و اعمال کم‌آبی (به ترتیب آبیاری پس از ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) (فرجزاده معماری تبریزی و همکاران، ۱۳۹٤) و عامل فرعی در یازده سطح شامل پرایمینگ بذر ذرت تحت اشعه‌های گاما (کبالت ٦۰) (فرح وش و همکاران، ۱۳۸٦) و بتا (استرانسیم ۹۰) هردو با شدت ثابت دو میکروکوری (برادفورد، ۱۹۹۵)، لیزر با موج پیوسته He-Ne (طول موج ٦۳۲۸ آنگستروم - ۲۲۰ ولت- ۵۰ هرتز) (چن و همکاران، ۲۰۰۲)، میدان مغناطیسی با شدت ٤۰ میلی‌تسلا (مجد و همکاران، ۲۰۱۰؛ ایقبال و همکاران، ۲۰۱۲) و امواج اولتراسونیک (فراصوت) با حداکثر سه وات بر سانتی‌مترمربع (یلداگرد و مرتضوی، ۲۰۰۸) همگی در دو مدت زمان ۵ و ۱۰

دقیقه و شاهد بدون پرایم بود. لازم به ذکر است که اعمال کم‌آبی از مرحله ۹-۸ برگی شدن ذرت شروع شد.

بذر ذرت رقم سینگل‌کراس ۲۶۰ از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. توده بذری بر اساس نتایج آزمون قبل از شروع آزمایش دارای ۹۳ درصد قوه نامیه بود. قبل از اعمال تیمارهای فیزیکی ابتدا بذرها جهت ضدعفونی کردن به مدت دو دقیقه در داخل محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد قرار گرفتند و سپس دو تا سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. این بذرها در محیطی تاریک به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند (آرتولا و همکاران، ۲۰۰۳) و سپس پرایمینگ‌های فیزیکی در آزمایشگاه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز روی بذرها در داخل پتری‌دیش‌ها اعمال گردید و بعد از آماده‌سازی زمین بلافاصله در مزرعه کشت شدند.

جهت آماده‌سازی زمین، عملیات شخم در پاییز و دیسک زنی و تسطیح در اوایل بهار اجرا شد. کاشت در ۲۰ اردیبهشت ماه و با رعایت فاصله بین ردیفی ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیفی ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۶۷ هزار بوته در هکتار) و در ۴-۳ سانتی‌متری خاک انجام گردید. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی، از کودهای فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به ترتیب به مقدار ۱۱۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله قبل از کاشت استفاده گردید. کود نیتروژنه از منبع اوره به مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار و در دو قسمت مساوی در هر یک از مراحل کاشت و ساقه روی ذرت (مرحله ۵-۴ برگی) به صورت نواری به خاک اضافه شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر)	اسیدیته گل اشباع (pH)	درصد مواد خنثی شونده	درصد کربن آلی	درصد نیتروژن	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
لوم شنی	۱/۷۹	۷/۹۳	٤	۱/۲۱	۰/۱۱۸	۱۶/۹	۳٤۲	٦٤	۲۰	۱٦

کنترل علف‌های هرز به روش دستی و دو مرحله در طی فصل رشد انجام یافت. آبیاری از زمان کاشت بذر تا مرحله شروع اعمال تیمار تنش به طور یکسان در تمامی تیمارها بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک انجام و بعد از آن تا انتهای فصل رشد بسته به نوع تیمار پس از ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر ادامه یافت. به هنگام رسیدگی تعداد بوته‌های واقع در سطح یک مترمربع از هر کرت با رعایت اثرات حاشیه‌ای برداشت شد. صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ (LAI)[1] ، شاخص محتوای کلروفیل برگ (CCI)[2]، غلظت پرولین برگ، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. فاصله سطح خاک تا انتهای تاسل به عنوان ارتفاع بوته برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و قبل از برداشت ابتدا برگ‌های تمامی بوته‌های انتخابی از ساقه جدا و سپس طول و بزرگ‌ترین پهنای هر برگ به وسیله خط‌کش اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۱ (مول و کامپارس، ۱۹۷۷؛ آکوواح، ۲۰۰۲) سطح برگ هر بوته و از روی آن شاخص سطح برگ (رابطه ۲) محاسبه گردید:

$A = L \times W \times 0.75$ رابطه ۱

$LAI = nA$ رابطه ۲

در این رابطه‌ها n تعداد بوته، A سطح برگ اندازه‌گیری شده هر بوته، L طول برگ و W بزرگ‌ترین پهنای برگ می‌باشد. شاخص محتوای کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج OPTI-Sciences مدل CCM-200 از سه نقطه انتهایی، میانی و ابتدایی پهنک برگ بلال اندازه‌گیری و سپس میانگین‌گیری شد. غلظت پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد (بیتس و همکاران، ۱۹۷۳). پس از جدا کردن دانه‌ها از بلال‌های برداشت شده از سطح یک مترمربع هر کرت آزمایشی، نسبت به توزین دانه‌ها برای تعیین عملکرد دانه اقدام شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام و برای مقایسات میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. جهت رسم نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

1 . Leaf Area Index
2 . Chlorophyll Content Index

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده دور آبیاری و پرایمینگ بر همه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار، اما اثر متقابل دور آبیاری و پرایمینگ بر هیچ یک از صفات مورد مطالعه معنی-دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات دور آبیاری و پرایمینگ‌های فیزیکی بذر بر صفات مورد بررسی ذرت

منابع تغییر (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	شاخص محتوای کلروفیل برگ	غلظت پرولین برگ	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۰۹/۰۶^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۱^{ns}	۵/۴۵*	۲۰۵/۳۵^{ns}	۳۲۲۹/۹۰^{ns}
دور آبیاری (A)	۱	۱۹۲۰/۲۴*	۱۲/۱۳*	۹۷۶/۵۹**	۴۴/۵۲**	۹۴۶۲۱/۲۲*	**۲۴۶۷۸۹/۱۷***
خطای اصلی(E_a)	۲	۲۲/۶۸^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۸/۴۷^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۹۷۴/۳۵^{ns}	۱۱۰۳۷/۴۴^{ns}
پرایمینگ (B)	۱۰	۲۵۲۱/۱۱**	۲/۳۹**	۱۴۱/۹۴**	۳/۰۴*	۱۲۱۰۰/۷۶**	**۳۷۴۶۱/۴۹***
A×B	۱۰	۱۳/۰۳^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۱۰/۳۴^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۲۱۲/۳۲^{ns}	۴۵۷/۹۰^{ns}
خطای فرعی (E_b)	۴۰	۱۸۳/۷۷	۰/۱۷	۶/۱۶	۱/۴۰	۹۹۲/۲۹	۴۳۳۳/۴۸
ضریب تغییرات C.V (%)	–	۶/۷۲	۱۲/۵۴	۱۳/۱۸	۲۳/۲۳	۹/۰۲	۱۰/۸۲

ns,*,** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی دور آبیاری و پرایمینگ به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثر افزایش دور آبیاری از ۷۰ به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، حدود ۵ درصد از ارتفاع بوته کاسته شد (جدول ۳). از آنجا که در شرایط تنش خشکی فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال ازدیاد طول می‌باشند کاهش می‌یابد، و از طرفی تولید مواد حاصل از فتوسنتز نیز کم می‌شود، لذا طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع بوته تحت تأثیر خشکی کاهش می‌یابد (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۸۴). طبق تحقیق انجام یافته توسط فرج‌زاده معماری تبریزی و همکاران (۱۳۹۴) در اثر اعمال تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک ارتفاع بوته ذرت بیشترین و معادل ۲۰۶ سانتی‌متر بود و با افزایش فاصله آبیاری، از ارتفاع بوته‌های ذرت کاسته شد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ذرت‌های در معرض تیمارهای میدان مغناطیسی ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای و گاما و لیزر ۵ دقیقه‌ای بیشترین ارتفاع بوته را داشتند، در حالی که با افزایش مدت زمان قرارگیری بذرها در معرض اشعه‌های گاما و لیزر ارتفاع بوته کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان داد (جدول ۴). دلیل کاهش ارتفاع بوته در گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده با اشعه‌های بلند مدت گاما و لیزر احتمالاً با افزایش میزان مالون دی آلدئید که شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد، در ارتباط است (حامد و همکاران، ۲۰۰۸).

آلاجاجیان (۲۰۰۲) گزارش نمود که تیمار بذر ذرت با میدان مغناطیسی موجب افزایش طول ساقه آن گردید که با یافته‌های حاصل از این تحقیق همخوانی دارد. افزایش مدت زمان تیمار بذر با اشعه لیزر، کاهش ارتفاع بوته در گیاهان حاصله را به دنبال دارد (سیلویانیم و مارایو، ۲۰۰۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تأثیر دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در ذرت

سطوح آبیاری (میلی‌متر تبخیر از تشتک)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ	شاخص محتوای کلروفیل برگ	غلظت پرولین برگ (میکرومول بر گرم وزن تر)	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
۷۰	۲۰۷/۱۱ a	۳/۷۳ a	۱٤/۹۸ b	٤/۲۷ b	۳۸٦/۹۸a	٦٦۹/۰۸ a
۱۱۰	۱۹٦/۳۲ b	۲/۸۷ b	۲۲/٦۸ a	۵/۹۱ a	۳۱۱/۲۵ b	۵٤٦/۷۸ b

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های تأثیر پرایمینگ‌های فیزیکی بذر بر صفات مورد بررسی در ذرت

تیمارهای پرایمینگ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ	شاخص محتوای کلروفیل برگ	تعداد دانه در بلال
شاهد	۱۹۲/۲۵ bc	۲/۹۸ de	۱٤/۲۷ e	۳۲۸/۵۸ c
گاما ۵ دقیقه‌ای	۲۱۹/۷۹ a	۳/۷۱ abc	۲۷/٦۹ a	۳۸۳/۰۸ ab
گاما ۱۰ دقیقه‌ای	۱٦۸/۱٦ d	۲/۲۵ g	۱۰/۲٦ f	۲٦۷ d
بتا ۵ دقیقه‌ای	۱۹۵/۵۰ b	۳/۳۰ cde	۱۹/۰٤ cd	۳۵۵/۲۹ bc
بتا ۱۰ دقیقه‌ای	۱۹٦/۲۰ b	۳/٤۷ bcd	۲۰/۳۹ c	۳٦٤/۰٤ bc
لیزر ۵ دقیقه‌ای	۲۱۷/۵۰ a	۳/۹٤ ab	۲۰/۸۹ c	۳۸۸/۱۷ ab
لیزر ۱۰ دقیقه‌ای	۱۷٦/۳۳ cd	۲/٤۵ fg	۱٤/۸۸ e	۲۸۵/٦۳ d
میدان مغناطیسی ۵ دقیقه‌ای	۲۲۹/۸۷ a	٤/۱۲ a	۲۰/٦٤ c	۳۹۳/۹٦ ab
میدان مغناطیسی ۱۰ دقیقه‌ای	۲۳۰/۲۵ a	٤/۰٤ a	۲٤/۳۷ b	٤۰۷/٦۳ a
اولتراسونیک ۵ دقیقه‌ای	۱۹۲/۲۵ bc	۲/۸۳ ef	۱۸/٦۰ cd	۳۲٦/۰۸ c
اولتراسونیک ۱۰ دقیقه‌ای	۲۰۰/۷۹ b	۳/۲٤ cde	۱٦/۱۰ de	۳٤۰/۸۸ c

شاخص سطح برگ (LAI)

براساس نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی دور آبیاری و پرایمینگ به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). اعمال تنش خشکی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد، کاهش معنی‌دار ۲۳ درصدی در شاخص سطح برگ ذرت را نسبت به شاهد موجب گردید (جدول ۳). کاهش تقسیم سلولی در اثر افزایش میزان اسید آبسیزیک، تأمین نشدن فرآورده‌های فتوسنتزی مورد نیاز برای رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش خشکی ذکر شده‌اند (تسفایه و همکاران، ۲۰۰٦). کاهش شاخص سطح برگ در برخی از گیاهان زراعی نظیر ذرت به‌دنبال وقوع تنش خشکی مورد انتظار است (نسمیت و ریتچیه، ۱۹۹۲). در مطالعه‌ای شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی در اثر تنش کمبود آب (آبیاری براساس پتانسیل آب حاک ۷۵ کیلوپاسکال)، ۲۰ درصد کاهش یافت (آنیا و هرزوگ، ۲۰۰٤).

بیشترین شاخص سطح برگ از هر دو مدت زمان تیمار بذر با میدان مغناطیسی و اشعه‌های لیزر و گاما ۵ دقیقه‌ای و برابر ۳/۹۵ به‌دست آمد. تابش پرتوهای گاما و لیزر به مدت ۱۰ دقیقه روی بذر ذرت اثر کاهشی ۲۰ درصدی بر شاخص سطح برگ ذرت نسبت به شاهد بر جای گذاشت (جدول ٤). نتایج آزمایش مارینکوویچ و همکاران (۲۰۰۲) حاکی از افزایش ۵۲ درصدی شاخص سطح برگ سیب زمینی به دنبال قرارگیری بذر در معرض میدان مغناطیسی بود. در تحقیقی دیگر بیشترین شاخص سطح برگ همیشه بهار (*Calendula officinalis*) به ترتیب از تیمار بذر با میدان مغناطیسی و اشعه‌های لیزر و گاما حاصل شد (باصر کوچه‌باغ و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیق دیگری، تیمار بذر چغندرقند با میدان مغناطیسی شدت ۵ میلی‌تسلا موجب توسعه بوته‌هایی با شاخص سطح برگ بالاتر نسبت به شاهد شد (روچالسکا و همکاران، b ۲۰۰۸).

شاخص محتوای کلروفیل برگ (CCI)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی دور آبیاری و پرایمینگ هر دو در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص محتوای کلروفیل برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر اعمال تنش آبی در ذرت، شاخص محتوای کلروفیل برگ حدود ۵۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳). همان‌طوری‌که روچالسکا و همکاران (a ۲۰۰۸) نیز بر آن تأکید دارند، به دنبال کاهش شاخص سطح برگ در گیاهان زراعی، غلظت کلروفیل در برگ افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در شاخص محتوای کلروفیل برگ احتمالاً ناشی از کاهش شاخص سطح برگ به هنگام وقوع تنش خشکی بوده باشد. برخی از محققان دلیل افزایش شاخص محتوای کلروفیل برگ به دنبال کاهش سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی را به افزایش نسبت کلروفیل a/b ارتباط داده‌اند (استیل و همکاران، ۱۹۹۱).

براساس مقایسات میانگین اثرات پرایمینگ‌های فیزیکی، به دنبال اعمال تیمارهای گاما ۵ دقیقه‌ای و میدان مغناطیسی ۱۰ دقیقه‌ای بوته‌های ذرت دارای بیشترین شاخص محتوای کلروفیل در برگ و به‌ترتیب برابر ۲۷/۷ و ۲٤/٤ بودند و افزایش مدت زمان تیمار با گاما از ۵ به ۱۰ دقیقه اثر کاهشی بر مقدار این شاخص داشت. در بین سایر تیمارها بجز شاهد و لیزر ۱۰ دقیقه‌ای، اختلاف آماری معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ٤). در مطالعه روچالسکا و همکاران (a ۲۰۰۸) افزایش در محتوای کلروفیل برگ ذرت در اثر تیمار با میدان مغناطیسی با فرکانس پایین گزارش شده است. همچنین، تیمار بذر چغندرقند با میدان مغناطیسی منجر به تولید بوته‌هایی با محتوای کلروفیل بیشتر در برگ شد (روچالسکا، ۲۰۰۵). در آزمایش انجام یافته توسط هرناندز آگیلار و همکاران (۲۰۰۹) نتیجه شد که پرایمینگ طولانی مدت بذر ذرت با اشعه لیزر تأثیر منفی بر محتوای کلروفیل برگ داشت که با نتیجه تحقیق حاضر نیز تطبیق دارد.

غلظت پرولین برگ

براساس نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی دور آبیاری و پرایمینگ به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر غلظت پرولین برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). بر اساس یافته‌ها، وقوع تنش خشکی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد غلظت پرولین برگ را ۱/٦٤ میکرومول بر گرم وزن تر افزایش داد و در نتیجه حدود ۳۸ درصد بر غلظت این اسید آمینه در برگ در مقایسه با شاهد افزوده شد (جدول ۳). پرولین از مهم‌ترین اسمولیت‌هایی است که در پاسخ به تنش‌های مختلف محیطی در برگ گیاهان تجمع می‌یابد (نیکولائوا و همکاران، ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد در اثر وقوع تنش خشکی، غلظت پرولین در برگ ذرت به منظور تعدیل تنش اسمزی ناشی از خشکی افزایش یافته است (جمالی و همکاران، ۱۳۹۱). بیشترین غلظت پرولین به ترتیب در تیمارهای گاما ۵ دقیقه‌ای، میدان‌های مغناطیسی ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای و اولتراسونیک ۵ دقیقه‌ای مشاهده گردید (شکل ۱).

شکل ۱- تأثیر پرایمینگ بذر ذرت بر غلظت پرولین در برگ

تعداد دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی دور آبیاری و پرایمینگ به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). تعداد دانه در بلال در اثر افزایش دور آبیاری از ۷۰ به ۱۱۰ میلی‌متر، حدود ۲۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). نتایج مطالعه فرجام و همکاران (۲۰۱٤) نشان داد که تنش کم‌آبی بر اجزای عملکرد به ویژه تعداد مخازن تشکیل شده در گیاه یا دانه‌ها اثر کاهشی شدید دارد. شوسلر و وستگیت (۱۹۹۱) گزارش نمودند که تنش خشکی به دلیل اختلال در گرده افشانی و افزایش درصد سقط رویان باعث کاهش تعداد دانه در بلال شد. همچنین دلیل این امر را می‌توان به عدم نمو دانه پس از گرده‌افشانی و باروری نسبت داد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۱).

مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ‌های فیزیکی روی بذر نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بلال در اثر اعمال تیمارهای میدان مغناطیسی ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای و لیزر و گاما ۵ دقیقه‌ای به ترتیب برابر با ٤۰۸، ۳۹٤، ۳۸۸ و ۳۸۳ عدد به دست آمد که اختلاف معنی‌داری نیز بین این تیمارها از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ٤). همچنین از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای امواج اولتراسونیک ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای و همچنین اشعه‌های بتا ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای با شاهد مشاهده نشد. کمترین تعداد دانه در بلال به تیمارهای اشعه گاما و لیزر ۱۰ دقیقه‌ای و به ترتیب معادل ۲٦۷ و ۲۸٦ تعلق داشت که بیانگر کاهش ۱۸ و ۱۳ درصدی تعداد دانه در بلال در اثر اعمال این تیمارها روی بذر در مقایسه با شاهد بود (جدول ٤). میدان مغناطیسی در شدت‌های ثابت آن تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی تعداد سنبله‌های گیاه جو دارد (رایبینسکی و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین افزایش تعداد میوه به‌دنبال قرارگیری بذور بامیه در معرض اشعه گاما توسط دوبی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است.

عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی دور آبیاری و پرایمینگ به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه نشان داد که بروز تنش خشکی کاهش ۱۸/۵ درصدی عملکرد دانه را در ذرت به دنبال دارد (جدول ۳). پژوهشگران کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش خشکی را به کاهش کارآیی فتوسنتز و کوتاه شدن طول دوره رشد نسبت داده‌اند (شوسلر و وستگیت، ۱۹۹۱). نتایج مطالعه کاکیر (۲۰۰٤) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت حاکی از آن است که تنش رطوبتی در مرحله کاکل‌دهی و تشکیل بلال موجب کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود. به عقیده اوسبورن و همکاران (۲۰۰۲) وقوع تنش آبی قبل از ابریشم‌دهی بلال عملکرد دانه را ۱۵ تا ۲۲ درصد کاهش می‌دهد.

تیمارهای میدان مغناطیسی ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای، گاما و لیزر ۵ دقیقه‌ای با میانگین ٦۸۵ گرم در مترمربع دارای بیشترین عملکرد دانه نسبت به شاهد بودند و افزایش مدت زمان پرایمینگ بذر با اشعه‌های گاما و لیزر از ۵ به ۱۰ دقیقه، موجب کاهش ۲۰ و ۱۷ درصدی عملکرد دانه شد. در بررسی حاضر تیمار بذر با اشعه بتا و امواج اولتراسونیک در هر دو زمان ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای تغییر معنی‌داری از نظر عملکرد نسبت به شاهد نشان نداد (شکل ۲). این نتایج ممکن است در اثر بروز تغییراتی در فرآیندهای متابولیکی گیاه شامل افزایش تحمل به تنش خشکی باشد که در نهایت منجر به بهبود رشد و نمو و عملکرد گیاه می‌شود (فیضی و رضوانی مقدم، ۱۳۸۹). استفاده از پرتو گاما در شدت کمتر به عنوان پرایمینگ بذر موجب افزایش عملکرد در گیاه کرچک (*Ricinus communis*) شد (شارما و رانا، ۲۰۰۷). بنا به گزارش غلامپور و همکاران (۱۳۸۹) استفاده از اشعه گاما موجب افزایش عملکرد برنج و کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش‌ها روی این گیاه گردید. تیمار بذور ذرت، گندم، آفتابگردان و جو با میدان مغناطیسی منجر به افزایش قابل توجهی در رشد و عملکرد شد (جمیل و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیقی دیگر، تیمار بذر گلرنگ با میدان مغناطیسی موجب افزایش عملکرد دانه تا به ٤۰۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد (۱۳۳۸ کیلوگرم در هکتار) شد (فقه‌نبی و همکاران، ۲۰۰۹). بنابر گزارش هرناندز و همکاران (۲۰۰۸) تیمار بذر ذرت با اشعه لیزر موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد شد.

شکل۲- تأثیر پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه ذرت

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که وقوع تنش آبی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد، موجب کاهش قابل ملاحظه‌ای (۱۸/۵ درصد) در عملکرد دانه ذرت گردید. همچنین پرایمینگ‌های میدان مغناطیسی در هر دو زمان ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای و اشعه‌های گاما و لیزر ۵ دقیقه‌ای بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند، در حالی که اشعه‌های گاما و لیزر ۱۰ دقیقه‌ای کمترین عملکرد دانه را به دنبال داشتند. بنابراین، هر چند اثر متقابل سطوح پرایمینگ در سطوح دور آبیاری معنی‌دار نبود، اما پرایمینگ بذر با سطوح یاد شده عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد بدون پرایم افزایش داد.

منابع

آفرینش، ع.، ق. فتحی، ر. چوگان و س.ع. سیادت. ۱۳۹٤. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک هیبریدهای متحمل به خشکی ذرت (*Zea mays* L.). نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. سال ۵، شماره ۱۸: ۲۰٤-۱۹۵.

امام، ی. و م. نیک‌نژاد. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

باصر کوچه‌باغ، س.، ف. فرح وش، ب. میرشکاری، ف. رحیم‌زاده خویی و ح. کاظمی اربط. ۱۳۹۲. تأثیر پیش‌تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ بذر بر برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک همیشه بهار رقم کم پر (*Calendula officinalis*). نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. جلد ۷، شماره ٤(۲۸): ٤۳۰-٤۲۱.

جمالی، ج.، ش. انتشاری و م. حسینی. ۱۳۹۱. تأثیر عناصر پتاسیم و روی بر تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰٤). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال چهارم، شماره ۱٤: ٤٤-۳۷.

شیخی، م.، ن.ع. ساجدی و م. جیریایی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش کمبود آب بر خصوصیات زراعی هیبریدهای ذرت در شرایط اقلیمی اراک. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸، شماره ۳: ۱۱۰-۱۰۱.

عباسی، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر تابش نور لیزر بر روی برخی از ویژگی‌های بذر گیاهان. چهارمین همایش منطقه‌ای ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان). دانشکده کشاورزی. ۳۰-۲۹ مهرماه.

غلامپور، م.، ع.م. دهپور جویباری و پ. راهداری. ۱۳۸۹. بررسی اثر تابش اشعه گاما و تنش شوری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی برنج (*Oryza sativa* L.). فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. شماره ۱، بهار، دوره ۲: ۷-۱.

فرج‌زاده معماری تبریزی، ا.، م. یارنیا، و. احمدزاده و ن. فرج زاده معماری تبریزی. ۱۳۹٤. اثر سطوح تنش خشکی و غلظت‌های هومات پتاسیم بر دو هیبرید ذرت هیبرید ۷۰٤ و ٦۰٤. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال هفتم، شماره ۲۵: ۱۱۸-۱۰۵.

فرح وش، ف.، م.ع. حسین‌پور فیضی، و. مددی سرای و پ. آذرفام. ۱۳۸٦. اثر پرتوگاما روی برخی صفات فیزیولوژیک گندم. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز. سال اول، شماره ۳: ۹۹-۹۱.

فیضی، ح. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۹. تأثیر میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره بر رشد، عملکرد و کیفیت سیلوی ذرت علوفه‌ای در مقایسه با کاربرد کودهای پرمصرف و کم‌مصرف. نشریه آب و خاک. جلد ۲٤، شماره ٦ : ۱۰۷۲- ۱۰٦۲.

منوچهری‌فر، پ.، ح. لاری یزدی و ب. زاجی. ۱۳۹۰. اثر سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه‌های ۷ روزه ذرت رقم ٦٤۷ تحت تنش خشکی. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. آبان ۱۳۹۰.

میری، ح.ر. و ع. ضمانی مقدم. ۱۳۹۳. کاربرد خارجی گلایسین بتائین به منظور کاهش اثرات تنش خشکی در ذرت (*Zea mays* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۲، شماره ٤: ۷۱۷-۷۰٤.

وفابخش، ج.، م. نصیری محلاتی و ع. کوچکی. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارآیی مصرف نور در ارقام کلزا (*Brasica napus*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ٦: ۲۰۸-۱۹۳.

Acquaah, G. 2002. Principles of crop production (Theory, technical and te.chnology). Prentice-Hall of India. New Delhi. 460 p.

Aladjadjiyan, A. 2002. Study of influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. J. Central Eur. Agric. 3(2): 89-94.

Anyia, A.O. and H. Herzog. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. Eur. J. Agron. 20: 327-339.

Artola, A., G. Carrillo-Castaneda and G.D.L. Santos. 2003. Hydropriming:A strategy to increase *Lotus corniculatus* L. Secd vigor. Seed Sci and Technol. 31: 455-463.

Ashofteh Beiragi, M., M. Ebrahimi, Kh. Mostafavi, M. Golbashy, S. Khavari Khorasani .2011. A study of morphological basis of corn (*Zea mays* L.) yield under drought stress condition using correlation and path coefficient analysis. J. Cereals and Oilseeds. 2(2): 32-37.

Bates, L.S., R.P.Waldren and I.V. Tevre. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Bradford, K. 1995. Water relations in seed germination. In: J. Kiged and G. Galili (eds). Seed Development and Germination. Marcel Dekker Inc. New York. pp: 351-396.

Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of cron. Field Crops Res. 89: 1-16.

Chen, Y.P., L. Li and F.M. Wang. 2002. The effects of He-Ne laser and KT treatment on the seeds germination and growth of wheat. Acta Laser Boil. Sinica. 6: 412- 416.

Dubey, A.K. J.R. Yadav and B. Singh. 2007. Studies on induced mutations by gamma irradiation in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monch). Progressive Agric. 7(1/2): 46-48.

Eskandari, H. and K. Kazemi. 2011. Effect of seed priming on germination properties and seedling establishment of cowpea (*Vigna sinensis*). Notulae Scientia Biologicae 3(4): 113-116.

Estil, K., R.H. Delany, W.K. Smith and R.L. Ditterline. 1991. Water relations and productivity of alfalfa chlorophyll variants. Crop Sci. 31: 1229-1233.

Faqenabi, F., M. Tajbakhsh, I. Bernooshi, M. Saber-Rezaii, F. Tahri, S. Parvizi, M. Izadkhah, A. Hasanzadeh Gorttapeh and H. Sedqi. 2009. The effect of magnetic field on growth, development and yield of safflower and its comparison with other treatments. Res. J. Biol Sci. 4: 174-178.

Farjam, S., M. Jafarzadeh Kenarsari, A. Rokhzadi and B. Yousefi. 2014. Effects of inter-row spacing and superabsorbent polymer application on yield and productivity of rainfed chickpea. J. Bio and Environ Sci. 5(3): 316-320.

Florez, M., M.V. Carbonell and E. Martinez. 2007. Exposure of mazie seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environ Experiment Bot. 59: 68-75.

Hameed, A., T.M. Shah, B.M. Atta, M.A. Haq and H. Syed. 2008. Gamma irradiation effects on seed germination and growth, protein content, peroxidase and protease activity, lipid peroxidation in desi chickpea. Pak. J. Bot. 40(3): 1033-1041.

Hernandez, A.C., C.A. Carballo, A. Artola and A. Michtchenko. 2008. Laser irradiation effects on maize seed field performance. Seed Sci. Technol. 34: 193-197.

Hernandez, A.C., P.A. Dominguez, O.A. Cruz, R. Ivanov, C.A. Carballo and B.R. Zepeda. 2010. Laser in agriculture. Int. Agrophys. 24:407- 422.

Hernandez-Aguilar, C., A. Dominigues-Pacheco, A. Cruz-Orea, R. Ivanov, A. Carballo-Carballo, R. Zepeda-Bautista and L. Galindo-Soria. 2009. Laser irradiation effects on field performance of maize seed genotypes. Int. Agrophys. 23: 327-332.

Iqbal, M., Z.U. Haq, Y. Jamil and M.R. Ahmad. 2012. Effect of pre-sowing magnetic treatment on properties of pea. Int. Agrophys. 26:25-31.

Jamil. Y., Z. Ul-Haq, M. Iqbal, T. Perween and N. Amin. 2012. Enhancement in growth and yield of mushroom using magnetic field treatment. Int. Agrophys. 26: 375-380.

Majd, A., S. Farzpour Maajiani and D. Deranian. 2010. Study effect of magnetic field on seed germination of mung bean. J. Plant Sci Res. 18(2): 25-34.

Marincovic, B., Z. Ilin, J. Marincovic, M. Culibrk and G. Jacimovic. 2002. Potato yield in funcution variable electromagnetic field. Biophysics in agriculture production. University of Novisad. Tampograf.

Mokobia, C.E. and O. Anomohanran. 2005. The effect of gamma irradiation on the germination and growth of certain Nigerian agricultural crops. J. Radic. Prot. 25(2): 181-188.

Moll, R.H. and E.J. Kamparth. 1977. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of maize. Agron. J. 69: 81-84.

Nesmith, D.S. and J.T. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to pre-anthesis soil water deficit. Agron. J. 84: 107-113.

Nikolaeva. M.K., S.N. Maevskaya, A.G. Shugaev and N.G. Bukhov. 2010. Effects of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. Rus. J. Plant Physiol. 57: 87-95.

Osborne, S.L., D.D. Schepers, J.S. Frencis and M.R. Schlemmer. 2002. Use of spectral radiance to estimate in -season biomass and grain yield in nitrogen and water stress on corn. Crops Sci. 42: 165-171.

Pietruszewski, S., and K. Kania. 2010. Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. Int. Agrophys. 24: 297-302.

Racuciu, M., D. Creanga and I. Horga. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Rom. J. Physics. 53: 353-359.

Rochalska, M. 2005. Influence of frequent magnetic field on chlorophyll content in leaves of sugar beet plants. Nukleonika. 50: 525-528.

Rochalska, M., Grabowska, K., and Ziarnik, A. 2008 b. Impact of low frequency magnetic field on yield and quality of suger beet. Int. Agrophys. 23:163-174.

Rochalska, M., K. Grabowska and A. Ziarnik. 2008 a. Impact of low frequency magnetic fields on yield and quality of maize. Int. Agrophys. 23: 163-174.

Rybinski, W., S. Pietruszewski and K. Kornazynski. 2003. Influence of magnetic field with chemomutagen and gamma rays on the variability of yield parameters in barley. Int. Agrophys. 85-91.

Schussler, J.R. and M.S. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduce assimilates during early kernel growth. Crop Sci. 31: 1189-1195.

Sharma, D.K. and D. S. Rana. 2007. Response of castor (*Ricinus communis*) genotypes to low doses of gamma irradiation. Indian J. Agric. Sci. 77(7): 467-469.

Silvianeam, U. and V.V. Mararіu. 2005. Plant growth in experimental space flight magnetic field conditions. Rom. J. Biophys. 15(1): 41-46.

Tesfye, K., S. Walke and M. Tsubo. 2006. Radintion interception and radiation use efficiency of three gran legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions. Eur. J. Agron. 25: 60-70.

Yaldagard, M. and S.A. Mortazavi. 2008. Application of ultrasonic waves as a priming technique for the germination of barley seed. J. Plant Physiol. 114(1): 14-21.

Investigation of water deficit and physical seed priming effects on some morphophysiological traits and grain yield of maize (*Zea mays* L.)

R. Siyami[1], B. Mirshekari[1], F. Farahvash[1], V. Rashidi[1], A. Tarinejad[2]

Received: 2016-9-27 Accepted: 2017-9-21

Abstract

To investigate the physical seed priming of maize under water deficit, a split plot experiment based on completely randomized block design with three replications was conducted at the Agricultural Research Station of Islamic Azad University, Tabriz Branch in 2014. Main plots consisted of two irrigation levels (control and water deficit respectively 70 and 110 mm evaporations from class A pan) and sub plots of eleven levels of physical priming (gamma and beta rays with fixed velocity of two micro curie, laser with continuous wave He-Ne with wavelength 6328 angstrom, magnetic field with 40 Mt and ultrasonic waves with maximum 3 wat/cm^2 in 5 and 10 minutes along with control, without any treatment). Based on the results obtained, grain yield and leaf area index decreased by 18.5 and 23% respectively under drought stress condition in comparison with normal irrigation (70 mm evaporation from the pan). Proline concentration of leaves increased under drought stress by 38% as compared with control treatment. The highest leaf area indices by using magnetic field and 5 minutes laser and gamma irradiations obtained to be 3.95. The highest grain yield belonged to treatment of 5 and 10 minutes of magnetic field and to treatments of 5 minutes gamma and laser irr^{ig}ations. Increasing treatment time from 5 to10 minutes, of gamma and laser irradiations decreased grain yield by 20 and 17%, respectively. It can be concluded that physical seed priming by magnetic field, gamma and laser irradiations for short times can be recommended for higher grain yields.

Keywords: Grain yield, leaf area index, priming, proline

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2- Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran