

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



اظهار نامه دانشجو

شماره:

تاریخ:

اینجانب علی اسماعیلی منزه دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی گرایش زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد، گواهی می‌دهم که پایان نامه تدوین شده حاضر با عنوان "اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و خصوصیات کیفی روغن ژنوتیپ‌های جدید گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*)" به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر حشمت امیدی توسط شخص اینجانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن مورد تأیید است و چنانچه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجانب را مسترد و ابطال نماید. همچنین اعلام می‌دارد در صورت بهره‌گیری از منابع مختلف شامل گزارش‌های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدیدآورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارائه نشده است. در تدوین متن پایان نامه حاضر، چاقوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش‌های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این که، کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

امضاء دانشجو:

تاریخ:



دانشگاه شاهرود
دانشکده علوم کشاورزی

اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و خصوصیات کیفی روغن

ژنوتیپ‌های جدید گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت

علی اسماعیلی منزه

استاد راهنما

دکتر حشمت امیدی

استاد مشاور

دکتر عبدالامیر بستانی



دانشگاه شاهر

دانشکده علوم کشاورزی






صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت کشاورزی آقای

علی اسماعیلی منزه به شماره دانشجویی: ۸۹۷۶۱۴۰۰۲

تحت عنوان:

اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی روغن ژنوتیپ های جدید گلرنگ *carthamus tinctorius*

در تاریخ ۱۳۹۱/۰۶/۲۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت که توسط هیئت داوران شایسته ی درجه **ب.ا.ب.ا** تشخیص داده شد.

امضاء	تخصص	مرتبه دانشگاهی	اعضای هیات داوران
		استادیار	استاد / اساتید راهنما: ۱- دکتر حشمت امیدی
		استادیار	استاد / اساتید مشاور: ۱- دکتر عبدالامیر بستانی
		استادیار	استادان یا محققان مدعو: ۱- دکتر حسن حبیبی
		دانشیار (استاد)	۲- دکتر محمد حسین لباسچی
		در/رئیس	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده :

تشر و قدردانی

سپاس فراوان خدای متعال را که مرا در مسیر علم و پژوهش رهنمون فرمود.
همچنین با تشر از اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، خصوصا گروه زراعت و اصلاح
نباتات و آقای دکتر امیدی که با رهنمود های موثر، اینجانب را در اجرا و تهیه این پایان
نامه یاری رساندند .

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که در همه مراحل زندگی با تمام وجود یاریم نمودند

و همه این کوشش‌ها کمترین پاسخی به زحمات و تلاش‌های بی‌دریغ ایشان

می‌باشد.

فهرست مطالب

۱	چکیده
۲	فصل اول: مقدمه و بررسی منابع
۳	۱-۱- بیان مسئله و ضرورت انجام تحقیق
۴	۲-۱- خشکی و اهمیت کشت گلرنگ
۶	۳-۱- اثرات تنش خشکی
۸	۴-۱- تنش خشکی، پرولین و محتوای نسبی آب برگ
۹	۵-۱- تنش خشکی و عملکرد و اجزا عملکرد
۱۱	۶-۱- اهداف تحقیق
۱۲	۷-۱- جنبه نوآوری و جدید بودن تحقیق
۱۲	۸-۱- مروری بر گیاه گلرنگ
۱۲	۱-۸-۱- خاستگاه
۱۳	۲-۸-۱- خصوصیات گیاهی
۱۳	۳-۸-۱- سازگاری
۱۴	۴-۸-۱- تناوب
۱۴	۵-۸-۱- موارد استفاده گلرنگ
۱۴	- گل
۱۵	- دانه
۱۵	- پوسته بذر
۱۶	- روغن
۱۷	- کنجاله
۱۷	- دارویی

۱۷	..... علوفه
۱۹	..... فصل دوم: مواد و روش‌ها
۲۰	..... ۱-۲- مختصات مکان اجرای طرح
۲۰	..... ۲-۲- بستر کشت
۲۱	..... ۳-۲- روش اجرای طرح
۲۱	..... ۴-۲- روش اعمال تنش خشکی
۲۲	..... ۵-۲- کاشت و داشت
۲۲	..... ۶-۲- نمونه برداری و برداشت
۲۳	..... ۷-۲- اندازه گیری‌ها
۲۳	..... ۱-۷-۲- صفات فنولوژیک و مرفولوژیک
۲۳	..... ۲-۷-۲- صفات فیزیولوژیک
۲۳	..... - محتوای پرولین آزاد برگ
۲۴	..... - محتوای کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید برگ
۲۵	..... - محتوای نسبی آب برگ
۲۵	..... - شاخص‌های تحمل
۲۶	..... ۳-۷-۲- عملکرد و اجزاء عملکرد دانه
۲۷	..... ۴-۷-۲- خصوصیات روغن بذر
۲۷	..... - درصد روغن بذر
۲۷	..... - کیفیت روغن بذر
۲۸	..... ۵-۷-۲- تجزیه و تحلیل آماری
۲۹	..... فصل سوم: نتایج و بحث
۳۰	..... ۱-۳- نتایج
۳۰	..... ۳-۱-۱- طول دوره سبز شدن بذر

- ۳-۱-۲- طول دوره گلدهی ۳۰
- ۳-۱-۳- طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک گیاه ۳۱
- ۳-۱-۴- رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید) برگ ۳۲
- ۳-۱-۵- محتوای نسبی آب برگ ۳۳
- ۳-۱-۶- محتوای پرولین آزاد برگ ۳۴
- ۳-۱-۷- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۵
- ارتفاع بوته ۳۵
- وزن گل ۳۵
- تعداد طبق در بوته ۳۶
- تعداد دانه در بوته ۳۶
- تعداد دانه در طبق ۳۶
- وزن هزار دانه ۳۷
- عملکرد دانه در بوته ۳۷
- عملکرد دانه در هکتار ۳۸
- عملکرد بیولوژیک ۴۰
- شاخص برداشت ۴۰
- ۳-۱-۸- شاخص‌های مقاومت به خشکی ۴۱
- ۳-۱-۹- محتوای روغن بذر ۴۲
- خصوصیات کمی روغن بذر ۴۲
- خصوصیات کیفی روغن بذر ۴۴
- ۳-۲- بحث ۴۵
- ۳-۳- نتیجه‌گیری ۵۰
- ۳-۴- پیشنهادات ۵۱

فهرست جداول

- جدول شماره ۱-۲-۱- مشخصات مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی شاهد ۲۰
- جدول شماره ۲-۲-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی شاهد ۲۰
- جدول ۳-۱- تجزیه واریانس خصوصیات ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی ۵۲
- جدول ۳-۲- مقایسه میانگین برخی خصوصیات گلرنگ در سطوح مختلف تنش خشکی ۵۲
- جدول ۳-۳- مقایسه میانگین‌های برخی خصوصیات ژنوتیپ‌های گلرنگ ۵۳
- جدول ۳-۴- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح خشکی و برخی ویژگی‌های ژنوتیپ‌های گلرنگ ۵۴
- جدول ۳-۵- تجزیه واریانس برخی خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی ۵۵
- جدول ۳-۶- مقایسه میانگین برخی خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیک گلرنگ در سطوح تنش خشکی ۵۵
- جدول ۳-۷- مقایسه میانگین‌های برخی خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ ۵۶
- جدول ۳-۸- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح خشکی و ویژگی‌های عملکردی و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ ۵۷
- جدول ۳-۹- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) برخی ویژگی‌های عملکردی و فیزیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب ۵۸
- جدول ۳-۱۰- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) برخی ویژگی‌های عملکردی و فیزیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب ۵۹
- جدول ۳-۱۱- مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه تحت شرایط تنش ملایم در ژنوتیپ‌های گلرنگ ۶۰
- جدول ۳-۱۲- ضرایب همبستگی میان شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه تحت شرایط تنش ملایم ۶۱
- جدول ۳-۱۳- مقایسه تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گلرنگ با استفاده از شاخص‌های تحمل تحت شرایط تنش شدید ۶۲
- جدول ۳-۱۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح رطوبتی و شاخص‌های تحمل در ژنوتیپ‌های گلرنگ ۶۳
- جدول ۳-۱۵- ضرایب همبستگی میان شاخص‌های مقاومت به خشکی، اجزای عملکرد دانه تحت شرایط تنش شدید ۶۴
- جدول ۳-۱۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه، شاخص برداشت و ویژگی‌های روغن گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی ۶۵
- جدول ۳-۱۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، شاخص برداشت و ویژگی‌های روغن گلرنگ در سطوح تنش خشکی ۶۵

جدول ۳-۱۸- مقایسه میانگین برخی خصوصیات عملکردی دانه و روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ ۶۶

جدول ۳-۱۹- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) میان برخی از ویژگی‌های عملکردی دانه و روغن گلرنگ ۶۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- برخی از تولیدکنندگان گلرنگ در سال ۲۰۱۰ ۵

شکل ۳-۱- اثر پتانسیل‌های رطوبتی بر محتوای رطوبت نسبی برگ در گلرنگ ۳۳

شکل ۳-۲- مقایسه محتوای پرولین برگ ژنوتیپ‌های گلرنگ ۳۴

شکل ۳-۳- اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه گلرنگ در هکتار ۳۸

شکل ۳-۴- عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی ۳۹

شکل ۳-۵- اثر سطوح رطوبتی بر میزان روغن بذر گلرنگ ۴۲

شکل ۳-۶- مقایسه درصد روغن بذر ژنوتیپ‌های گلرنگ ۴۳

شکل ۳-۷- محتوای اسید لینولئیک روغن بذر تحت تاثیر تنش خشکی ۴۴

چکیده:

کشت گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) به عنوان یک گیاه با اهمیت (دانه روغنی، دارویی، علوفه‌ای) و سازگار با شرایط اقلیمی کشور می‌تواند از نظر بهره‌وری منابع آب و اقتصاد تولید موثر باشد. در این آزمایش، ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد همچنین بررسی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در شرایط تنش خشکی به صورت طرح اسپیلت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. در این طرح تنش خشکی به صورت پتانسیل‌های رطوبتی خاک (۰/۵، -۳/۵، -۶/۵- اتمسفر) به عنوان فاکتور اصلی و ژنوتیپ‌های گلرنگ (صفه، گلدشت، Mec12، ۴۱۱، Mec50، Mec141، C۴۴، پدیده، Kw2) به عنوان فاکتور فرعی پس از مرحله گلدهی اعمال گردید. نتایج تجزیه‌های آماری تاثیر معنی‌داری از نظر تنش خشکی بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ (Rwc) و محتوای پرولین همچنین شاخص برداشت و درصد روغن بذر نشان داد. با افزایش تنش خشکی محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، وزن هزار دانه، مقدار پرولین افزایش و محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن بذر کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ گلدشت با میانگین عملکرد ۳۹۳۷/۴۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به Kw2 با میانگین عملکرد ۲۵۸۳/۷۴ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین بهترین ژنوتیپ مقاوم به شرایط خشکی ژنوتیپ Mec141 با میانگین عملکرد ۳۱۹۷/۶۱ کیلوگرم در هکتار بود.

از نظر مقدار روغن بذر ژنوتیپ صفه، با میانگین ۳۱/۷۱۵ درصد دارای بیشترین و ژنوتیپ ۴۱۱، با میانگین ۲۴/۳۱۲ درصد دارای کمترین مقدار روغن بودند. همبستگی میان عملکرد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد روغن همچنین عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار شد که ناشی از اهمیت آنها در افزایش عملکرد می‌باشد. همچنین شاخص‌های مقاومت به خشکی (SSI، STI، TOL، MP، GMP، HARM) محاسبه شد و نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان داد شاخص‌های فوق، همبستگی معنی‌داری با عملکرد در شرایط مطلوب و تنش خشکی دارد. همچنین ژنوتیپ‌های C۴۴، پدیده، Kw2 با توجه به ارزیابی شاخص‌های SSI و TOL می‌توانند مقاوم به تنش خشکی باشند ضمناً میان وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و شاخص‌های مقاومت به خشکی تفاوت معنی‌داری در سطوح رژیم رطوبتی وجود داشت و همبستگی معنی‌داری میان وزن هزاردانه و تعداد دانه در طبق مشاهده شد. همچنین ژنوتیپ گلدشت با توجه به شاخص‌های MP و GMP (معیار گزینش در تنش شدید) به عنوان بهترین ژنوتیپ متحمل انتخاب شد. از نظر درصد روغن بذر ژنوتیپ‌های صفه و Mec12 برتر بودند ضمناً با افزایش تنش خشکی درصد روغن بذر با کاهش معنی‌داری همراه بود همچنین کیفیت روغن تحت تاثیر تنش و با کاهش اسید لینولئیک کاهش یافت.

کلمات کلیدی: گلرنگ، تنش خشکی، رنگیزه، پرولین، محتوای نسبی آب برگ، شاخص مقاومت به خشکی، پروفایل روغن

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- بیان مسئله و ضرورت انجام تحقیق

خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی کشور را با محدودیت روبرو می‌سازد (أبوالحسنی و سعیدی، ۱۳۸۵). استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب و ارقام اصلاح شده‌ای که دارای عملکرد مطلوب و همچنین متحمل به شرایط تنش رطوبتی باشند، امکان استفاده بهتر از منابع آب موجود را میسر نموده و موجب توسعه سطح زیرکشت گیاهان و افزایش بازده تولید می‌گردد (احسان زاده، ۱۳۸۹).

همچنین در حال حاضر از کل منابع آب تجدیدشونده کشور حدود ۸۹/۵ میلیارد مترمکعب جهت مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و خانگی برداشت می‌شود که حدود ۸۳ میلیارد مترمکعب (۹۳٪) به بخش کشاورزی اختصاص دارد ولی متأسفانه بهره‌وری و کارایی استفاده از این منابع بسیار پایین است. باتوجه به وضعیت بحران آب در ایران و مصرف عمده آن در بخش کشاورزی بایستی تجدیدنظر در نوع کشت گیاهان صورت گیرد، همچنین مطالعه و شناخت گیاهان زراعی متحمل به خشکی و مدیریت آب ضروری به نظر می‌رسد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). از سوی دیگر روغن یکی از مهمترین مواد غذایی برای تغذیه انسان بوده و کمیت و کیفیت آن تاثیر چشمگیری بر سلامت انسان دارد.

دانه‌های روغنی پس از غلات مهمترین گروه مواد غذایی هستند که در تامین روغن مورد نیاز نقش بسزایی دارند. از طرفی مصرف سرانه روغن در ایران از ۱۲ لیتر در دهه ۴۰ به بیش از ۱۷/۵ لیتر در دهه ۸۰ رسیده است (امیدی و همکاران، ۱۳۹۰).

افزایش تقاضا برای روغن نباتی در بازارهای جهانی و به دنبال آن افزایش قیمت برای کشورهای تولیدکننده و صادرکننده، فشار ناشی از هزینه خرید روغن و واردات در کشورهای مصرف کننده، روند افزایش مصرف سرانه روغن نباتی و افزایش واردات آن و صرف معادل ۷۵۰ میلیون دلار برای تامین کسری روغن نباتی و

کنجاله دانه‌های روغنی، از جمله عواملی هستند که اهمیت کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های علمی و تحقیقاتی را در این زمینه بیش از پیش روشن می‌سازند (فرنیا، ۱۳۸۹).

۱-۲- خشکی و اهمیت کشت گلرنگ

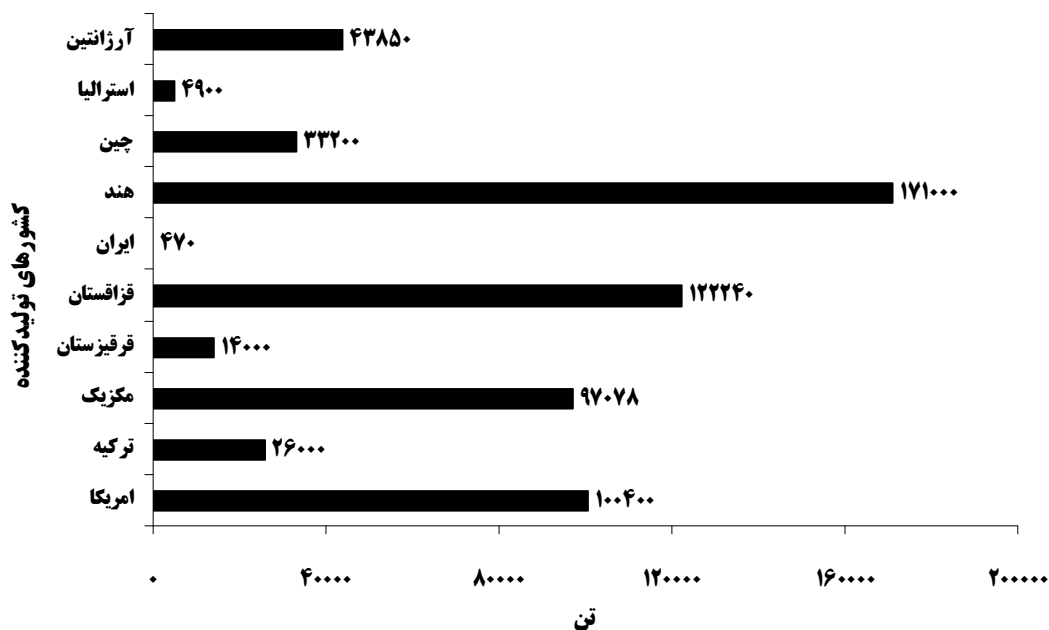
ایران نیز از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد. گسترش کشت و کار گیاهان متحمل به شرایط فوق از نظر آگرو تکنیکی می‌تواند یکی از راه‌کارهای مهم مدیریتی جهت بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی باشد. به‌طور کلی آنچه در انتخاب گیاهان زراعی جهت کشت در یک منطقه اهمیت دارد، سازگاری آنها با عوامل محیطی است.

انتخاب محصولات زراعی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان نظیر کشور ما، به‌دلیل شرایط خاص اقلیمی، کمبود آب و حساسیت خاک‌ها در مقابل فرسایش و تخریب، از اهمیت بیشتری برخوردار است (امیدی، ۱۳۹۰).

گلرنگ، تقریباً در بیشتر جهان کشت می‌شود و سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۰۵ برابر با یک میلیون و سیزده هزار هکتار می‌باشد (فائو^۱، ۲۰۰۶). این گیاه دارای ژنوتیپ‌های بسیار متنوعی است که از نظر خصوصیات چربی و صفات دیگر که با هم تفاوت دارند. در طول سال‌های اخیر ارقام زراعی گلرنگ از نظر خصوصیات مختلف اصلاح شده و ضمن حذف صفات نامطلوب آنها، صفات جدید مطلوبی به آنها اضافه شده است (زینلی، ۱۳۷۸).

گلرنگ، گیاهی یکساله و دارای ریشه‌های عمودی است که می‌تواند تنش‌های محیطی همچون تنش شوری و آبی را تحمل کند (لاولی^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین ریشه اصلی عمیق آن باعث می‌شود رطوبت را از اعماق خاک جذب کند زیرا گیاهانی که طول ریشه اصلی و تعداد ریشه‌های جانبی بیشتری دارند در مقابل خشکی تحمل بالاتری دارند (سینگ و همکاران، ۲۰۰۵) از این رو گلرنگ می‌تواند از مواد غذایی زیر ناحیه ریشه غلات استفاده کند (پورداد، ۱۳۸۵).

از تولیدکنندگان اصلی گلرنگ در دنیا می‌توان به هند، آمریکا، مکزیک، آرژانتین و قزاقستان اشاره نمود (فانو، ۲۰۱۱). پتانسیل عملکرد دانه گلرنگ بیش از ۵ تن در هکتار می‌باشد. عملکردهایی بالاتر از ۲/۵ تن دانه در هکتار مطلوب به شمار می‌روند (خواجه پور، ۱۳۸۶).



شکل ۱-۱- برخی از تولیدکنندگان گلرنگ در سال ۲۰۱۰ (فانو، آگوست ۲۰۱۲)

۱-۳- اثرات تنش خشکی

از میان تنش‌های غیر زنده، خشکی مهم‌ترین عامل بازدارنده و در محصولاتی که به‌طور دائم یا دوره‌ای با آن مواجهند موجب کاهش عملکرد می‌شود (چاندر^۳، ۲۰۰۸). تنش خشکی، سبب کاهش ارتفاع بوته، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، ماده خشک تولیدی، فتوسنتز جاری گیاه، ذخیره مواد غذایی در ساقه و اندام‌های رویشی شده و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه در مرحله رشد زایشی (حساس‌ترین مرحله رشد گیاه) نسبت به کمبود آب می‌شود (کومار^۴، ۲۰۰۰). همچنین این تنش کاهش محتوای نسبی آب برگ را به‌دنبال دارد که در مطالعات محققین نیز گزارش شده است (کوندو^۵ و همکاران، ۱۹۹۷، سانچز^۶ و همکاران، ۱۹۹۸).

فلورسانس کلروفیل به‌عنوان معیاری برای سنجش تاثیر تنش‌های محیطی، از جمله تنش آب برگ‌گونه‌های زراعی و تعیین میزان مقاومت به خشکی آنها پیشنهاد شده است (موفات^۷ و همکاران، ۱۹۹۰) زیرا خشکی باعث شکسته‌شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸) همچنین کلروفیل‌سازی در تنش شدید آب متوقف می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۵).

فتحیان (۱۳۸۷) گزارش نمود تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه گلرنگ مانند محتوای آب نسبی و محتوای کلروفیل برگ همچنین عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه موثر بوده و باعث کاهش آن‌ها می‌شود.

3 -Chandra

4 -Kumar

5 - Kundo

6 -Sanchez

7 -Moffatt

تنش از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه به‌خصوص زمانی که با دمای زیاد نیز همراه باشد، پیری برگ را تسریع و باعث کاهش دوره پرشدن دانه شده، بنابراین وزن دانه کاهش می‌یابد. لذا وزن دانه با سرعت و مدت پر شدن دانه ارتباط دارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

بیشتر گیاهان تنها از یک ساز و کار در مقاومت به تنش از جمله خشکی بهره نمی‌برند بلکه یک گیاه ممکن است چندین راه کار برای سازگاری با تنش داشته باشد (تایز و زایگر^۸، ۲۰۰۶).

یکی از راه کارهای گیاه در زمان وقوع تنش، کاهش سطح و تعداد برگ می‌باشد. برگ به عنوان واحد فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه‌ای دارد، ژنوتیپ‌های با تعداد برگ بیشتر در شرایط تنش توان فتوسنتزی بالایی دارند، اما این موضوع با تعرق بیشتر گیاه در این شرایط در تقابل است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

از دیگر معیارهای سنجش مقاومت به خشکی می‌توان به شاخص‌های تحمل همچون شاخص حساسیت، میانگین بهره‌وری و میانگین هارمونیک اشاره نمود. گل آبادی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند گزینش ژنوتیپ‌های برتر بر اساس دو شاخص SSI^9 و TOL^{10} در مورد ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین، در شرایط عدم تنش رطوبتی، و عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند مناسب باشد.

در آزمایشی که توسط پورداد و همکاران (۲۰۰۸) بر روی گلرنگ انجام شد شاخص STI^{11} مطلوب‌ترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در هر دو شرایط تنش رطوبتی و شرایط نرمال آبیاری پیشنهاد گردید که این موضوع را می‌توان در تحقیقات سایر محققین نیز مشاهده کرد (شیرین‌زاده، گلباشی و همکاران، ۲۰۱۰).

8 - Taiz & Zeeiger

9 - Stress Susceptibility Index

10 - Tolerance Index

11 - Stress Tolerance Index

نکته دیگر قابل ذکر در مورد این شاخص‌ها، این است که شاخص SSI، برای اصلاح گیاهان تحت تنش‌های با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتی که شاخص‌های STI، GMP، MP برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می‌شوند (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین در تحقیقات دیگری نیز این شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل ارقام ذرت به خشکی استفاده شده‌اند (جعفری و همکاران، ۲۰۰۹).

۱-۴- تنش خشکی، پرولین و محتوای نسبی آب برگ

از راه کارهای دیگر مقابله با تنش خشکی تولید مواد سازگار است. هنگامی که گیاه در معرض خشکی قرار می‌گیرد، تجزیه پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش آمینواسیدها و آمیدها تسریع می‌شود. یکی از این آمینواسیدها پرولین است و غلظت آن در برگ، در هر زمان، به مدت زمان تنش، پتانسیل آب برگ و میزان انتقال آن به قسمت‌های دیگر گیاه وابسته است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی و در بسیاری از شرایط استرس از قبیل خشکی، شوری، درجه حرارت و شدت نورهای بالا تجمع می‌یابد (کلاوسن^{۱۲}، ۲۰۰۵). لذا تجمع پرولین در برگ و برخی بافت‌های دیگر در کوتاه‌مدت سبب بقای گیاه می‌شود ولی در درازمدت برای گیاه ممکن است اثرات منفی داشته باشد زیرا تسهیم ماده پرورده را بیشتر به سمت ساخت تا تجمع در دانه آن پیش می‌برد (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (متیونی^{۱۳}، ۱۹۹۷ و شارپ^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۹).

12-Claussen
13 -Mattioni
14 -Sharpe

بیمار^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تجمع پرولین تحت شرایط تنش توانایی گیاه را برای رشد و بقا فراهم می‌کند. همچنین ممنوعی و سید شریفی (۱۳۸۹) در تحقیقی بر ژنوتیپ‌های جو گزارش کردند که به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک بین ژنوتیپ‌های جو، در شرایط تنش رطوبتی میزان عملکرد دانه، محتوای پرولین و محتوای نسبی آب برگ متفاوت می‌باشند.

محتوای نسبی آب برگ با پتانسیل آب گیاه دارای ارتباط نزدیکی است (ابر^{۱۶}، ۲۰۰۵ و انیل^{۱۷}، ۲۰۰۶) و گیاهی که با توجه به خصوصیات ژنتیکی خود قادر به جذب آب بیشتر یا دارای کارایی بالاتری در جذب آب باشد، به نحو مطلوب‌تری می‌تواند در برابر تنش خشکی مقاومت نماید (تایز و زایگر، ۲۰۰۶).

۱-۵- تنش خشکی و عملکرد و اجزای عملکرد

تنش خشکی در مرحله تکمه‌زنی و گلدهی بیشترین تاثیر را در عملکرد دانه نسبت به مرحله پر شدن دارد (امیدی، ۱۳۸۸). نتایج مطالعات پژوهشگران دیگر (توکلی، ۱۳۸۱) نیز نشان داده است که عدم آبیاری گلرنگ در مرحله گلدهی و قبل از آن باعث کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک تر باشد، اثر بیشتری بر تعداد دانه خواهد گذاشت. اعمال تنش خشکی پس از پایان مرحله گلدهی و گرده‌افشانی تاثیر اندکی بر کاهش تعداد دانه داشته و بیشتر باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود (رستمی، ۱۳۸۳).

لاولی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که شاخص برداشت گلرنگ در رژیم‌های مختلف رطوبتی تغییر قابل توجهی نیافت تنها در تنش شدید خشکی با کاهش عملکرد دانه همراه بود. درحالی که پاسبان (۱۳۹۰) در

15-Beemarao

16 -ober

17 -oniell