





دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

ارزیابی تحمل خشکی برخی ژنوتیپ های نخود

حمیدرضا شجاعی

اساتید راهنما:

دکتر منوچهر قلی پور
دکتر سیدحسین صباغ پور

اساتید مشاور:

دکتر مهدی برادران
دکتر حسن مکاریان

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۱

تقدیم به شاعرزبانم:

که به خواست خدا شناخت ناشناخته‌ها را با کرفتن دست‌انجم در نهایت ناتوانی و هدایت‌م بسوی خالق هستی سبب شدید؛
پاکی و عشقتان را در وجودم نهادید تا امانت دار دوستی با طبیعت باشم و گام‌هایم را با صلابت تیر بردارم؛ با مهربانی و
صبر مشوقم هستید و سختی‌های زندگی را با لبخند تحمل می‌نمایید.

لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق

از زحمات اساتید بزرگوارم آقای دکتر منوچهر قلی پور ، آقای دکتر سید حسین صباغ پور ،
آقای دکتر مهدی برادران و آقای دکتر حسن مکاریان به واسطه راهنمایی های عالمانه و دلسوزانه
تشکر و قدردانی می نمایم.

محبت های همکاران در مرکز آموزش جهادکشاورزی استان همدان و هم کلاسی هایم مشوق راه
من بود و از خداوند متعال موفقیت و سربلندی همه شما عزیزان را مسئلت دارم.

تعهد نامه

اینجانب حمید رضا شجاعی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آگرو اکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی تحمل خشکی برخی ژنوتیپ های نخود تحت راهنمایی آقای دکتر منوچهر قلی پور، آقای دکتر سید حسین صباغ پور و مشاوره آقای دکتر مهدی برادران و آقای دکتر حسن مکاریان متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام ((دانشگاه صنعتی شاهرود)) و یا ((Shahrood University of Technology)) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام پایان نامه ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

۹۵ درصد سطح زیر کشت نخود کشور بصورت دیم می باشد و تنش خشکی مهم ترین عامل کاهش عملکرد در واحد سطح مزارع نخود می باشد. به منظور ارزیابی تحمل برخی از ژنوتیپ ها به تنش خشکی آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آموزشی - پژوهشی مرکز آموزش جهادکشاورزی استان همدان سال ۱۳۸۹ اجرا شد. فاکتور A شامل یازده ژنوتیپ نخود زراعی و فاکتور B شامل دو رژیم رطوبتی (بدون تنش و تنش خشکی) بود. نتایج این تحقیق بیانگر اثر بسیار معنی دار فاکتورها و تاثیر متقابل آنها بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن یک صد دانه و عملکرد بود. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که ژنوتیپ ها اختلاف بسیار معنی داری از نظر صفات ارتفاع اولین غلاف بوته از سطح زمین و تعداد دانه در غلاف داشتند و اثر رژیم رطوبتی در این دو صفت بسیار معنی دار بود. اثرات متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر روی ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین و تعداد دانه در غلاف معنی دار نبود. بر مبنای عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_p) و تنش (Y_s)، شاخص های کمی تحمل به خشکی از قبیل میانگین بهره وری (MP)، تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، نرخ کاهش عملکرد (YR)، پایداری عملکرد (YSI) و عملکرد (YI) محاسبه شدند. در ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی، شاخص میانگین بهره وری (MP)، بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد در شرایط تنش و عملکرد در محیط بدون تنش نشان داد. ژنوتیپ پیروز بعنوان رقم متحمل به تنش خشکی شناخته شد.

کلید واژه: تنش خشکی، نخود، شاخص های تحمل، تنش، بای پلات

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه:

شجاعی ح ر، قلی پور م، صباغ پور س ح، برادران م و مکاریان ح (۱۳۹۱). "بررسی مقاومت به خشکی در ژنوتیپ های نخود (*Cicer aritinum* L.)". اولین همایش ملی تنش های گیاهی (غیر زیستی). اصفهان. ۱۰-۱۱ آبان ماه.

فهرست مطالب:

صفحه

فصل اول

۱- مقدمه ۲

فصل دوم

۲- بررسی منابع ۶

۱-۲- اهمیت ۶

۲-۲- گیاهشناسی ۷

۱-۲-۲- مرفولوژی گیاه ۸

۳-۲- تنش خشکی ۹

۱-۳-۲- اثرات تنش خشکی ۱۱

۲-۳-۲- کارایی مصرف آب ۱۴

۴-۲- مکانیسم های مقاومت به خشکی ۱۵

۱-۴-۲- فرار از خشکی ۱۶

۲-۴-۲- اجتناب از پسابدگی ۱۷

۳-۴-۲- تحمل پسابدگی ۱۸

۱-۳-۴-۲- آب کشیدگی ۱۹

۲-۳-۴-۲- تنظیم اسمزی ۲۱

۵-۲- اجزای عملکرد نخود ۲۷

۶-۲- شاخص های تحمل خشکی ۲۸

فصل سوم

۳- مواد و روش ها ۳۴

۱-۳- محل اجرای طرح ۳۴

۳۵	۲-۳- تیمارهای آزمایش
۳۶	۳-۳- آشنایی با خصوصیات برخی ارقام مورد آزمایش
۳۶	۱-۳-۳- رقم آرمان
۳۶	۲-۳-۳- رقم آزاد
۳۷	۳-۳-۳- رقم هاشم
۳۷	۴-۳-۳- ILC 482 لاین
۳۷	۵-۳-۳- رقم پیروز
۳۷	۶-۳-۳- رقم بیونج
۳۸	۴-۳- عملیات زراعی
۳۹	۵-۳- تجزیه های آماری
فصل چهارم	
۴۱	۴- نتایج و بحث
۴۱	۱-۴- وزن اندام ها، ارتفاع گیاه و سطح برگ
۴۱	۱-۱-۴- ارتفاع بوته
۴۴	۲-۱-۴- وزن خشک ساقه
۵۲	۳-۱-۴- وزن خشک برگ
۵۴	۴-۱-۴- وزن خشک کل قسمت های هوایی
۵۶	۵-۱-۴- شاخص سطح برگ
۶۰	۲-۴- عملکرد و اجزای آن
۶۰	۱-۲-۴- ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک
۶۲	۲-۲-۴- تعداد شاخه
۶۴	۳-۲-۴- تعداد غلاف در بوته

۶۵	..... ۴-۲-۴- تعداد دانه در بوته
۶۷	..... ۴-۲-۵- تعداد دانه در غلاف
۶۸	..... ۴-۲-۶- وزن یکصد دانه
۷۰	..... ۴-۲-۷- عملکرد
۷۴	..... ۴-۳- ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی
۹۴	..... ۴-۴- نتیجه گیری
۹۴	..... ۴-۵- پیشنهادات
۹۷	..... پیوست ها
۱۰۱	..... فهرست منابع:
۱۲۵	..... Abstract

فهرست مطالب، اشکال، نمودارها، جداول و علائم

<u>صفحه</u>	<u>عنوان شکل ها:</u>
۳۵	شکل ۳-۱- منحنی آمبروترمیک محل اجرای آزمایش.....
۳۵	شکل ۳-۲- گلباد محل اجرای آزمایش.....
۳۹	شکل ۳-۳- نقشه انتصاب تصادفی فاکتورها به واحدهای آزمایشی.....
۴۲	شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر ارتفاع بوته.....
۴۳	شکل ۴-۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر ارتفاع بوته.....
۴۳	شکل ۴-۳- روند تغییرات میانگین ارتفاع ژنوتیپ ها در محیط واجد تنش و بدون تنش.....
۴۴	شکل ۴-۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن خشک ساقه.....
۴۵	شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک ساقه.....
۴۵	شکل ۴-۶- روند تغییرات میانگین وزن خشک ساقه ژنوتیپ ها در محیط واجد تنش و بدون تنش.....

- شکل ۴-۷- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم آرمان. ۴۶
- شکل ۴-۸- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل لاین ILC 482. ۴۷
- شکل ۴-۹- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم پیروز. ۴۷
- شکل ۴-۱۰- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم آزاد. ۴۸
- شکل ۴-۱۱- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم بیونیچ. ۴۸
- شکل ۴-۱۲- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم هاشم. ۴۹
- شکل ۴-۱۳- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ Flip 84-42. ۴۹
- شکل ۴-۱۴- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ X 95 th 5 k 10. ۵۰
- شکل ۴-۱۵- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ Sel 95 th 11716. ۵۰
- شکل ۴-۱۶- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ Sel 96 th 11439. ۵۱
- شکل ۴-۱۷- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ S 96:32. ۵۱
- شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن خشک برگ. ۵۲
- شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک برگ. ۵۳
- شکل ۴-۲۰- روند تغییرات میانگین وزن خشک برگ ژنوتیپ ها در محیط واجد تنش و بدون تنش. ۵۳
- شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن خشک کل بوته. ۵۴
- شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک کل بوته. ۵۵
- شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر شاخص سطح برگ. ۵۷
- شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر شاخص سطح برگ. ۵۷
- شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک. ۶۲
- شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد شاخه. ۶۳
- شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر تعداد شاخه. ۶۳

- شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد غلاف در بوته. ۶۴
- شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر تعداد غلاف در بوته. ۶۵
- شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد دانه در بوته. ۶۶
- شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر تعداد دانه در بوته. ۶۶
- شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد دانه در غلاف. ۶۷
- شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن یکصد دانه. ۶۸
- شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن یکصد دانه. ۶۹
- شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر عملکرد. ۷۰
- شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر عملکرد. ۷۱
- شکل ۴-۳۷- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و MP ۷۷
- شکل ۴-۳۸- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و TOL ۷۸
- شکل ۴-۳۹- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و GMP ۸۰
- شکل ۴-۴۰- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و STI ۸۱
- شکل ۴-۴۱- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و YI ۸۲
- شکل ۴-۴۲- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و YSI ۸۳
- شکل ۴-۴۳- پراکنش ژنوتیپ بر اساس Y_p ، Y_s و SSI ۸۴
- شکل ۴-۴۴- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و YR ۸۵
- شکل ۴-۴۵- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و $HARM$ ۸۶
- شکل ۴-۴۶- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Y_p و MP ۸۷
- شکل ۴-۴۷- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Y_s ، GMP ، MP ، STI ، $HARM$ و YI ۸۸
- شکل ۴-۴۸- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Y_p ، Y_s و MP ۸۹

شکل ۴-۴۹- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Yp, Ys, GMP, MP.

STI, HARM, YI ۹۰

شکل ۴-۵۰- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ ها بر اساس Yp, Ys, GMP, MP, STI.

Ward به کمک روش ۹۲

شکل ۴-۵۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ ها بر اساس Yp, Ys و MP به کمک روش

Ward ۹۳

عنوان جدول ها:

صفحه

جدول ۴-۱: تجزیه واریانس ژنوتیپ و رژیم رطوبتی بر صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی ۴۱

جدول ۴-۲: آنالیز واریانس ژنوتیپ و رژیم رطوبتی بر صفات عملکردی ۶۱

جدول ۴-۳: ارزیابی ژنوتیپ های مورد آزمایش بر اساس شاخص های تحمل ۷۵

جدول ۴-۴: شماره های اختصاص یافته به ژنوتیپ ها ۷۶

فصل اول

مقدمه

دانه خشک ۲۰ گونه از بقولات، به میزان قابل توجهی جهت تغذیه انسان بکار می رود. بیشترین مقدار مصرف مربوط به لوبیا در کشورهای آفریقایی و آمریکای لاتین، نخود فرنگی در آسیا، نخود در هندوستان و عدس در خاورمیانه می باشد (کاستا و همکاران، ۲۰۰۶). قرار گرفتن حبوبات در تناوب زراعی می تواند در هر فصل زراعی حداکثر ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار تثبیت نیتروژن انجام دهد (کومار و ابو، ۲۰۰۱). حبوبات به دلیل شکستن سیکل بیماری ها، اصلاح فیزیکی خاک (مجنون حسینی، ۱۳۸۷)، حفظ پایداری خاک به علت نیاز کمتر به شخم (باقی و همکاران، ۱۳۸۸)، حرکت ریشه به سمت منابع فسفر دور از دسترس خاک (هوشیکوا، ۱۹۹۱) از اهمیت خاصی برخوردار هستند (ناتمن، ۱۹۸۷).

از ۱۱/۹۸ میلیون هکتار سطح زیر کشت جهانی نخود ۱۰/۶۵ میلیون هکتار مربوط به آسیا می باشد. ایران با ۴۸ میلیون هکتار زمین های کشاورزی ۵۰۸ هزار هکتار اراضی زیر کشت نخود را به خود اختصاص داده است (فائو، ۲۰۱۰). نخود در بین سایر حبوبات از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید در درجه اول قرار دارد و ۶۴ درصد سطح زیر کشت حبوبات ایران را شامل میشود. ایران بعد از هند، پاکستان و ترکیه چهارمین کشور تولیدکننده نخود در جهان است (صبغ پور، ۱۳۸۵). ۹۵ درصد تولید نخود بصورت دیم می باشد. میانگین عملکرد جهانی آن ۹۰۹/۵ کیلوگرم در هکتار است. چین با متوسط ۲۸۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و ایران بعد از عراق با ۴۷۱/۷ کیلوگرم در هکتار کمترین تولید در واحد سطح را دارا می باشند. مهمترین عوامل پایین بودن عملکرد نخود در ایران شامل پتانسیل پایین عملکرد ارقام، حساسیت به بیماری برق زدگی، کشت بهاره (خسارت بیشتر تنش خشکی آخر فصل) می باشد (صبغ پور، ۱۳۸۵). موهل باور و تولو (۱۹۹۷) حداکثر عملکرد نخود را تا ۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نموده اند. عملکرد نخود تیپ دسی و کابلی دانه ریز حدود ۲۰ درصد بیشتر از نخود کابلی دانه درشت بدست آمد. بدلیل تنش های محیطی متوسط عملکرد واقعی نخود ۷۲۰ کیلوگرم است که با عملکرد بالقوه (۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) فاصله زیادی دارد (صبغ پور،

۱۳۸۵). متوسط افت عملکرد بدلیل خشکی در جهان سالیانه حدود ۱۷ درصد است که تا بیش از ۷۰ درصد نیز گزارش شده است (ادمیدس، ۱۹۹۳). کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی در مناطق نیمه گرمسیر، غرب آسیا و شمال آفریقا (وانا) از ۳۵ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (ایکریست، ۱۹۹۶). خسارت تنش های خشکی، شوری و گرما در سطح جهان بین گیاهان زراعی گسترده تر از سایر تنش ها می باشد. اصلاح نباتات جهت مقابله با تنش های زیستی (آفات و بیماری ها) کارهای زیادی انجام داده است. ولی در خصوص تنش های غیر زیستی (خشکی، سرما و گرما) بدلیل عدم وجود استراتژی و روش های آزمایشی مناسب انتخاب مکانیسم تحمل به خشکی، فقدان ژنوتیپ مناسب که در مراحل مختلف رشد به تنش محیطی عکس العمل نشان دهند موفقیت کمتری داشته است.

کشاورزی پایدار در ارتباط نزدیک با استفاده بهینه از منابع آبی هست. در حال حاضر کمبود آب از دغدغه های مهم کشورهای جهان می باشد. تغییرات اقلیمی با افزایش دما و کاهش نزولات جوی بویژه در عرض های میانی کره زمین، آب قابل دسترس را محدود می کند (سنویراتن و همکاران، ۲۰۰۶). قریب به ۸۰ درصد اراضی زراعی جهان قابل آبیاری نیست و عملکرد پایین و غیر اقتصادی محصولات کشاورزی آن بر معیشت ۴۳ درصد جمعیت جهان تاثیر منفی دارد (فائو، ۲۰۰۳). خشکسالی آثار بلند مدتی روی مهاجرت نیروی انسانی، اقتصاد به خصوص در جوامع فقیر و محیط زیست می گذارد که کمتر مورد توجه واقع می گردد (فائو، ۱۹۹۲).

مناطق خشک و نیمه خشک جهان تقریباً ۴۴/۷ میلیون کیلومتر مربع وسعت دارند (مندهام و همکاران، ۱۹۸۴). ۱۷/۴ میلیون کیلومتر مربع آن مناطق نیمه خشک است (پایلور و گرینول، ۱۹۷۹). کمبود آب مشخصه اصلی این مناطق و خشکی مهمترین عامل تنش در گیاهان منطقه است (اسلان و همکاران، ۱۹۹۰). این مناطق دارای بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی متر و تبخیر بیش از ۱۰۰۰ میلی متر می باشند. عملکرد گیاهان زراعی تحت تاثیر ژنتیک گیاه، شرایط محیط رشد و برهم کنش اثرات آنها قرار دارد. همه تنش های زنده و غیر زنده باعث کاهش محصول میشوند (ابرهارت و راسل، ۱۹۶۶). اما تنش خشکی عامل مهم کاهش تولید در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد (دباک و

عبداله، ۲۰۰۴). تولید محصول بدون آبیاری در مناطق خشک مقدر نیست ولی در مناطق نیمه خشک بدلیل مقدار و توزیع بارندگی می توان به کمک مدیریت مزرعه عملکرد در واحد سطح را برای تولید محصول افزایش داد. آبیاری جهت افزایش عملکرد در مناطق تحت تنش خشکی بدلیل محدودیت آن و احتمال افزایش شوری عملا مشکل است (سیمپسون، ۱۹۸۱). کشور ما در عرض های میانی و مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد. تولیدات گیاهی در این مناطق به علت کمبود بارش و توزیع نامناسب آن به آبیاری نیازمند است و کمبود منابع آب قابل استفاده تولید محصول را بویژه در تابستان محدود می کند (سپاس خواه و خواجه عبدالهی، ۲۰۰۵). مصرف فزاینده این منابع آبی و رشد و توسعه بهره برداری ها، محدودیت ها را افزایش می دهد (ایوانز، ۲۰۰۹). طبق گزارش صندوق جمعیت سازمان ملل متحد طی ۷۰ سال اخیر جمعیت جهان ۳ برابر و مصرف آب ۶ برابر شده است. با عنایت به این که فقط ۱ درصد از کل منابع آبی در دسترس می باشند مدیریت مصرف بهینه آب لازم الاجرا است. در حال حاضر حدود ۹۴ درصد منابع آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می گردد. با افزایش ۱۰ درصدی کارایی مصرف آب تقریبا ۸ میلیارد متر مکعب آب در بخش کشاورزی صرفه جویی می شود. هر ساله ۱۳ تا ۳۵ درصد محصولات کشاورزی به صورت ضایعات از بین می روند که معادل ۱۳ تا ۳۵ میلیارد متر مکعب از منابع آبی کشور می باشند. عدم مدیریت یکپارچه بر منابع آبی مهمترین مشکل در مدیریت منابع آبی کشور است (رجب پور اشکیلی و همکاران، ۱۳۸۸). از طرفی با توجه به این که ارقام اصلاحی با ارقام محلی که سازگاری خوبی به منطقه دارند نمی توانند رقابت کنند ارزیابی ارقام و لاین ها در شرایط خشکی مشکل می باشد (ویت، ۱۹۸۸). معمولا پتانسیل عملکرد ارقام محلی پایین تر از ارقام اصلاحی است (فیشر و مورر، ۱۹۷۸). شناخت رابطه بین کمبود آب، رشد، عملکرد و ارزیابی مقاومت به خشکی ژنوتیپ های مختلف گیاه نخود برای توسعه زراعت آن در مناطق خشک و نیمه خشک ضروری است. در همین راستا، این تحقیق به منظور ارزیابی تحمل به خشکی برخی ژنوتیپ های نخود در شرایط دیم همدان انجام گیرد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲- بررسی منابع

۲-۱- اهمیت

لگوم (Legume) کلمه ای لاتین به معنی بذرهای تشکیل شده درون غلاف یا نیام می باشد. لگوم خوراکی به غلاف های نارس حبوبات، بذرهای خشک و خوراکی گیاهان خانواده لگومینوز اطلاق می گردد (سامرفیلد و همکاران، ۱۹۸۰). به طور متوسط دانه حبوبات دارای ۳۲-۱۸٪ پروتئین می باشند که ۲-۳ برابر پروتئین غلات و ۲۰-۱۰ برابر پروتئین گیاهان غده ای است. حبوبات مقادیر کمی ویتامین های کاروتئین، ریوفلاوین (پیش ماده ویتامین آ)، اسید اسکوربیک (ویتامین ث)، نیاسین و تیامین دارند. از نظر عناصر معدنی آهن و کلسیم نیز غنی می باشند. تثبیت نیتروژن اتمسفر در همزیستی با ریزوبیوم (لوپز-بلیدو و همکاران، ۱۹۹۷) و برقراری تعادل عناصر معدنی خاک در کشاورزی زیستی (پاتل و همکاران، ۲۰۰۶)، شخم بیولوژیکی خاک به کمک سیستم ریشه ای عمیق و توانایی دسترسی به منابع رطوبتی اعماق، بعنوان کود سبز در بهبود فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله نقش های حبوبات می باشد. سطح زیر کشت حبوبات حدود ۶۹/۳ میلیون هکتار با تولید ۳/۴ میلیون تن گزارش شده است. در این گزارش سطح زیر کشت نخود ۱۱/۹۸ میلیون هکتار با تولید حدود ۱۰/۸۹۳ میلیون تن و متوسط عملکرد ۹۰۹/۵ کیلوگرم در هکتار بیان شده است (فائو، ۲۰۱۰). در ایران سطح زیر کشت حبوبات ۸۶۸۷۵۶ هکتار معادل ۶/۹۹ درصد اراضی زیر کشت است که ۸۵/۴۱ درصد آن دیم و ۱۴/۵۹ درصد آبی می باشد. نخود با ۶۴/۴۸ درصد، عدس با ۲۱/۸۳ درصد و لوبیا با ۱۰/۸۱ درصد بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده اند. استان کرمانشاه با ۱۵/۹۵ درصد بیشترین و استان بوشهر با کمتر از ۰/۰۱ درصد کمترین سطح زیر کشت حبوبات را دارا می باشند. تولید حبوبات ایران معادل ۵۰۸ هزار تن است که ۴۴/۱۷ درصد آن مربوط به اراضی آبی و ۵۵/۸۳ درصد آن حاصل اراضی دیم است. نخود با ۴۱/۱۵ درصد و لوبیا با ۳۵/۷۲ درصد به ترتیب در رتبه اول و دوم تولید حبوبات کشور قرار دارند. متوسط عملکرد نخود کشور در کشت آبی ۱۱۱۱/۴۸ کیلوگرم و در کشت دیم ۳۵۶/۸۸ کیلوگرم در هکتار است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۹). بدلیل محدودیت آب و

میزان کم بارندگی ۴۹/۷۸ درصد سطح زیر کشت محصولات زراعی کشور در شرایط دیم است (صباغ پور، ۱۳۸۲). ایران چهارمین رتبه را از نظر سطح زیر کشت نخود در جهان بعد از هند، پاکستان و ترکیه دارا است (صباغ پور و همکاران، ۲۰۰۳a؛ ۲۰۰۴). ۹۵٪ سطح زیر کشت نخود در شرایط دیم است. نخود در بین سایر حبوبات از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید دارای رتبه اول است (صباغ پور، ۱۳۸۵). وجود نخود و عدس در ۷۰۰۰-۶۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح تایید شده است. نخود از گیاهان مهم فصل خشک مناطق نیمه حاره شبه قاره هند و یکی از سه لگوم مهم غرب آسیا و شمال آفریقا است. این گیاه بومی آسیای غربی و احتمالاً از این منطقه به اروپا و هندوستان انتشار یافته است (موهل باور و تولو، ۱۹۹۷).

۲-۲- گیاهشناسی

نخود زراعی یا معمولی با نام های محلی Chickpea (انگلیسی)، Chana, Bangal gram (هندی)، Kichererbse (ایتالیایی)، Cece (فرانسوی)، Pois chiche، Gram، (اسپانیایی)، Garbanzo، Fieldpea (آلمانی)، Hamaz (عربی)، Nohud و lablabi (ترکیه ای) و نام علمی *Cicer arietinum* L. متعلق به تیره Fabaceae و زیر رده Papilionaceae پروانه آساها می باشد (موهل باور و تولو، ۱۹۹۷). گیاهی دیپلوئید با $2n = 2x = 16$ کروموزوم است. گیاهی روز بلند و رشد نامحدود است. گیاهی یکساله، زمستانه و مدیترانه ای می باشد. اغلب در جنوب آسیا در فصل زمستان بصورت دیم و در شرایط آب و هوای مدیترانه ای (وانا) در بهار پس از بارندگی زمستانه کشت میشود (جودها و سوبا، ۱۹۸۷). نخود در اواخر اکتبر یا اوایل نوامبر (اواخر مهر و اوایل آبان) در شبه جزیره هند کشت میشود. در ایران بطور سنتی در اواخر اسفند یا اوایل فروردین کشت آن صورت می گیرد. برای کاهش خسارت بیماری برق زدگی، کشت بهاره آن رواج دارد (ابو و همکاران، ۲۰۰۲). در کشت انتظاری، بذر کاری در اواخر پاییز و اوایل زمستان با رعایت مواردی مثل انجام شخم کلوخه ای و کلشی جهت حفظ برف روی زمین، مصرف کودهای فسفره (برای مقاومت بیشتر به سرما)، کشت متراکم، بذر مقاوم به سرما، ضدعفونی شده و کنترل علف های هرز، آفات و بیماریها، صورت می گیرد. آبیاری تکمیلی نخود بهتر است

۴۵ روز پس از کاشت و در مرحله پر شدن غلاف ها انجام شود. کاشت زود هنگام، کارایی مصرف آب را افزایش می دهد. کارایی مصرف آب در کشت پاییزه نسبت به کشت بهاره بیشتر است (سارکار و همکاران، ۲۰۰۷). رقابت علف های هرز ۳۰-۴۵ روز پس از کاشت و در مراحل بعدی بدلیل عدم توان پوشش کافی نخود، افزایش می یابد. ازدیاد عملکرد پاییزه نخود به میزان ۴۰-۷۰ درصد بدلیل استقرار زودتر و مناسب گیاه در بهار، استفاده بهتر از نزولات جوی، فرار از تنش خشکی و گرمای آخر فصل صورت می گیرد. کشت نخود در ۸ مهر نسبت به ۲۲ فروردین حدود ۳۴ درصد افزایش عملکرد را نشان می دهد (چنسی و میلر، ۲۰۰۳).

۲-۱-۲- مرفولوژی گیاه

نخود بر اساس اندازه بذر به دو گروه ماکروکارپا و میکروکارپا و بر اساس رنگ و شکل، به دو تیپ دسی و کابلی تقسیم میشود. تیپ کابلی با خصوصیات بذور درشت، رنگ بذر روشن، پوسته بذر نازک، تعداد شاخه اولیه و مقاومت بیشتر به سرما نسبت به تیپ دسی، فرم بوته ایستاده، جام گل عمدتاً به رنگ سفید و گاهی آبی یا صورتی، ۲۸٪ تشکیل غلاف در بوته که از گره پنجم و بالاتر می باشد از تیپ دیگر متمایز می گردد. این تیپ بیشتر در مناطق معتدله بالای ۳۰ درجه عرض شمالی رشد می کند (سینگ و کومار، ۱۹۹۲) و ۱۵ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. کوروش، البرز، جم، هاشم، آرمان و آزاد نمونه ای از ارقام این تیپ می باشند. تیپ دسی با خصوصیات بذور ریز، رنگ بذر تیره، پوسته بذر ضخیم، تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف بیشتر از تیپ کابلی، مقاومت بیشتر به تنش خشکی و گرما، جام گل به رنگ ارغوانی، ۳۷٪ تشکیل غلاف در بوته که از گره ششم و بالاتر می باشد. در نواحی گرمسیری نیمه خشک و بیشتر در عرض ۲۰-۳۰ درجه شمالی رشد می کنند (سینگ و کومار، ۱۹۹۲). ۸۵ درصد تولید جهانی، که ۷۰ درصد آن در هندوستان تولید میشود مربوط به این تیپ است. بیشتر برای تولید لپه بکار می رود. کشت مهر و آبان بصورت انتظاری در ایران و کشورهای شرقی و اسیوی رواج دارد. ارقام کاکا و پیروز نمونه هایی از این تیپ می باشند.

۲-۳- تنش خشکی

حدود ۴۰ درصد اراضی زراعی جهان در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. کشور ما نیز در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و خشکی، تغییرات شدید مقدار، شدت و پراکنش بارندگی و نوسانات دمای هوا از ویژگی های این مناطق است. معمولا خشکی برنامه ریزی توسعه ای کشور را دچار رکود می نماید و بحران های گسترده سیاسی، اجتماعی و اقتصادی را در سطح منطقه، قاره و حتی دنیا به وجود می آورد. خشکی در سال های اخیر بر منابع آب، کشاورزی، تولیدات دامی، مراتع، مهاجرت دام ها، طغیان علف های هرز، آفات و بیماری های گیاهی، مهاجرت، بهداشت و درمان جوامع تاثیر سوء زیادی داشته است. برنامه اصلاحی حبوبات در شرایط دیم باید در جهت افزایش عملکرد، پایداری آن، اصلاح فیزیکی، شیمیایی خاک و فاکتورهای بیولوژیکی آن باشد. تنش خشکی رایج ترین عامل محدودیت تولیدات گیاهی در جهان می باشد (صباغ پور، ۱۳۸۵). تنش خشکی بعد از بیماری ها در نخود دومین عامل محدودیت تولید عملکرد مناسب بشمار می رود (سینگ و سینگ، ۱۹۸۸). این تنش در بین سایر عوامل تقریبا تا ۵۰ درصد از عملکرد نخود را کاهش می دهد (ساکسنا، ۱۹۸۷). تنش خشکی زمانیکه آب موجود در خاک کاهش می یابد و شرایط جوی به دفع آب از طریق تبخیر و تعرق کمک می کند اتفاق می افتد (چارلیز، ۱۹۹۷). تنش خشکی کمبود آب در گیاه است که بر اثر بیشتر شدن مقدار تعرق از میزان جذب آب صورت می گیرد (بری، ۱۹۹۷). گیاهان در معرض سه نوع تنش خشکی قرار دارند:

- خشکی فصلی^۱ برای تولید اقتصادی گیاه زراعی بارندگی ناکافی است و بصورت دوره ای در حاشیه مناطق نیمه خشک و خشک اتفاق می افتد.
- خشکی موقتی^۲ دوره های تنش موقتی در مراحل نمو گیاه در مناطق نیمه خشک حادث میشود.

^۱ Seasonal Drought

^۲ Transient Drought

- خشکی انتهایی^۳ بیشتر در مناطق مدیترانه ای اتفاق می افتد و از رسیدگی معمول بذر جلوگیری می کند (کاظمی، ۱۳۸۷). این نوع تنش از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود است (صدیق و همکاران، ۲۰۰۰؛ صباغ پور، ۲۰۰۴).

تعاریف مختلفی از خشکی، در منابع علمی ارائه شده است. خشکی زمانی اتفاق می افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در گیاه و کاهش تولید بدلیل تاخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف یا تخریب گیاه استقرار یافته، تضعیف گیاه در برابر حمله آفات و امراض، تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در متابولیسم گیاه میشود (لارسون و استاین، ۱۹۷۱). خشکی یک اصطلاح هواشناسی است که در مدت زمانی مشخص، مقدار بارندگی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه میشود. خشکی بر اثر یک یا چند عامل آب و هوایی کاهنده میزان آب در گیاه، بوجود می آید و شرایط خاک و هوا و یا هر کدام را، جهت عدم دسترسی گیاه به آب کافی تغییر می دهد؛ ادامه این وضع باعث از دست رفتن آب بافت های گیاه و خشکی میشود (لویت، ۱۹۸۰). بعضی وقت ها فیزیولوژیست ها آن را به اثر تنش آبی روی سلول بکار می برند که تنش آبی می تواند در کوتاه مدت هم روی دهد (حکمت شعار، ۱۳۷۲). به عبارت دیگر زمانی که تلفات آب از گیاه بر اثر تعرق، بیشتر از جذب آن شود، در گیاه کمبود آب حادث شده و گیاه دچار تنش خشکی می شود. وقوع خشکی ممکن است بصورت پیوسته که شدت آن دائما زیاد میشود یا در اوایل فصل و یا در اواخر فصل رویش و هم زمان با پر شدن دانه ها باشد (اهدایی، ۱۳۷۲). بر اساس گزارش بیکر (۱۹۹۴) زمانی که نسبت تبخیر و تعرق در گیاه کمتر از یک شود تنش کمبود آب حادث میشود.

از نظر علم کشاورزی خشکی زمانی که نزولات آسمانی، آب آبیاری و آب ذخیره در خاک طی فصل رشد با شرایط آب و هوایی معین، پاسخگوی نیاز گیاه برای حصول عملکرد مناسب نیست اتفاق می افتد. عدم توازن ذخیره آب داخل خاک و نیاز گیاه را خشکی می نامند (توماس، ۱۹۹۷). خشکی عدم وجود آب قابل دسترس از نظر کمیت و توزیع رطوبت در خاک طی دوره رشد و نمو گیاه است

³ Terminal Drought

که باعث محدودیت بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاه میشود (صباغ پور، ۱۳۸۵). زمانی که آب قابل دسترس خاک، آب مورد نیاز گیاه را تامین نکند گیاه با تنش خشکی مواجه میشود و با توجه به شدت و طول دوره کمبود آب می تواند باعث آسیب به گیاه شود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶).

۲-۳-۱- اثرات تنش خشکی

نیلسن (۲۰۰۱) عقیده دارد واکنش های سازگاری در برابر کم آبی به شدت و مدت دوره کم آبی، مرحله تکاملی و پارامترهای مرفولوژیکی / آناتومیکی گیاه بستگی دارد. سلول های تمام جانداران دارای گیرنده ها، فرستنده ها و تنظیم کننده هایی برای محرک ها می باشند. دستگاه های پاسخ سلولی شامل: مواد انتقال دهنده^۴، محلول هایی مثل اکواپورین ها^۵، فعال کننده های رونویسی^۶ یا رونوشت برداری، آنزیم های سنتز کننده محلول های سازگار، تخریب کننده های اکسیژن فعال و پروتئین های محافظ می باشد.

دو مکانیسم موثر جهت زندگی و تجمع در آشیانه های اکولوژیک کم آبی سنتز مولکول های محافظ در مرحله آب کشیدگی برای جلوگیری از صدمه و فعال شدن مکانیسم جبرانی در طی جذب مجدد آب جهت خنثی سازی و جبران صدمات است (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲). پیام دهنده های ویژه کلسیمی (پیام دهنده های ثانویه)، میزان کلسیم، سیگنال های فسفوریلاسیون، کانال های یونی ویژه و ترانسپورترها و نیز تشخیص زمان بسته شدن روزنه ها را تحت اثر القایی اسید آبسزیک (که خود به واسطه کاهش فشار تورگر سلولهای محافظ صورت می گیرد) تنظیم می نمایند (شرودر و همکاران، ۲۰۰۱). واکنش گیاهان به تنش ها، با مدت و شدت تنش، ژنوتیپ، سن، مرحله نمو، اندام و نوع سلول گیاه در معرض تنش، رابطه دارد. اثرات متقابل گیرنده - لیگاند^۷ و پروتئین - DNA و تغییر پروتئین ها از مکانیسم های کنترل تنش است. فسفوریلاسیون مکانیسم موثر و سریع برای تغییرات پس از ترجمه می باشد. سیگنال دهی کلسیم با افزایش موقتی غلظت یون های کلسیم در

⁴ Transporters

⁵ Aquaporins

⁶ Transcriptional activators

⁷ لیگاندها اثرات بیولوژیکی را توسط ترکیب با گیرنده های خاص اعمال می کنند.

واکنش به یک سری از محرک های زنده و غیر زنده در گیاه مشاهده میشود (اوانز و همکاران، ۲۰۰۱). تغییر در سیالیت غشای سلولی باعث تغییر فعالیت کانال های یونی کلسیم و تغییر غلظت یون های کلسیم در سیتوزول (نفوذ از منابع خارجی یا ترشح واکوئلی) میشود. افزایش غلظت یون کلسیم در سیتوزول یکی از واکنش های اولیه به تنش خشکی است (ساندرز و همکاران، ۱۹۹۹). تجمع ساکارز در نتیجه آب کشیدگی با تحمل به خشکی ارتباط دارد. پاسخ گیاهان عالی به تنش خشکی پیچیده است که به اثرات تنش و پاسخ های گیاه در شرایط محیط بر می گردد. پاسخ های گیاهان به خشکی بصورت غیر مستقیم توسط فرآیندهای پاسخ به کمبود آب و فشارهای وابسته به آن (مثل گرمای برگ) در گیاه اتفاق می افتد (بلوم، ۱۹۹۶).

واکنش های گیاه به تنش آب در سطح سلول بصورت کاهش پتانسیل آب یا فعالیت سلولی، افت فشار تورژسانس سلول، تراکم مولکول های کوچک و درشت (حجم سلول در اثر افت تورژسانس کاهش می یابد)، به هم خوردن روابط فضای پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانلی بر اثر تغییرات حجمی و تغییر در ساختمان و شکل ماکرومولکول ها (بر اثر حذف آب هیدراسیون یا از تغییر ساختمان آب پیوندی) مشاهده می گردد.

تنش خشکی سیستم اسیدهای نوکلئیک را که ارتباط نزدیکی با ساخت پروتئین دارند مختل می کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶b). واکوئل ها به سرعت در برخورد با خشکی آب خود را از دست می دهند. آب سیتوپلاسم با ثبات تر از آب واکوئل است و کلروپلاست حداکثر قدرت حفظ آب را دارد (حیدری شریف آباد، ۲۰۰۸). در شرایط تنش کمبود آب، سلول و بافت گیاه آماس کامل ندارد (علیزاده، ۱۳۸۳). کاهش رشد بر اثر کاهش آماس سلولی از عمده ترین آسیب های وارده به گیاه بر اثر کمبود آب است که تا حدودی قابل برگشت می باشد. تقسیم و اندازه سلول به تنش خشکی حساس است. ولی تعداد سلول برگ در گیاهان تحت تنش و غیر تنش مشابه بوده است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶b). انتقال فسفر از برگ های مسن به ساقه و بافت های مریستمی از اولین علائم تنش خشکی است. جذب فسفر بعلاوه از بین رفتن ریشه ها در شرایط تنش خشکی کاهش می یابد (فورده، ۱۹۷۲).

تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب برگ و وزن خشک دانه در ژنوتیپ های لوبیای معمولی میشود (سانتوز و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش فتوسنتز بر اثر افت پتانسیل آب ناشی از کاهش هدایت روزنه ای برگ ها و افت میزان کلروفیل صورت می گیرد. تنش خشکی با ارسال پیام های ویژه ای باعث تبدیل فرم رویشی به زایشی در گیاه میشود که مراحل رشدی گیاه تسریع می گردد (دسکلاکس و همکاران، ۲۰۰۰). طول دوره رشد و تغییر مراحل رشد باعث تغییر اجزاء عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی گیاه میشود (رزالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۴). معمولا در اثر تنش آب مقدار کل ریشه کاهش می یابد ولی نسبت ریشه به شاخه و برگ (در مورد باقلا) افزایش می یابد (سینگ، ۱۹۹۱). تاثیر مهم تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و سبز شدن، کاهش تعداد بوته در واحد سطح است. با افزایش مقدار رطوبت خاک، درصد سبز شدن افزایش یافته و زمان لازم تا رسیدن به حداقل ۵۰ درصد سبز شدن، کاهش می یابد. اهمیت کمبود آب، زمانی بیشتر است که آب کافی برای جوانه زنی وجود داشته باشد ولی رشد جوانه ها و گیاهچه های تازه استقرار یافته با کمبود آب مواجه گردد (فرجی، ۱۳۸۸). تنش رطوبت و کمبود مولیبدن باعث کاهش مقدار تثبیت نیتروژن میشوند (اسواراج، ۱۹۸۷).

خشکی با سه روش عملکرد گیاه را کاهش می دهد: ۱- با کاهش سطح برگ که ناشی از پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری زودرس برگ های گیاه می باشد جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی کاهش می یابد (ایرل و دیویس، ۲۰۰۳). ۲- کارایی مصرف نور به ازای واحد نور جذب شده کاهش می یابد. این کاهش توسط سنجش میزان ماده خشک تجمع یافته به ازای واحد نور جذبی در یک دوره زمانی خاص بدست می آید (استون و همکاران، ۲۰۰۲). ۳- کاهش سریع گاز کربنیک تبادل به ازای واحد نور جذب شده (کرامر، ۱۹۸۳). تنش خشکی در دوره پر شدن دانه کلزا باعث تسریع در پیر شدن برگ ها، کاهش سطح برگ، تولید ماده خشک، وزن دانه و عملکرد شد (بی نام، ۲۰۰۹). عملکرد دانه در نخود ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بر اثر خشکی کاهش می یابد (توکر و کانسی، ۲۰۰۶). در تحقیق سه ساله ای که روی ارقام لوبیا صورت گرفت تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، میزان تجمع بیوماس، سرعت تجمع ماده خشک و

شاخص برداشت شد (پادیلای-رامیرز و همکاران، ۲۰۰۵). فرجی (۱۳۸۸) گزارش نمود کمبود آب در دوره گلدهی کلزا، از طریق کاهش سطح برگ، دوام سطح برگ، تعرق، فتوسنتز و تولید ماده خشک، طول دوره گلدهی، تعداد شاخه های فرعی، تعداد غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش عملکرد محصول میشود. تنش کمبود آب در طی مرحله رویشی ممکن است سبب تحریک و سرعت بخشیدن به رشد زایشی شود (فرجی، ۱۳۸۸). خشکی اغلب با درجه حرارت بالا و کمبود موادغذایی، باعث افت شدید عملکرد گیاه میشود (علیزاده، ۱۳۸۳). تنش خشکی از شرایط محیطی موثر بر تغییر مقدار تثبیت انرژی خورشید در نباتات است (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۳-۲- کارایی مصرف آب

عملکرد اقتصادی گیاه به ازای هر واحد آب مصرفی را کارایی مصرف آب می گویند (علیزاده و کوچکی، ۱۳۷۰) که به صورت زیر محاسبه میشود:

$$WUE = Y / ET \quad (1-2)$$

که در آن WUE کارایی مصرف آب، Y عملکرد اقتصادی، ET تبخیر و تعرق می باشد. کارایی مصرف آب از عوامل مهم در برنامه ریزی آبیاری مزرعه می باشد. این واژه و مقاومت به خشکی در برخی موارد بصورت مترادف بکار می روند درحالیکه در اغلب مواقع با هم ارتباطی ندارند. عملکرد و کارایی مصرف آب می توانند با یکدیگر رابطه مستقیم داشته باشند. به صورتیکه اگر میزان آب مصرف شده برای تبخیر و تعرق نوسان زیادی نداشته باشد. افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب به صورت توام حادث میشود. ولی اگر افزایش عملکرد با افزایش مصرف بیش از حد آب همراه باشد رابطه بین کارایی مصرف آب و عملکرد دانه تغییر کرده و حتی معکوس میشود (نادوراوژن و همکاران، ۱۳۸۴). شیب رابطه خطی بین تولید ماده خشک و تبخیر و تعرق، میزان آب مورد استفاده را نشان می دهد (بویر، ۱۹۹۶). عملکرد بیشتر تحت تاثیر عوامل زراعی، و تبخیر و تعرق تابع عوامل اقلیمی است. کاربرد کودهای شیمیایی با افزایش عملکرد، باعث افزایش کارایی مصرف آب میشوند (اوتگول، ۱۹۹۷). کارایی مصرف آب، تعرق و آب هدر رفته بر اثر تبخیر از سطح خاک را شامل میشود (ایوانس و

وایانس، ۱۹۹۳). تبخیر ۷۵-۴۰ درصد از کل آب از دست رفته را شامل میشود (ریچارد، ۱۹۹۱). در صورت پوشش سطح خاک و وجود رطوبت کافی تبخیر و تعرق به پوشش گیاهی وابسته نیست که عملاً این شرایط در مناطق خشک به ندرت اتفاق می افتد (علیزاده و کوچکی، ۱۳۷۰). در بررسی تنش کم آبی روی لوبیا، کاهش کارایی مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش مشاهده شده است (مانوز-پریا و همکاران، ۲۰۰۵).

در بعضی مواقع نیاز بالای اتمسفری و مکش زیاد اتمسفر و همچنین عدم توانایی گیاه در جذب آب سبب بروز پدیده "حفره سانی" یا ایجاد حباب های هوا در آوندهای چوبی گیاه شده که با بستن آوند ها عمل آن ها در انتقال آب و مواد غذایی مختل میشود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶). در این ارتباط وجود آوندهای باریک می تواند نقش زیادی در افزایش تحمل آوند ها نسبت به پدیده حفره سانی داشته باشد و در نتیجه انتخاب ارقام با قطر آوند چوبی کم می تواند در افزایش تحمل آنها به تنش خشکی مفید باشد. ذکر این نکته ضروری است که کمتر بودن قطر آوند ها با کاهش قابلیت هدایت هیدرولیکی آن ها همراه است و این مساله می تواند تحت شرایط مناسب رطوبتی، از طریق کاهش توانایی انتقال آب و مواد غذایی، باعث کاهش عملکرد شود.

۲-۴- مکانیسم های مقاومت به خشکی

جهت اصلاح گیاه در مقابل خشکی نیاز به اطلاعات کاملی از مجموعه عوامل محیطی کاهنده بارندگی می باشد که این عوامل در هر منطقه، خاص آن منطقه می باشند (گوتو و همکاران، ۱۹۷۹). برخی محققین تنش گرما را برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی بعلاوه کنترل آسانتر آن نسبت به خشکی، بکار می برند. دو روش مقاومت به خشکی، اجتناب از خشکی^۸ و تحمل خشکی^۹ توسط لویت (۱۹۸۰) بیان شده است. تحمل خشکی از نظر متخصصین مختلف موارد زیر را در بر می گیرد:

- بیولوژی سلولی: زنده ماندن سلول به تنهایی یا در موجود تک سلولی بکمک سازگاری تنظیم اسمری.

⁸ Drought Avoidance

⁹ Drought Tolerance

- بیوشیمی: تحمل بازدارندگی ساخت پروتئین و بقای mRNA در شرایط کمبود آب در موجود زنده.

- فیزیولوژی: ادامه رشد تحت شرایط تنش آب.

- زراعت: پایداری عملکرد گیاه در شرایط تنش رطوبت.

همبستگی بین صفات و مرفولوژی نشان می دهد که گیاه بیشتر مکانیسم فرار از خشکی را از طریق سرعت رشد، گلدهی زودتر و زودرسی ترجیح می دهد. در شرایط تنش خشکی شدید این حالت برعکس است. زیرا ممکن است بوته ها زنده باشند ولی بدلیل شدت خشکی نتوانند به مرحله زایشی بروند و عملکردی تولید نمایند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). در این شرایط به عقیده ترنر (۱۹۷۹) اجتناب از خشکی اهمیت پیدا می کند. بدین صورت که گیاه با نگهداری حالت آماس توسط تغییر در سیستم ریشه یا تنظیم سطح برگ می تواند دوره خشکی را تحمل کند. در هر صورت ترکیبی از اجتناب و تحمل نیاز است (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

اصلاح برای خشکی در سویا (بویر، ۱۹۹۲)، گندم (هورد، ۱۹۷۶) از طریق اجتناب و در گندم (بویر، ۱۹۸۲) از طریق تحمل انجام شده است. اصلاح برای خشکی از طریق فرار برای گندم، جو، نخود و عدس که در شرایط رطوبت ذخیره شده رشد می کنند و ارقام زودرس قبل از مواجه شدن با تنش خشکی تولید بذر می کنند ساده است. گیاهان از سه طریق فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل به پسابیدگی به تنش خشکی سازگاری نشان می دهند (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۲-۴-۱- فرار از خشکی

فرار از خشکی^{۱۰}، روشی مناسب جهت اصلاح فنولوژی گیاه در مناطق با فصل رشد کوتاه و تنش خشکی آخر فصل زراعی می باشد (ترنر، ۱۹۸۶). انتخاب واریته های زودرس برای این مناطق مطلوب است. فرار از تنش خشکی با کوتاه کردن یا تنظیم دوره زندگی گیاه یکی از موثرترین روشهای سازگاری گیاه است (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). واکنش شامل حفظ تعادل بین فعالیت های ریشه و

¹⁰ Drought Escape

ساقه می باشد که با ارسال پیام هایی، سرعت گسترش برگ و بسته شدن نسبی روزنه ها کنترل میشود. فرار از خشکی بکمک شناخت ارقام زودرس قابل اجرا است. زودرسی در مناطق مدیترانه بدلیل برخورد با درجه حرارت پایین و یخبندان در هنگام زودگلدهی دارای محدودیت است. زودرسی باعث میشود گیاه قبل از کاهش رطوبت خاک بتواند حداکثر ماده خشک ممکن را تولید کند. ژنوتیپ های زودرس با قابلیت جوانه زنی سریع در بستر بذر نسبتا کم رطوبت، قدرت رشد اولیه زیاد، تیپ بوته گسترده جهت پوشش سریع سطح خاک برای کاهش تبخیر، باعث کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی میشوند. در مناطق سردسیر (فصل رشد کوتاه) و وجود تنش خشکی آخر فصل، استراتژی فرار جهت اصلاح فنولوژی گیاه با اهمیت است (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۲-۴-۲- اجتناب از پسابیدگی

گیاه به کمک ریشه عمیق و توسعه یافته، سطح سایه انداز، تغییر زاویه برگ و حرکت آن، ضخامت کوتیکول، تنظیم سطح برگ، بستن روزنه در ساعات گرم و خشک روز و تنظیم فشار اسمزی از اثرات تنش خشکی تا حد زیادی می تواند در امان باشد. اجتناب از پسابیدگی^{۱۱}، حاصل توانایی گیاه در حفظ آماس بالا در زمان تنش خشکی است که از طریق افزایش پتانسیل آب یا کاهش پتانسیل اسمزی، همراه با تنظیم اسمزی در سلول صورت می گیرد (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). اجتناب از پسابیدگی، به قابلیت گیاه در نگهداری بیلان مناسب آب و آماس خود، حتی در شرایط بروز تنش می گویند که معمولا توسط خصوصیات مرفولوژیکی و آناتومیکی گیاه شناخته میشود. این نیز نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی حاصل از تنش خشکی است (لویت، ۱۹۷۲). بیلان مناسب آب در شرایط خشکی از طریق ذخیره آب با کاهش تبخیر و تعرق در قبل یا آغاز بروز تنش و تسریع در جذب آب برای تامین مجدد آب از دست رفته صورت می گیرد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶a).

¹¹ Dehydration Avoidance

۲-۴-۳- تحمل پسابیدگی

تحمل پسابیدگی^{۱۲} عبارت از توانایی سلول به ادامه سوخت و ساز در شرایط پتانسیل آب کم می باشد. گیاه واجد این مکانیسم با تامین رطوبت قادر است دوباره رشد کند. این مکانیسم روش اساسی حیات گیاهان پست و عالی در حال رکود می باشد. ضخیم شدن دیواره سلولی از سازگاری برگ به شرایط خشک است (کرامر، ۱۹۵۹). افزایش تحمل پسابیدگی در طی دوره خشکی متوسط و ملایم باعث ادامه رشد برگ ها و کاهش پیری شده و می تواند اثرات مثبتی در تولید کشاورزی داشته باشد. ۲۸ تا ۳۰ درصد آب سلول گیاهی برای حفظ فعالیت ساختمان غشاء بکار می رود (بلوم، ۱۹۸۸). املاح سازگار از جمله قندها، اسیدهای آمینه (پرولین)، ترکیبات آمونیوم (گلا یسین بتائین) باعث حفظ غشاء و آنزیم ها از خسارت پسابیدگی میشوند (هسیانو و همکاران، ۱۹۸۴). تحمل پسابیدگی به توانایی سلول جهت نگهداری غشاء خود در شرایط غیر نرمال و جلوگیری از تغییر ماهیت پروتئین آن بستگی دارد. تخریب غیر قابل برگشت دیواره سلولی را سیتورهایز^{۱۳} گویند که بر اثر آن مقدار بحرانی فشار منفی آماس، ایجاد می گردد. مواد محلول مثل قندها، اسیدهای آمینه، ترکیبات آمونیوم و پروتئین های خانواده دهیدرین ها^{۱۴} می توانند باعث حفظ غشاء و آنزیم ها از خسارت پسابیدگی شوند.

افزایش معنی داری در قابلیت نفوذ مواد قطبی و چگالی پروتوپلاسم گیاهان تحت تنش گزارش شده است (راسل، ۱۹۹۶). گیاه در این شرایط با پیچیدن برگ، زرد شدن و ریزش برگ خود را سازگار می نماید (بیلو و همکاران، ۱۹۸۱). مقاومت در برابر آب کشیدگی با تجمع محلول های سازگار که وزن مولکولی پایینی داشته و غیر سمی می باشند صورت می گیرد. موادی مثل بتائین ها (گلا یسین بتائین)، اسیدهای آمینه (بویژه پرولین)، پلی ال ها، قندها (مانیتول، سوربیتول، ساکاروز یا تری هالوز) با افزایش تعداد ذرات در محلول، به نگهداری فشار تورگر در طی آب کشیدگی کمک می کنند و میزان سیالیت غشاء را کنترل می نمایند. پروتئین ها را به حالت هیدراته نگه داشته و باعث پایداری

¹² Dehydration Tolerance

¹³ Cytorrhysis

¹⁴ LEA-D-11

ساختمان آنها میشوند (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). در نهایت قندها جایگزین مولکول آب شده و سیتوزول را اصطلاحاً به حالت "شیشه ای" در می آورند. پروتئین های نوع LEA و قند غیر احیاء، باعث شیشه ای شدن محیط و حفاظت سلول میشوند.

مواد محلول ممکن است بعنوان مولکول های پیام دهنده عمل کنند و سبب فعال شدن مسیرهای حفاظتی شوند یا بعنوان تخریب کننده انواع اکسیژن فعال^{۱۵} عمل نمایند. تحمل آب کشیدگی و خشکی با مقدار بالای الیگوساکاریدها و دی ساکاریدهای غیر احیاء در ارتباط است (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲).

از اهداف مهم اصلاح نخود، افزایش مقاومت به تنش های محیطی می باشد. برای تعیین تحمل به خشکی در نخود برخی محققین، اقدام به اجرای آزمایش های جوانه زنی در رطوبت محدود یا شرایط پتانسیل اسمزی پایین می نمایند (امام جمعه، ۱۳۷۸). در آزمایشی، گوپتا و همکاران (۱۹۹۱) اثرات پلی اتیلن گلیکول (PEG) را در غلظت های مختلف روی جوانه زنی نخود بررسی کرده و روشی موثر برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی معرفی نمودند. دوره هایی که آب خاک در شرایط ایده آل قرار داشته باشد معمولاً کوتاه و نامنظم است و این امر در نهایت منجر به کاهش تراکم گیاه میشود. صفات ریشه، درجه حرارت سایه انداز، وجود حالت مومی و تنظیم اسمزی تکنیک های مناسبی برای دستیابی به ژنوتیپ های متحمل به خشکی است (ترنر، ۱۹۸۱).

۲-۴-۱- آب کشیدگی

آب کشیدگی^{۱۶} واکنش حفاظتی جهت جلوگیری یا جبران خسارات وارده به سلول های گیاهی بر اثر تنش خشکی است و هورمون اسید آبسزیک نقش اساسی را ایفا می کند. آب کشیدگی در گیاه باعث افزایش اسید آبسزیک میشود که این امر سبب القای بیان ژن های چندگانه مسوول محافظت گیاه در برابر اثرات سوء کم آبی میشود. افزایش مقدار اسید آبسزیک نسبتاً به کندی صورت می گیرد

¹⁵ Reactive oxygen species

¹⁶ Dehydration

که نشان می دهد ژن های القا شونده توسط اسید آبسازیک ممکن است با مکانیسم های عامل سازگاری در ارتباط باشد. مسیر بیوسنتزی اسید آبسازیک یک شاخه فرعی از مسیر کارتنوئیدی^{۱۷} بوده و فعالیت بسیاری از آنزیم های مسیر بیوسنتزی اسید آبسازیک، تحت تاثیر وقوع آب کشیدگی قرار می گیرد (سئو و کوشیبا، ۲۰۰۲). اسید آبسازیک باعث بسته شدن روزنه ها و کاهش تلفات آب در جریان تنفس میشود. سنتز سریع اسید آبسازیک در *Arabidopsis thaliana* در اثر آب کشیدگی بعد از ۲ ساعت قابل تشخیص بوده و پس از ۱۰ ساعت به حداکثر خود می رسد (کیوسو و همکاران، ۱۹۹۴). احساس تنش آبی حتی قبل از بروز علائمی مثل پژمردگی یا کاهش معنی دار مقدار نسبی آب، یک ساعت پس از شروع آب کشیدگی در گیاه بیابانی کارتروستیگما *Craterostigma plantagineum* و آرابیدوپسیس قابل تشخیص است (ناکاشیما و همکاران، ۱۹۹۷). از اسید آبسازیک بعنوان هورمون تنش یاد میشود که هماهنگی فعالیت های متابولیکی و نمو گیاه را در شرایط محدودیت های محیطی اعمال شده بعهدده دارد. بسته شدن روزنه ها (شرودر و همکاران، ۲۰۰۱)، تغییر میزان بیان ژن (سکی و همکاران، ۲۰۰۲)، کنترل جوانه زنی بذر (فیلیپس و همکاران، ۲۰۰۲) و رشد رویشی (هیمل باخ و همکاران، ۱۹۹۸) از واکنش های گیاه به مقادیر فراتر از سطح آستانه اسید آبسازیک در مواجهه با تنش ها می باشد. هیستیدین کینازها در پاسخ اولیه به تنش اسمزی دخالت دارند و سبب اتوفسفوریلاسیون یک زنجیره هیستیدین و انتقال فسفات به زنجیره آسپارتیک موجود در مولکول گیرنده میشوند. هیستیدین کیناز در گیاهان، گیرنده^{۱۸} هورمون های اتیلن و سیتوکینین می باشد (اینونه و همکاران، ۲۰۰۱). از پیامدهای تنش آب کشیدگی، افزایش غلظت واسطه های اکسیژن فعال (ROI)^{۱۹} است (میتلر، ۲۰۰۲). که باعث خسارت غیر قابل جبران به غشاءها، پروتئین ها، DNA و RNA میشوند. انباشت ROI توسط سیستم های آنتی اکسیدانت ویژه ای کنترل میشود که شامل عوامل تخریب کننده آنزیمی، نظیر سوپراکسید دسموتاز، پراکسیدازها و

¹⁷ Carotenoid pathway

¹⁸ Receptor

¹⁹ Reactive Oxygen Intermediates

کاتالازها است. وجود رابطه منفی بین تنظیم اسمزی و عملکرد اقتصادی گیاه در شرایط تنش توسط سابارائو و همکاران (۱۹۹۵) بیان شد در حالیکه مونز و کینگ (۱۹۸۸) عدم وجود رابطه بین تنظیم اسمزی و عملکرد اقتصادی را بیان کردند.

۲-۴-۳-۲- تنظیم اسمزی

تنظیم اسمزی^{۲۰} یکی از مکانیسم های مهم در گیاهان عالی برای نگهداری حالت آماس در برخورد با تنش خشکی است. در شرایط پتانسیل کم آب در خاک، ذخیره فعال محلول ها^{۲۱} مثل قندها، آمینو اسیدها، اسیدهای آلی، کلر، نیترات و پتاسیم به خشکی واکنش نشان داده و باعث کاهش پتانسیل اسمزی و نگهداری سلول در حالت آماس میشوند (خاناچاپرا و همکاران، ۱۹۹۵). کاهش آماس نسبی سلول به زیر ۹۰ درصد باعث اندکی کاهش رشد گیاه شده و در محدوده ۸۳ تا ۸۵ درصد باعث کاهش رشد به نصف میزان رشد واقعی می گردد (میشل، ۱۹۷۰). ذخیره فعال املاح، پتانسیل اسمزی گیاه را از ۰/۴- مگا پاسکال به ۲- مگا پاسکال با توجه به گونه گیاهی کاهش می دهد (مورگان، ۱۹۸۴). معمولا فشار اسمزی در اغلب گیاهان زراعی ۱۰ تا ۲۰ اتمسفر، در گیاهان خشکی پسند ۳۰ تا ۴۰ اتمسفر و در گیاهان نمک دوست به ۱۰۰ اتمسفر یا بیشتر می رسد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶a). برای تحمل شرایط تنش شدید فرآیندهایی مثل تنظیم اسمزی (افت پتانسیل اسمزی سلول در پی تجمع مواد آلی و غیر آلی در آن) در سطح سلول صورت می گیرد (مالت و وایت سیت، ۱۹۹۶).

از مهمترین سازگاری های فیزیولوژیکی گیاه برای کاهش اثرات منفی تنش کمبود آب، حفظ فشار آماس سلول از طریق تنظیم اسمزی می باشد (مورگان، ۱۹۸۴). طبق مدل لوکارت (۱۹۶۵) این عمل به ادامه رشد تحت شرایط تنش کمک می کند ولی در اکثر مواقع این حالت برای رشد متوقف شده بر اثر کمبود آب کافی نیست (نیومن، ۱۹۹۵). برای تنظیم اسمزی در شرایط تنش، مولکول های آلی نظیر پرولین، قندهای محلول، پلی ال ها، تری هالوز و ترکیبات آمونیومی چهار واحدی

²⁰ Osmotic Adjustment

²¹ Active Accumulation Solutes

(QACs)^{۲۲} مثل گلايسين بتائين، آلانين بتائين در سيتوپلاسم سلول تجمع می یابد. بطوریکه این تجمع در مقادیر بالا باعث سازگاری آنها، مانع فعالیت سلول میشوند. به این مواد "متابولیت های سازگار"^{۲۳} می گویند (سانچز و همکاران، ۲۰۰۱). این مواد وزن مولکولی کم و حلالیت بالایی دارند و با تنظیم اسمزی، خنثی کردن انواع فعال اکسیژن^{۲۴}، پایداری غشاء، ترکیبات پروتئینی و آنزیمی، در شرایط تنش از گیاه محافظت می کنند (بوهنرت و همکاران، ۱۹۹۵). بدلیل فعالیت برخی از این مواد در محافظت از اجزای سلول در برابر آب کشیدگی، به آنها "محافظت کننده های اسمزی" هم می گویند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷).

تنظیم فشار اسمزی ممکن است بدنبال توقف رشد رخ دهد (مونز و کینگ، ۱۹۸۸). تنظیم اسمزی با کاهش سطح کشنده پتانسیل آب سلول، آب کشیدگی را به تاخیر می اندازد و این امر باعث افزایش آسیمیلات گیاه شده و طول دوره پر شدن دانه را زیاد می کند (سانچز و همکاران، ۲۰۰۱). تنظیم اسمزی، توزیع مجدد و انتقال کربوهیدرات های ذخیره ای گیاه در مراحل قبل از گرده افشانی را به دانه ها تسهیل می بخشد (سابارائو و همکاران، ۱۹۹۵). تنظیم اسمزی با نگهداری آماس سلول در تغییرات پتانسیل آب، حفظ هدایت روزنه ای، انجام فتوسنتز، حفظ رشد، افزایش تحمل از دست دادن آب و افزایش جذب آب از خاک، در مقاومت به خشکی موثر است.

تجمع یون های غیر آلی پتاسیم، بیشتر از نیترات و کلر جهت تنظیم فشار اسمزی صورت می گیرد (مورگان، ۱۹۹۲). مقدار پروتئین دیواره سلول با طویل شدن اپی کوتیل همبستگی نشان می دهد (موناز و همکاران، ۱۹۹۳). مقدار اسید آمینه آزاد نخود تحت تنش آبی افزایش ولی مقدار پروتئین ریشه و میزان نیتروژن برگ، ساقه و ریشه ها کاهش می یابد (نادول و همکاران، ۱۹۹۱). در بوته های تحت تنش آب طی از دست دادن آب، اسید مالیک با شدت بیشتر تجمع یافته و غلظت آن در برخورد با شرایط نرمال کاهش می یابد. اسید مالونیک نیز بیشتر تجمع می یابد و مجموع این دو

²² Quaternary Ammonium Compounds

²³ Compatible Metabolites

²⁴ Active Oxygen Species

اسید آمینه باعث کاهش پتانسیل اسمزی برگ نخود میشوند. مقدار اسید سوکسینیک و اسید سیتریک در وارپته های مختلف اختلاف معنی داری نشان می دهد (لکوئور و همکاران، ۱۹۹۲). در زمان تنش، مقدار کل املاح، قندها و فروکتوز در کوتیلدون، هیپوکوتیل و اپی کوتیل افزایش یافته و مقدار ساکارز کوتیلدون نخود کاهش می یابد (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۳).

در شرایط تنش غلظت اسید های آمینه در قسمت های مختلف گیاه و کوتیلدون کاهش و غلظت پرولین در قسمت های مختلف گیاه افزایش و در کوتیلدون کاهش یافت (سینگ و کومار، ۱۹۹۲). در شرایط تنش نمک ذخیره شده در برگ ها افزایش یافته و میزان شبنم برگ ها کاهش یافته که در پتانسیل اسمزی نخود اثری ندارد (رانانگدال و همکاران، ۱۹۹۵). تنظیم فشار اسمزی باعث جذب آب بیشتر و اصلاح راندمان جذب آب و یا رشد ریشه با فراهم کردن کربن اضافه میشود (مورگان و کاندون، ۱۹۸۶).

املاحی مثل قندها، نشاسته و اسیدهای آمینه همبستگی مثبتی با تحمل به تنش آب نشان می دهند (یاداو و همکاران، ۱۹۹۶). در نخود مقدار املاحی از جمله قندها با عملکرد دانه همبستگی مثبت و قابل ملاحظه ای دارند. اگر تنش خشکی به آهستگی اتفاق افتد نخود قادر است زمانی که پتانسیل آب محیط کاهش می یابد میزان نسبی آب خودش را به کمک تنظیم فشار اسمزی، حفظ کند. سهم اسید مالیک در کاهش پتانسیل اسمزی نخود بیشتر از ۴۴ درصد می باشد. تجمع نیتريت و پرولین در شرایط تنش در نخود مشاهده نشده است. بنابراین اصلاح گران باید تنوع ژنتیکی در ارقام نخود را برای تنظیم فشار اسمزی در جهت اجتناب از هدر دادن آب ارزیابی نمایند (لکوئور و همکاران، ۱۹۹۲).

پتاسیم در تولید کل ماده خشک، تاثیر بر پتانسیل اسمزی برگ، پتانسیل آماس، اندازه سلول، ظرفیت آب برگ، راندمان بهره وری آب، تجمع مواد خشک، فعال کردن آنزیم ها، تسريع در انتقال مواد فتوسنتزی برگ به سایر اندام ها، باز و بسته شدن روزنه های برگ و تنظیم سرعت تعرق موثر است. پتاسیم سهم عمده ای در تنظیم فشار اسمزی برگ نخود دارد. با افزایش غلظت پتاسیم میزان

محتوای نسبی آب برگ ها افزایش می یابد (سینگ و همکاران ۱۹۹۷). حبوبات با کاربرد ۷۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بهترین عکس العمل را در شرایط دیم نشان می دهند؛ در صورتی که در شرایط آبی کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار بهترین عکس العمل را نشان می دهد (عاریف و همکاران، ۱۹۹۶).

انتقال مواد ذخیره ای (قندی) از ساقه در عملکرد سهم معنی داری نشان می دهد (کونستبل و هرن، ۱۹۷۸) ذخایر کربوهیدرات ها بعنوان یک بافر در فتوسنتز، مخصوصا در مرحله پر شدن دانه عمل می کنند (اسچیندر، ۱۹۹۳). حرکت مجدد مواد ذخیره ای در تنظیم فشار اسمزی، ریزش غلاف یا رشد بذر و غلاف با اهمیت است و در سازگاری نخود به خشکی ارزش زیادی دارد (لپورت و همکاران، ۱۹۹۸a). در نخود نزدیک ۲۰-۱۵ درصد وزن کل دانه از حرکت مجدد کربوهیدرات ذخیره ای حاصل میشود (ساکسنا، ۱۹۸۴؛ سینگ، ۱۹۹۱). اگر چه با ایجاد سطح بالاتر ذخیره کربوهیدرات های غیر ساختاری، قبل از گلدهی می توان، باعث پایداری عملکرد در طی نوسانات رطوبت شد. ولی این ذخایر در صورت وجود رطوبت کافی با توجه به اندازه مخزن ممکن است غیر قابل استفاده باقی بماند یا در طول دوره پر شدن دانه باعث تضعیف ساقه و آمادگی آن برای آلودگی به بیماری های قارچی شوند (رزنو و همکاران، ۱۹۸۳).

در تنش متوسط یا شدید غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به سایر اسید آمینه ها بیشتر میشود. پرولین بعنوان مخزن نیتروژن و یا ماده محلولی که پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می دهد عمل می کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶a). در تنش شدید (پتانسیل آب کمتر از ۱۵- بار) تنفس، جذب گاز کربنیک، انتقال مواد فتوسنتزی و مواد خام در آوند چوبی به سرعت کاهش یافته و فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده زیاد میشود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶a). در بیشتر گیاهان اسید آمینه پرولین در شرایط طبیعی وجود دارد که غلظت آن بر اثر تنش های محیطی افزایش می یابد.

پرولین بعنوان یک اسمولیت در تنظیم اسمزی سلول شرکت می نماید و حفاظت از غشاء، پروتئین ها و هضم رادیکال های آزاد را انجام می دهد. سنتز پرولین در شرایط تنش، با تولید آخرین ترکیب پذیرنده الکترون در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی همراه است و از گیاه در برابر بازدارندگی

نوری^{۲۵} محافظت می نماید. تجزیه سریع پرولین پس از تنش، شرایط فسفوریلاسیون اکسیداتیو میتوکندری و تولید ATP مورد نیاز برای جبران خسارت تنش و بازیافت ساختارهای آسیب دیده را فراهم می کند (هر و کرس، ۱۹۹۷). پیش ماده بیوسنتز پرولین در گیاه، L-گلوتامیک اسید است. دو آنزیم پرولین-۵-کربوکسیلات سینتتاز (P5CS) و پرولین-۵-کربوکسیلات ردوکتاز (P5CR) در بیوسنتز پرولین نقش اصلی را به عهده دارند. در رقمی از تنباکو با دستکاری P5CS، پرولین بیشتری تولید شد و مقاومت به شوری و خشکی در گیاه افزایش یافت (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷).

تجمع پرولین از دو مسیر وابسته به اسیدآسیزیک و مسیر غیر وابسته به آن در گیاه صورت می گیرد (زو، ۲۰۰۲). اسیدآسیزیک بصورت یک سیگنال واسط در سلولهای گیاهی تحت تنش با تشدید بیان ژن های مرتبط با تنش، متابولیت های سازگار مثل پرولین را افزایش می دهد (کاوی کیشور و همکاران، ۲۰۰۵). بین بیان ژن P5CS بعنوان مهمترین عامل بیوسنتز پرولین و تجمع پرولین همبستگی وجود دارد. افزایش غلظت پرولین فقط به تجزیه پروتئین ها بستگی ندارد (یوشییا و همکاران، ۱۹۹۷). افت فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز در شرایط تنش از عوامل مطرح شده موثر بر تجمع پرولین در بافت های تحت تنش می باشد (ساندراسن و همکاران، ۱۹۹۵).

در برخی از گیاهان به هنگام مواجهه با تشعشع زیاد و کمبود آب، حرکت برگ ها به موازات حرکت خورشید مشاهده میشود که به آن پاراهلیوتروپیسم^{۲۶} گویند. ژنوتیپ های با قدرت رشد اولیه بالا زودرس بوده و توانایی تقلیل خسارت خشکی آخر فصل را دارند (صباغ پور و همکاران، ۲۰۰۳b). کاهش دریافت نور خورشید در مدت های کوتاه و کاهش تلفات آب، دلیل کاهش اثر تنش خشکی است. ساده ترین روش کاهش تشعشع دریافتی، کاهش سطح برگ و لوله ای شدن آن است. این موضوع باعث کاهش بار حرارتی گیاه و کاهش تلفات آب میشود. این صفت برای ارقامی که در شرایط وقوع خشکی موقت، ولی شدید، رشد می کنند صفت مفیدی به شمار می رود. کاهش سطح برگ باعث کاهش خروج رطوبت (تعرق) می گردد. تحت شرایط خشکی شدید ریزش برگ ها پای بوت،

²⁵ Photo Inhibition

²⁶ Paraheliotropism

وجود برگ هایی با رنگ روشن تر، وجود کرک روی برگ جهت انعکاس بیشتر نور نیز می تواند مفید باشد. این مکانیسم ها مربوط به تحمل گیاه برای ادامه حیات است و تنها در شرایط گذر از دوره های تنش شدید و کوتاه مدت مفید است.

تحت شرایط رطوبتی مناسب این مکانیسم ها سبب کاهش تولید ماده خشک و در نتیجه کاهش عملکرد دانه میشوند. در شرایط رطوبتی مناسب، هدف اصلی زراعت گسترش سریع سطح برگ، افزایش دریافت تشعشع، تعرق، فتوسنتز، تولید ماده خشک و عملکرد دانه است (فرجی، ۱۳۸۸). در تنش خشکی قبل از گلدهی، میزان نفوذ نور در سایه انداز و مقدار تولید ماده خشک، کمتر از تنش بعد از گلدهی است (سینگ، ۱۹۹۱). گیاه بدلیل تنش خشکی سرعت رشد، مقدار برگ و شاخه در بوته را کاهش داده و گلدهی را زودتر شروع می کند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). تنظیم سطح برگ در گیاه از طریق کاهش اندازه برگ و تعداد برگ صورت می گیرد (تورک و هال، ۱۹۸۰). در شرایط دیم تعداد برگچه در برگ افزایش ولی سطح برگ کاهش می یابد (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

بسیاری از لگوم ها دارای شاخص سطح برگ بحرانی (۹۵ درصد نور خورشید دریافت میشود) بالاتری می باشد که باعث عدم کارایی استفاده از آب و اشعه خورشید برای تولید ماده خشک و عملکرد دانه میشود (ویلیام و همکاران، ۱۹۸۶). در لگوم های با سطح برگ توسعه یافته، تغییر زاویه برگ (حرکت برگ) مکانیسم مهمی جهت تحمل به خشکی است (بگ، ۱۹۸۰). تقریباً همه لگوم ها با نورگرایی^{۲۷} به تشعشع خورشیدی و کمبود رطوبت عکس العمل نشان می دهند (موچو، ۱۹۸۵). کرک های سطح برگ باعث افزایش تثبیت کربن، مقاومت به درجه حرارت بالا، کاهش خروج آب و رشد طولانی تر گیاه در شرایط خشکی میشوند (الرینگر، ۱۹۸۰). گیاه دارای مکانیسم نگهداری آب می تواند حداکثر جذب آب را با اصلاح ظرفیت سیستم ریشه ای یا استفاده بهینه از آب جذب شده برای تولید ماده خشک انجام دهند. گیاه از طریق توسعه سیستم گسترده ریشه نسبت به خشکی سازگار

²⁷ Paraheliotropism

میشود (شیلدز، ۱۹۵۸). جذب آب در اعماق مختلف توسط ریشه بصورت زیر می باشد (ناگساراراتو و رایت، ۱۹۹۴).

- حدود ۴۰ درصد کل آب جذب شده توسط یک چهارم اولیه منطقه ریشه از سطح خاک است.
 - حدود ۳۰ درصد کل آب جذب شده توسط یک چهارم دوم منطقه ریشه از سطح خاک است.
 - حدود ۲۰ درصد کل آب جذب شده توسط یک چهارم سوم منطقه ریشه از سطح خاک است.
 - حدود ۱۰ درصد کل آب جذب شده توسط یک چهارم آخر منطقه ریشه از سطح خاک است.
- رشد ریشه (عمق نفوذ) تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی است (گولمن و تورنر، ۱۹۷۸). با حذف گل ها در نخود می توان باعث توسعه ریشه ها در اعماق بیشتر خاک شد (شلدراک و ساکسنا، ۱۹۷۹). رشد ریشه لگوم ها در زمان پر شدن غلاف ادامه نمی یابد. تراکم ریشه در سطح یا عمق با توجه به شرایط محیطی سودمند است. کاهش در مقدار هدایت هیدرولیکی ریشه به نگهداری ذخیره رطوبت خاک در اواخر فصل می تواند کمک نماید (پاسینورا، ۱۹۷۲). سیستم ریشه ای توسعه یافته با افزایش جذب آب باعث افزایش تحمل خشکی میشود. البته وضعیت ریشه دهی و افزایش توسعه آن، با توجه به میزان آب موجود در خاک می تواند مفید یا بی فایده باشد. در شرایط وجود رطوبت در خاک و امکان جذب آن، توسعه ریشه و افزایش عمق آن می تواند سبب افزایش عملکرد محصول شود. درحالیکه در شرایط عدم وجود آب در لایه های مختلف خاک، افزایش ریشه دهی بدون مزیت است (فرجی، ۱۳۸۸).

۲-۵- اجزای عملکرد نخود

تجزیه و تحلیل رشد گیاه وسیله ای برای شناخت فیزیولوژی، اکولوژی و اصلاح نبات است (پورتر و گارنیر، ۱۹۹۶). رشد و نمو رویشی و زایشی گیاه تحت تاثیر محیط می باشد که فرآیندهای مقدار زیست توده، توزیع و تجمع مواد در اندام های اقتصادی گیاه را متاثر می سازد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). به کمک تجزیه رشد و معادلات ریاضی، اجزای رشد گیاه را می توان به صورت کمی تعیین نمود. پارامترهای مورد استفاده برای تعیین اجزای رشد به عنوان شاخص های رشد شناخته میشوند

(واری، ۱۹۹۰). هدف اصلی از کاربرد معادلات رشد توضیح عکس العمل گیاه به شرایط محیط می باشد (بالوک و همکاران، ۱۹۸۸). رشد گیاه در مزرعه غالباً بر اساس میزان تجمع ماده خشک و سطح برگ تعیین میشود. کوچکی و بنایان اول (۱۳۷۳) رابطه اجزای عملکرد حبوبات را بشرح رابطه زیر بیان کردند:

$$Y = D \times P \times S \times T / 100000 \quad (2-2)$$

Y عملکرد دانه (تن در هکتار)، D متوسط تعداد بوته در واحد سطح (متر مربع)، P متوسط تعداد غلاف در بوته، S متوسط تعداد بذر در غلاف، T وزن هزار دانه (گرم) تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه اجزای عملکرد نخود می باشند (خانچوپرا و سین ها، ۱۹۸۸).

۲-۶- شاخص های تحمل خشکی

در مناطق نیمه خشک بعلت مناسب نبودن پراکنش بارندگی، پایداری عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، بجای پتانسیل عملکرد در شرایط تنش، معیار مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ های متحمل می باشد (سیمان و همکاران، ۱۹۹۳). شناسایی گیاهان متحمل به شرایط تنش با عملکرد مطلوب و مطالعه سازوکارهای تحمل از مهمترین راه کارهای مقابله با خشکی است (ریتزک و همکاران، ۲۰۰۶). بدلیل کمی بودن صفت تحمل و نبود روش اندازه گیری مستقیم برای این موضوع شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به خشکی مشکل می باشد (تاکدا و ماتسوکا، ۲۰۰۸). اما به نظر می رسد عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش می تواند نقطه شروع انتخاب ژنوتیپ ها برای مقاصد به نژادی در شرایط خشکی باشد (فرشادفر و همکاران، ۲۰۰۱). واکنش گیاهان بر اساس عملکرد ژنوتیپ ها در محیط تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم میشوند:

۱- ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط، دارای عملکرد بالایی می باشند (گروه A).

۲- ژنوتیپ هایی که در محیط بدون تنش، عملکرد خوبی دارند (گروه B).

۳- ژنوتیپ هایی که در محیط تنش، عملکرد نسبی خوبی دارند. این گونه ژنوتیپ ها بدلیل ورس، رشد رویشی زیاد یا آلودگی به آفات و امراض، در شرایط مطلوب، عملکرد کمتری تولید می نمایند (گروه C).

۴- ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط، عملکرد پایینی دارند (گروه D). (فرناندز، ۱۹۹۲)

به منظور انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی شاخص های زیر معرفی شده و به کار می روند:

- شاخص حساسیت به تنش (SSI)^{۲۸} (فیشر و مورر، ۱۹۷۸)

$$SI=1-(Ys/Yp) \quad (۳-۲)$$

$$SSI=(1-(Ysi/Ypi))/SI \quad (۴-۲)$$

Yp میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط فاقد تنش، Ys میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط واجد تنش، SI شدت تنش، Ypi میانگین عملکرد ژنوتیپ i ام در شرایط بدون تنش، Ysi میانگین عملکرد ژنوتیپ i ام در شرایط تنش

بلوم (۱۹۸۸) حساسیت به خشکی یک ژنوتیپ را بر اساس میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی برآورد نمود. فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد کردند که وضعیت عملکرد دانه در شرایط خشک را بیان می کرد. بایزید (۱۳۷۴) گزارش نمود که عملکرد نسبی ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و شرایط بدون تنش، نقطه شروع شناسایی صفت مقاومت به خشکی و انتخاب ژنوتیپ ها جهت اصلاح در محیط خشک می باشد. این شاخص مستقل از ظرفیت پتانسیل عملکرد است و از نسبت میانگین عملکرد در شرایط تنش بر میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش، شدت تنش (SI) محیط آزمایش محاسبه میشود و سپس به کمک فرمول ۲-۴ محاسبه میشود. شاخص SSI تفکیک را بر اساس مقاومت و حساسیت به تنش انجام می دهد و به ظرفیت عملکرد توجهی ندارد. این شاخص برای انتخاب ژنوتیپ واجد ژن مقاومت بسیار مناسب است (احمدی و همکاران، ۱۳۷۹). شاخص حساسیت به خشکی نشان دهنده چگونگی حساسیت گیاه به خشکی

²⁸ Stress Susceptibility Index

است. ژنوتیپ هایی که دارای شاخص حساسیت به خشکی بالاتری باشند پایداری آنها در مقابل خشکی کمتر است و در مواجهه با تنش رطوبتی با کاهش عملکرد دانه مواجه خواهند شد (فیشر و مورر، ۱۹۷۸). مقادیر کم عددی این شاخص نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و پایداری بیشتر عملکرد ژنوتیپ است. به کمک این شاخص گروه های B و C تقسیم بندی ژنوتیپ های فرناندز از بقیه جدا میشوند. ارزیابی ژنوتیپ ها با استفاده از شاخص SSI، مواد آزمایشی را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته بندی می کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص، می توان ژنوتیپ های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (نادری و همکاران، ۱۳۷۸).

- شاخص تحمل (TOL)^{۲۹}

$$TOL = Y_{pi} - Y_{si} \quad (۲-۵)$$

برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ ها در برابر تنش، شاخص تحمل (TOL) که معادل تفاوت عملکرد در محیط تنش و بدون تنش است مورد استفاده قرار گرفت (روزیل و هامبل، ۱۹۸۱). شاخص تحمل به خشکی نشان دهنده چگونگی تحمل گیاه به شرایط خشکی می باشد (فرناندرز، ۱۹۹۲). ارقامی که دارای شاخص تحمل به خشکی بالاتری باشند دارای تحمل کمتری به خشکی می باشند. در ارزیابی ژنوتیپ ها با استفاده از شاخص تحمل، مقدار بالای این عدد بیانگر حساسیت ژنوتیپ به تنش می باشد و انتخاب باید بر اساس مقادیر کم این شاخص صورت گیرد. به کمک این شاخص و میانگین بهره وری می توان گروه های دوم و سوم تقسیم بندی ژنوتیپ های فرناندز را تفکیک نمود. پایین بودن شاخص TOL الزاما به معنای بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نمی باشد، چرا که ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به عنوان رقم متحمل معرفی شود (مقدم و هادی زاده، ۱۳۸۱).

²⁹ Tolerance Index

- شاخص میانگین بهره وری (MP)^{۳۰} (روزیل و هامبل، ۱۹۸۱)

$$MP=(Y_{pi}+Y_{si})/2 \quad (۶-۲)$$

روزیل و هامبل (۱۹۸۱) برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ ها در برابر تنش، از شاخص بهره وری متوسط (MP) که معادل میانگین عملکرد در محیط تنش و بدون تنش است استفاده نمود. استفاده از شاخص بهره وری متوسط (MP) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می گردد. بنابراین شاخص MP برای گزینش ارقامی که در شرایط تنش عملکرد بالایی تولید می کنند، چندان مناسب نمی باشد (فرناندز، ۱۹۹۲).

- شاخص پایداری عملکرد (YSI)^{۳۱} (بوسلاما و اسکاپوت، ۱۹۸۴)

$$YSI=Y_{si}/Y_{pi} \quad (۷-۲)$$

مقادیر بالای این شاخص بیان کننده میزان تحمل ژنوتیپ ها می باشد.

- شاخص تحمل به تنش (STI)^{۳۲}

$$STI=(Y_{pi} \times Y_{si})/(Y_p)^2 \quad (۸-۲)$$

این شاخص طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲) برای انتخاب ژنوتیپ ها در شرایط تنش و بدون تنش که عملکرد یکسانی داشته باشند بهتر می باشد و می توان به کمک آن ژنوتیپ های گروه اول را تشخیص داد. مقدار شاخص STI هر چه برای ژنوتیپی بیشتر باشد در انتخاب آن مطلوب تر است. فرناندز (۱۹۹۲) معتقد است که شاخص های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) با توجه به همبستگی بالا و معنی دار موجود بین آنها و عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش و بدون تنش، به عنوان مناسبترین شاخص های گزینش ژنوتیپ های دارای عملکرد مطلوب، قابل توصیه می باشند.

³⁰ Mean Productivity

³¹ Yield Stability Index

³² Stress Tolerance Index

- میانگین هندسی بهره وری (GMP)^{۳۳} (کریستین و همکاران، ۱۹۹۷؛ فرناندز، ۱۹۹۲)

$$GMP = \sqrt{(Y_{pi} \times Y_{si})} \quad (۹-۲)$$

مقدار شاخص GMP هرچه برای ژنوتیپی بیشتر باشد در انتخاب آن مطلوب تر است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۰).

- شاخص عملکرد (YI)^{۳۴} (گاوازی و همکاران، ۱۹۹۸)

$$YI = Y_{si} / Y_s \quad (۱۰-۲)$$

شاخص عملکرد YI از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می گردد؛ بنابراین موجب رتبه بندی ارقام برحسب میزان عملکرد تولیدی آنها در محیط تنش می گردد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶).

- نرخ کاهش عملکرد (YR)^{۳۵} (گلستانی و آساد، ۱۹۹۸)

$$YR = 1 - (Y_{si} / Y_{pi}) \quad (۱۱-۲)$$

مقادیر کمتر این شاخص بیان کننده میزان تحمل ژنوتیپ ها می باشد.

- میانگین هارمونیک بهره وری (HARM)^{۳۶}

$$HARM = (2 \times (Y_{pi} \times Y_{si})) / (Y_{pi} + Y_{si}) \quad (۱۲-۲)$$

مقدار شاخص HARM هرچه برای ژنوتیپی بیشتر باشد در انتخاب آن مطلوب تر است.

³³ Geometric Mean Productivity

³⁴ Yield Index

³⁵ Yield Rate loss

³⁶ Harmonic Mean

فصل سوم

مواد

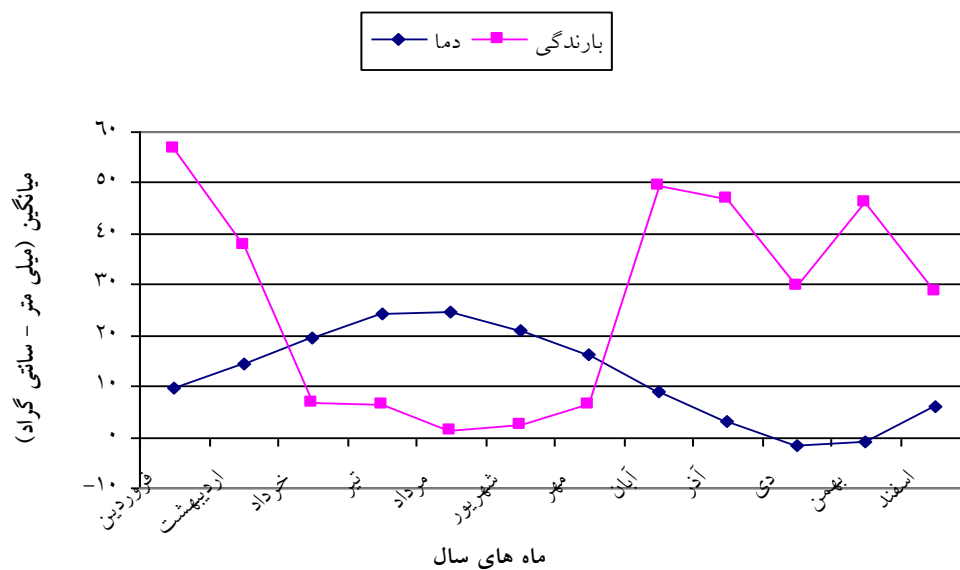
و روش ها

۳- مواد و روش ها

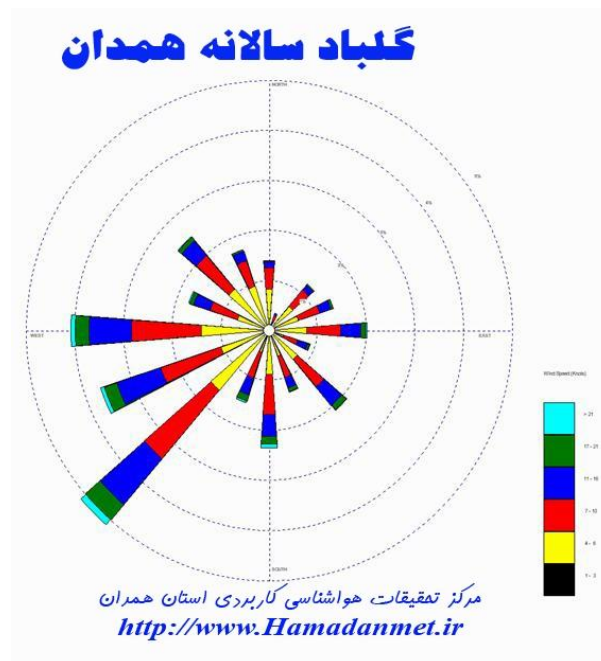
۳-۱- محل اجرای طرح

آزمایش ارزیابی تحمل خشکی برخی ژنوتیپ های نخود در مزرعه آموزشی- پژوهشی مجتمع آموزش جهاد کشاورزی استان همدان واقع در کیلومتر ۳ جاده همدان- تهران با موقعیت جغرافیایی $34^{\circ} 52' 55.2''$ طول شمالی، $48^{\circ} 32' 5.4''$ عرض شرقی و ارتفاع ۱۶۶۲ متر از سطح دریا در بهار سال ۱۳۸۹ اجرا گردید (موقعیت جغرافیایی توسط دستگاه GPS).

بر اساس تجزیه فیزیکی و شیمیایی، خاک دارای بافت لوم رس شنی با اسیدیته (pH) ۷/۶ بود. مقدار کل نیتروژن ۰/۰۴۹ درصد، فسفر قابل دسترس ۱۰/۸ قسمت در میلیون (PPM) و پتاسیم قابل دسترس ۴۵۱ قسمت در میلیون بود. زمین مورد نظر جهت اجرای آزمایش، سال قبل آیش بود. محل اجرای طرح دارای زمستان های سرد و مرطوب و تابستان های معتدل است. اقلیم منطقه بر اساس تقسیم بندی آمبرژه، سرد نیمه خشک می باشد. میانگین دما ۱۰/۳ درجه سانتی گراد، متوسط کمینه دما ۲/۹- درجه سانتی گراد و میانگین بیشینه ۲۲/۹ درجه سانتی گراد است. حداقل مطلق دما ۲۷/۲- درجه سانتی گراد و حداکثر مطلق دما ۳۸/۸ درجه سانتی گراد می باشد؛ حداقل رطوبت نسبی ۱۱ و حداکثر آن ۱۰۰ درصد است. متوسط تبخیر و تعرق سالیانه ۱۴۰۸ میلی متر می باشد. متوسط بارندگی ۳۰۵ میلی متر است (شکل ۳-۱). تعداد ساعات آفتابی بطور متوسط ۲۹۲۹/۱ ساعت اندازه گیری شده است. جهت باد غالب منطقه جنوب غربی می باشد (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۱- منحنی آمبروترمیک محل اجرای آزمایش (آمار هواشناسی ۷۷ تا ۸۷ همدان).



شکل ۳-۲- گلباد محل اجرای آزمایش (آمار هواشناسی ۷۷ تا ۸۷ همدان).

۳-۲- تیمارهای آزمایش

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا شد. در این آزمایش فاکتور

A، ژنوتیپ با ۱۱ سطح به شرح: آرمان (V1)، ILC482 (V2)، پیروز (V3)، آزاد (V4)، بیونج (V5)،

هاشم (V6)، FLIP 84-42C (V7)، X95TH5K10 (V8)، Sel95TH11716 (V9)، Sel96TH11439 (V10) و S96-32 (V11) و فاکتور B، تنش خشکی با ۲ سطح: (S1) بدون تنش و (S2) تحت تنش، در ۳ تکرار مورد آزمایش قرار گرفت.

۳-۳- آشنایی با خصوصیات برخی ارقام مورد آزمایش

۳-۳-۱- رقم آرمان

نخود آرمان با نام FLIP 90-96 C و منشاء مؤسسه بین المللی تحقیقات کشاورزی مناطق خشک (ایکادا) است. به بیماری برق‌زدگی مقاوم می‌باشد. با تیپ بوته ایستاده مناسب برداشت مکانیزه است. متوسط عملکرد ۱۶۵۱ کیلوگرم در هکتار، میانگین ارتفاع ۵۵ سانتی متر و بیشترین ارتفاع در استان گلستان ۱۰۲ سانتی‌متر می‌باشد. تعداد روز تا رسیدن ۱۷۱ است. رنگ دانه کرم می‌باشد. میزان پروتئین دانه ۲۶/۵ درصد و وزن صد دانه ۳۰ تا ۴۲ گرم است. تراکم کاشت ۲۶ بوته در متر مربع توصیه می‌شود. با توجه به وزن صد دانه آن میزان بذر مصرفی در هکتار بر حسب کیلوگرم ۷۸ تا ۹۰ می‌باشد. در سال ۱۳۸۳ جهت کشت در مناطق سرد، معتدل، نیمه گرمسیر و گرمسیر معرفی گردید (صباغ پور و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۳-۲- رقم آزاد

رقمی پرمحصول، دانه درشت، مقاوم به بیماری برق‌زدگی، تیپ بوته ایستاده و مناسب کشت پاییزه می‌باشد که برای مناطق معتدل و نیمه گرمسیر کشور از جمله کرمانشاه، لرستان، ایلام، گلستان و گچساران در سال ۱۳۸۷ معرفی شده است. این رقم از تری وی کراس (Three way cross) لاین‌های FLIP85-122c / FLIP82-15c / FLIP86-77c حاصل گردیده است. دارای عملکرد ۱۳۸۰ کیلوگرم در هکتار (طرح‌های تحقیقی ترویجی)، متوسط ارتفاع بوته ۴۷ سانتی متر و ۲۱/۵ درصد پروتئین دانه می‌باشد (صباغ پور و همکاران، ۱۳۸۹).

۳-۳-۳- رقم هاشم

نخود هاشم با شجره ILC 2950 × ILC 1920 / X 81 TH 55 با نام FLIP 84 - 48c از مؤسسه بین‌المللی تحقیقات کشاورزی مناطق خشک (ایکادا) دریافت شده است. به بیماری برق‌زدگی مقاوم است. تیپ بوته ایستاده دارد. متوسط عملکرد ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و متوسط ارتفاع بوته ۷۵ سانتیمتر است. در سال‌های پر باران یا در صورت آبیاری به ۱۱۰ سانتی‌متر می‌رسد. تعداد روز تا رسیدن آن ۱۹۰ روز و رنگ دانه کرم است. این رقم دیررس می‌باشد. میزان پروتئین ۲۷/۱ درصد و وزن صد دانه ۳۰ تا ۴۰ گرم است. تراکم کاشت ۲۹ بوته در مترمربع توصیه شده است. میزان بذور مصرفی در هکتار ۸۷ تا ۹۸ کیلوگرم می‌باشد. در سال ۱۳۷۶ جهت کشت در استان گلستان معرفی گردید (صباغ پور و همکاران، ۲۰۰۵).

۳-۳-۴- لاین ILC 482

این نخود مقاوم به بیماری برق‌زدگی و نسبتاً سرما دوست است. متوسط وزن صد دانه ۲۹ گرم و پروتئین دانه آن ۲۱/۸ درصد است. متوسط رس بوده و در بهار یا پاییز کشت می‌گردد (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۳-۳-۵- رقم پیروز

این رقم در خراسان بدست آمده است. دانه به رنگ قهوه‌ای روشن است. اندازه دانه کوچک می‌باشد. درصد پروتئین آن ۲۱ درصد و وزن صد دانه ۱۵ گرم است. در بهار و پاییز کشت می‌گردد (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۳-۳-۶- رقم بیونج

این رقم دارای دانه‌های درشت است. ساقه‌های بوته خوابیده می‌باشد. به بیماری برق‌زدگی حساس بوده و متوسط رس می‌باشد (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۳-۴- عملیات زراعی

عملیات تهیه بستر کرت های آزمایشی بطور یکسان با توزیع مقدار ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم، ۵۰ کیلوگرم اوره و اجرای شخم عمیق توسط گاواهن برگردان دار آغاز شد. سپس به کمک دیسک کلوخه ها خرد شدند. با توجه به روش آبیاری سطح مزرعه لولر کشیده شد. به کمک فاروئر مخصوص غلات (دارای شیار بازکن به ارتفاع ۲۵ سانتی متر) پشته هایی به فاصله ۴۰ سانتی متر از همدیگر ایجاد شدند. با نهرکن جوی های اصلی انتقال آب و زهکش مزرعه ایجاد گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۴ خط کشت به طول ۵ متر بود. بین هر واحدهای آزمایشی درون هر تکرار دو پشته به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. انتصاب فاکتور های ژنوتیپ، تنش و بدون تنش به واحدهای آزمایشی به صورت تصادفی صورت گرفت (شکل ۳-۳). روی پشته ها با فاصله ۱۰ سانتی متر از یکدیگر ۲ عدد بذر نخود به عمق ۵ سانتی متر در تاریخ ۸۹/۲/۲۸ کشت شد. تراکم بوته در متر مربع ۲۵ بوته شد. به منظور تسریع در جوانه زنی بذور مورد کشت بمدت ۶ ساعت در آب قبل از کشت خیسانده شدند. عملیات داشت بجز آبیاری برای همه واحدهای آزمایشی شامل مبارزه با علف های هرز به صورت وجین دستی انجام گرفت. تنک کردن بوته های اضافه (برش از سطح خاک) بطور یکسان انجام گردید. تنش خشکی (دور آبیاری ۱۶ روز) پس از سبز شدن کامل بوته ها اعمال گردید. جهت محاسبه شاخص های رشد ۲۵ روز پس از کشت در ۵ مرحله اقدام به نمونه برداری گردید. پس از جداسازی برگ ها از ساقه، برگ و ساقه درون پاکت های جداگانه به منظور خشک شدن بمدت ۴۸ ساعت داخل آون (SHIMAZCO)، ۷۰ درجه منتقل شدند. سپس نمونه ها، توسط ترازو دیجیتالی (OHAUS AS120 ساخت کشور آمریکا به شماره سریال NO 6635 و دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) توزین گردیدند. بمنظور بررسی عملکرد، تعداد ۵ بوته بطور تصادفی از هر واحد آزمایشی برداشت و پس از جداسازی غلاف ها از بوته، وزن دانه ها، اندازه گیری شد. جهت بررسی عملکرد در وسط کرت به مساحت ۲ متر مربع بوته ها برداشت شدند. برای تعیین تعداد غلاف در بوته، میانگین غلاف های ۵ بوته در مرحله برداشت گیاه، تعداد دانه در غلاف، میانگین تعداد دانه در ۱۰ غلاف، وزن یکصد دانه،

میانگین وزن ۵ تکرار ۱۰ تایی از بذور هر ژنوتیپ، عملکرد، وزن کل دانه تولید شده در هر کرت و از تقسیم تعداد دانه بر تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در غلاف محاسبه شد.

V11S2	V8S2	V11S1
V10S2	V6S2	V5S1
V8S1	V7S1	V6S1
V1S2	V10S2	V2S1
V7S2	V4S2	V1S2
V9S1	V3S2	V10S2
V6S1	V9S1	V8S2
V5S2	V5S1	V4S1
V3S1	V1S1	V7S2
V2S1	V2S1	V9S2
V4S1	V11S2	V3S2
V11S1	V7S2	V9S1
V6S2	V3S1	V5S2
V9S2	V11S1	V11S2
V5S1	V4S1	V2S2
V7S1	V9S2	V7S1
V1S1	V5S2	V6S2
V10S1	V2S2	V10S1
V8S2	V1S2	V8S1
V3S2	V6S1	V3S1
V2S2	V8S1	V1S1
V4S2	V10S1	V4S2

شکل ۳-۳- نقشه انتصاب تصادفی فاکتورها به واحدهای آزمایشی.

۳-۵- تجزیه های آماری

داده های جمع آوری شده به کمک نرم افزارهای زیر مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند:

- EXCEL (از Office 2007): جهت ورود اطلاعات، دسته بندی و رسم نمودارها.

- MSTAT C: به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در

سطح احتمال ۰/۰۱ درصد (بخصوص گروه بندی مقایسه میانگین اثر متقابل).

- Statistical Analysis Software (SAS 9.1) و یا SPSS 20: جهت محاسبه ضریب همبستگی

صفات و شاخص های مورد ارزیابی.

- MINITAB 16: جهت ارزیابی نرمال بودن داده ها و ترسیم نمودارهای Scater, Biplot و

Dendrogram مربوط به شاخص های تحمل به خشکی.

فصل چہارم

نتائج

و بحث

۴- نتایج و بحث

۴-۱- وزن اندام ها، ارتفاع گیاه و سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴-۱)، بیانگر اثر بسیار معنی دار ژنوتیپ، رژیم رطوبتی و اثر متقابل آنها بر صفت های ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک قسمت های هوایی گیاه و شاخص سطح برگ در مرحله رسیدگی نخود می باشد که به شرح زیر تحت تاثیر ژنوتیپ، محیط (وجود یا عدم وجود تنش رطوبتی) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط قرار دارند. این صفات با تفصیل بیشتر ذیلا توضیح داده میشوند.

جدول ۴-۱: تجزیه واریانس ژنوتیپ و رژیم رطوبتی بر صفات مورد بررسی

میانگین مربعات						منابع تغییرات
شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	ارتفاع بوته	درجه آزادی	
۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۸۶ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۳۶ ^{ns}	۸۴/۱۰۶ ^{ns}	۲	بلوک (تکرار)
۰/۰۴۹ ^{**}	۹/۴۲۵ ^{**}	۱/۲۷۷ ^{**}	۳/۷۶۷ ^{**}	۷۹۸۸/۱۴۸ ^{**}	۱۰	ژنوتیپ (A)
۰/۸۹۰ ^{**}	۱۵۷/۲۵۲ ^{**}	۲۱/۸۶۱ ^{**}	۶۱/۸۴۹ ^{**}	۱۸۱۰۷۳/۴۶۹ ^{**}	۱	رژیم رطوبتی (B)
۰/۰۴۶ ^{**}	۴/۲۵۲ ^{**}	۰/۶۲۱ ^{**}	۱/۶۲۵ ^{**}	۳۳۰۳/۴۰۳ ^{**}	۱۰	ژنوتیپ × رژیم رطوبتی (B×A)
۰/۰۰۲	۰/۱۷۶	۰/۰۲۳	۰/۰۷۲	۶۲۷/۳۷۶	۴۲	خطای آزمایش

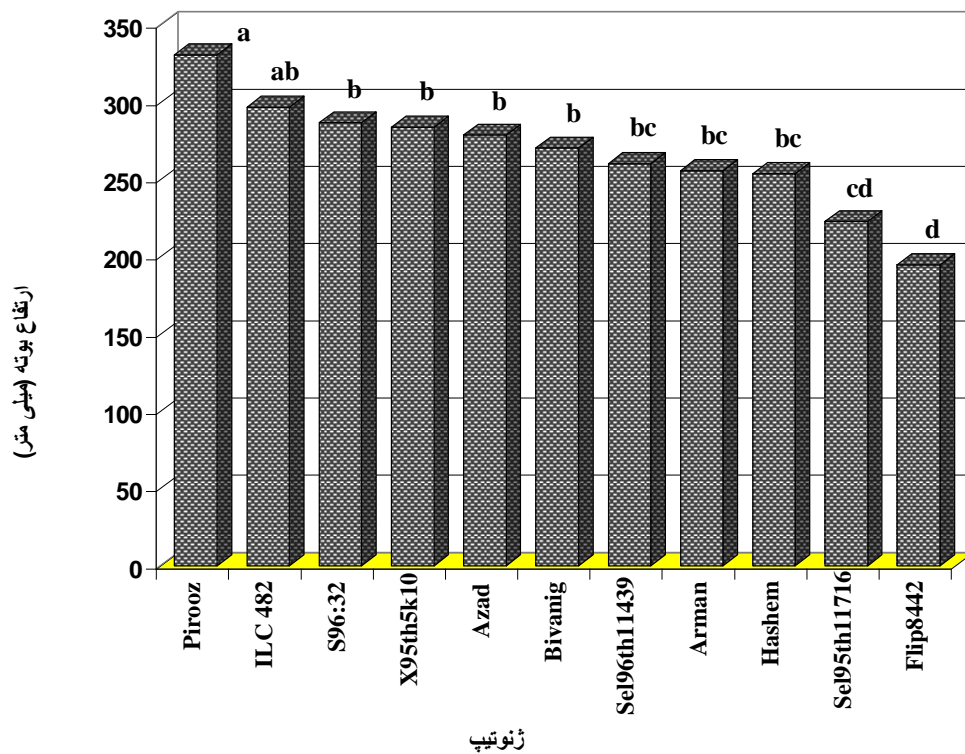
ns, * و ** به ترتیب، به مفهوم عدم وجود اختلاف، وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

۴-۱-۱- ارتفاع بوته

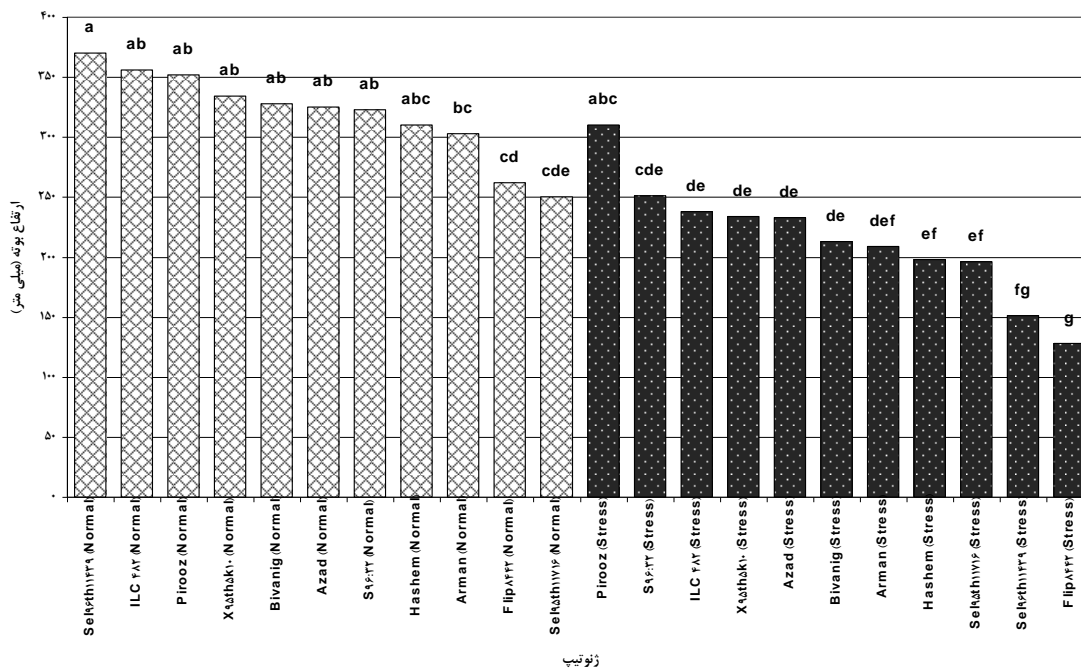
نتایج این تحقیق نشان داد که با احتمال ۹۹ درصد بین ژنوتیپ ها اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۴-۱). هم چنین نتایج این مطالعه نشان داد رژیم رطوبتی تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی ارتفاع بوته داشته است. نتایج نشان داد اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به ژنوتیپ Sel96th11439 در شرایط بدون تنش بود. در حالی که

بیشترین ارتفاع در شرایط تنش مربوط به رقم پیروز بود. کمترین مقدار ارتفاع را ژنوتیپ Flip84-42

در حالت تنش به خود اختصاص داد (شکل ۴-۲).

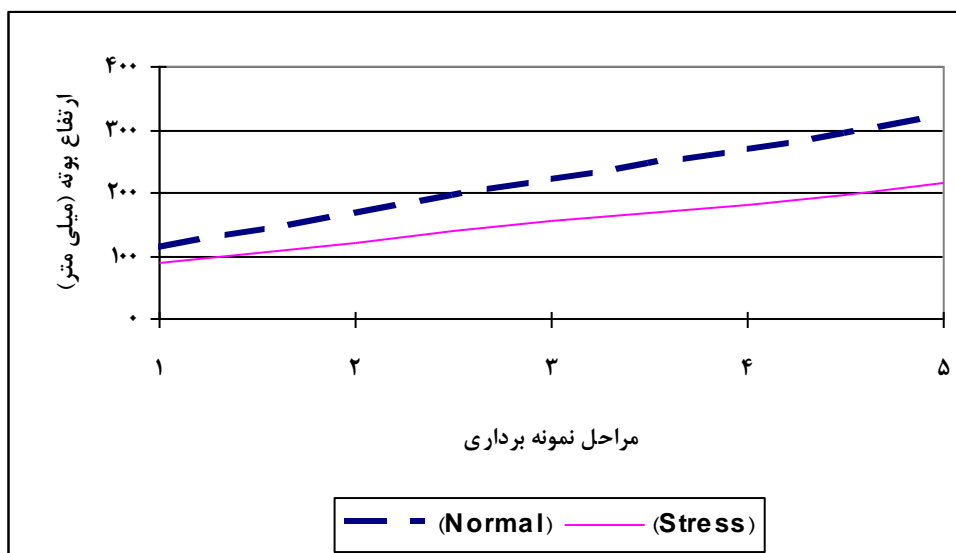


شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر ارتفاع بوته.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر ارتفاع بوته.

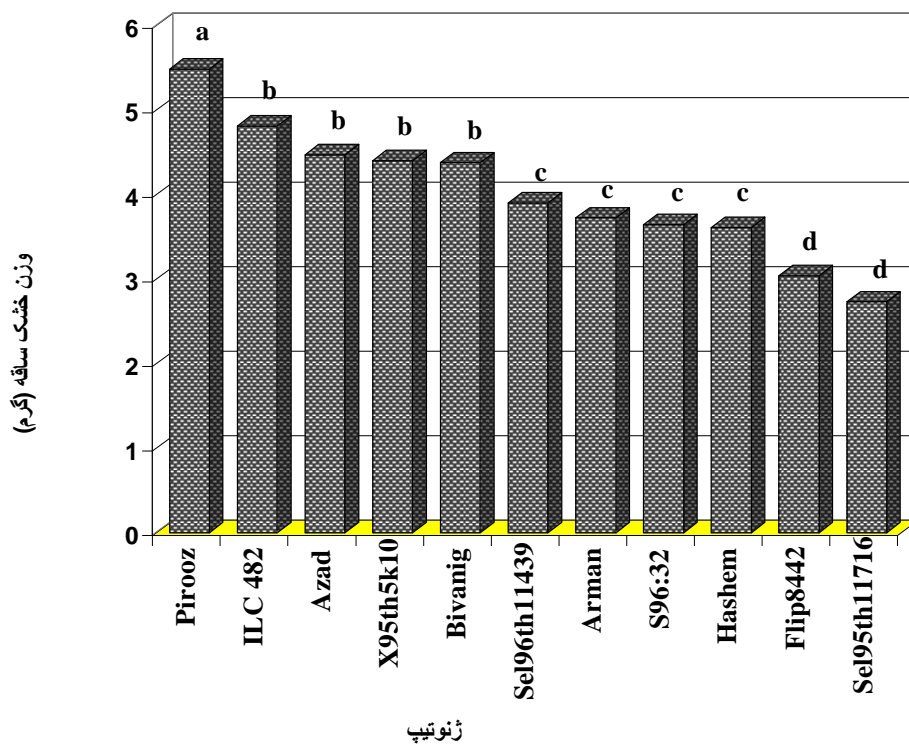
در اثر تنش خشکی، بوته ها کوتاه تر شدند (شکل ۴-۳). تفاوت ارتفاع بوته ها در شرایط واجد تنش و فاقد تنش در مراحل انتهایی بیشتر بود.



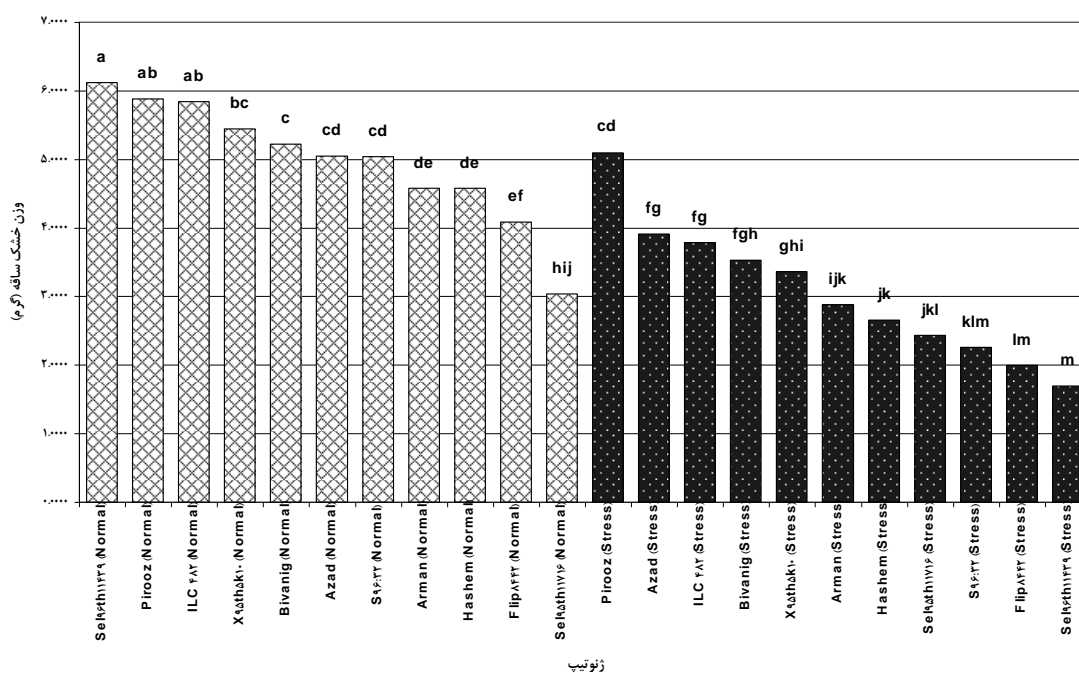
شکل ۴-۳- روند تغییرات میانگین ارتفاع ژنوتیپ ها در محیط واجد تنش و بدون تنش.

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک ساقه نشان داد که بالاترین وزن خشک مربوط به ژنوتیپ Sel96th11439 در شرایط بدون تنش بود. در حالی که بیشترین وزن در شرایط تنش مربوط به رقم پیروز بود. کمترین مقدار وزن خشک ساقه را ژنوتیپ Sel96th11439 در حالت تنش به خود اختصاص داد (شکل ۴-۵).

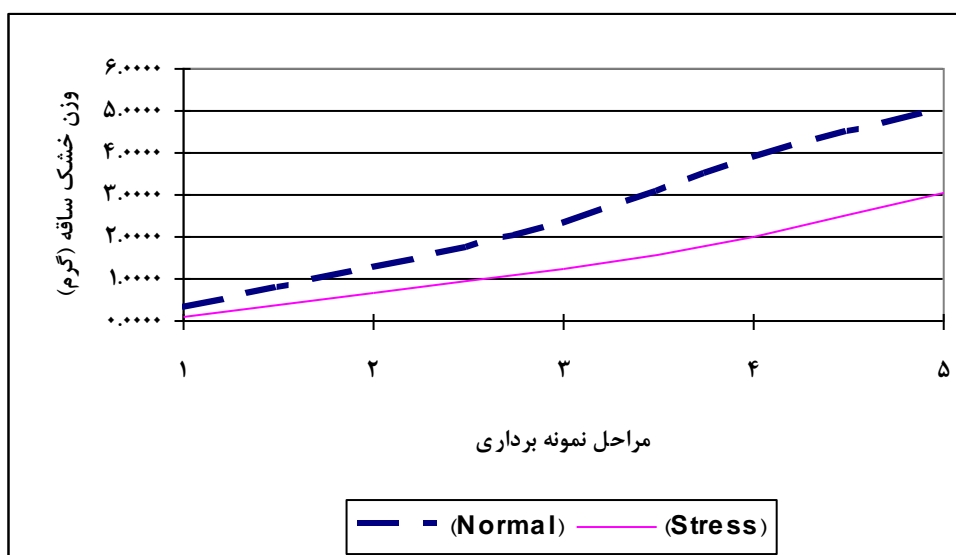


شکل ۴-۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن خشک ساقه.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک ساقه.

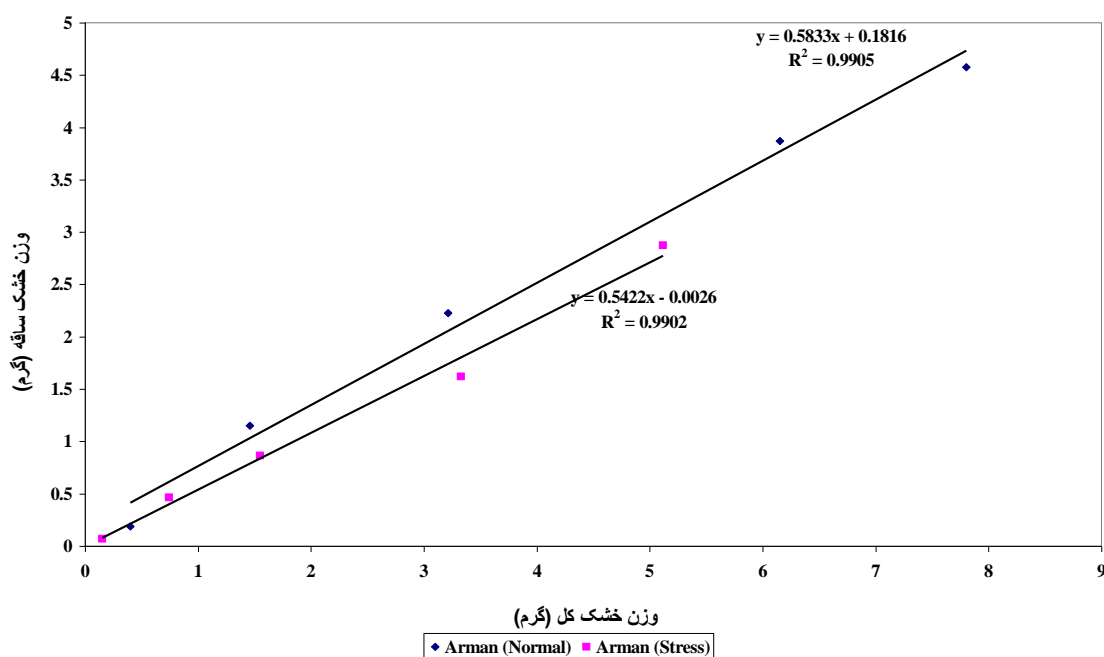
بررسی ژنوتیپ های مورد آزمایش در دو محیط بدون تنش و دارای تنش رطوبت، بالاتر قرار گرفتن روند تغییرات وزن خشک ساقه (شکل ۴-۶) در محیط بدون تنش را نشان داد.



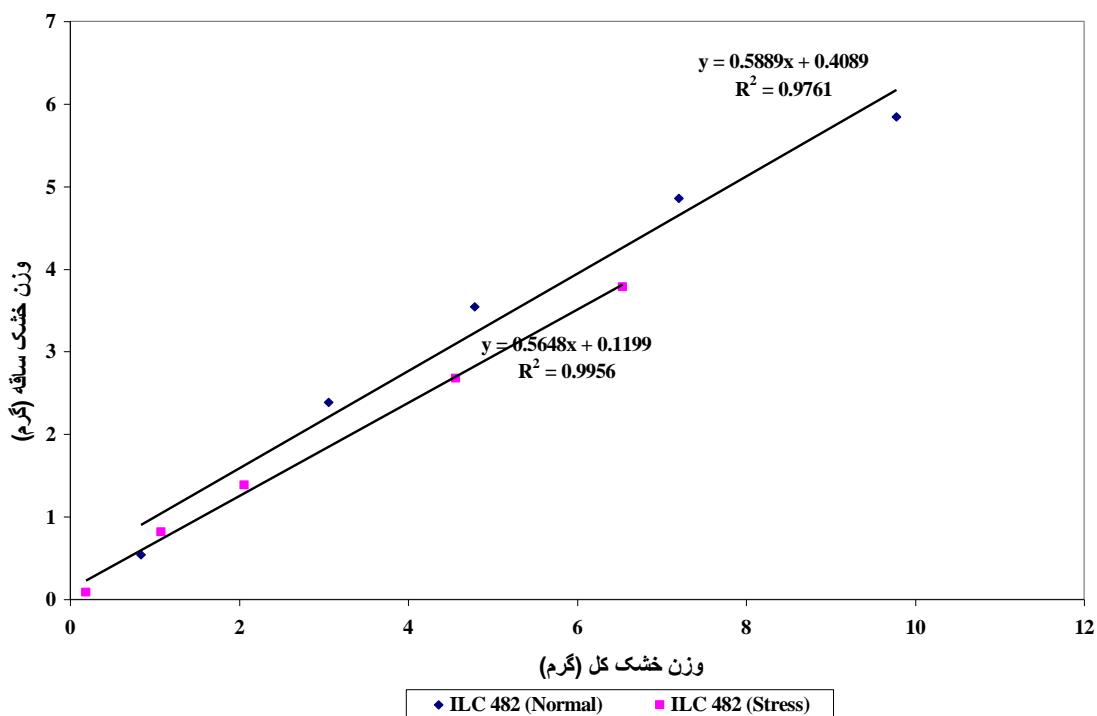
شکل ۴-۶- روند تغییرات میانگین وزن خشک ساقه ژنوتیپ ها در محیط واجد تنش و بدون تنش.

تنش خشکی در لوبیا باعث افت سطح برگ و سرعت رشد نسبی مربوط به برگ، ساقه و کل گیاه شده است (فرانکا و همکاران، ۲۰۰۰).

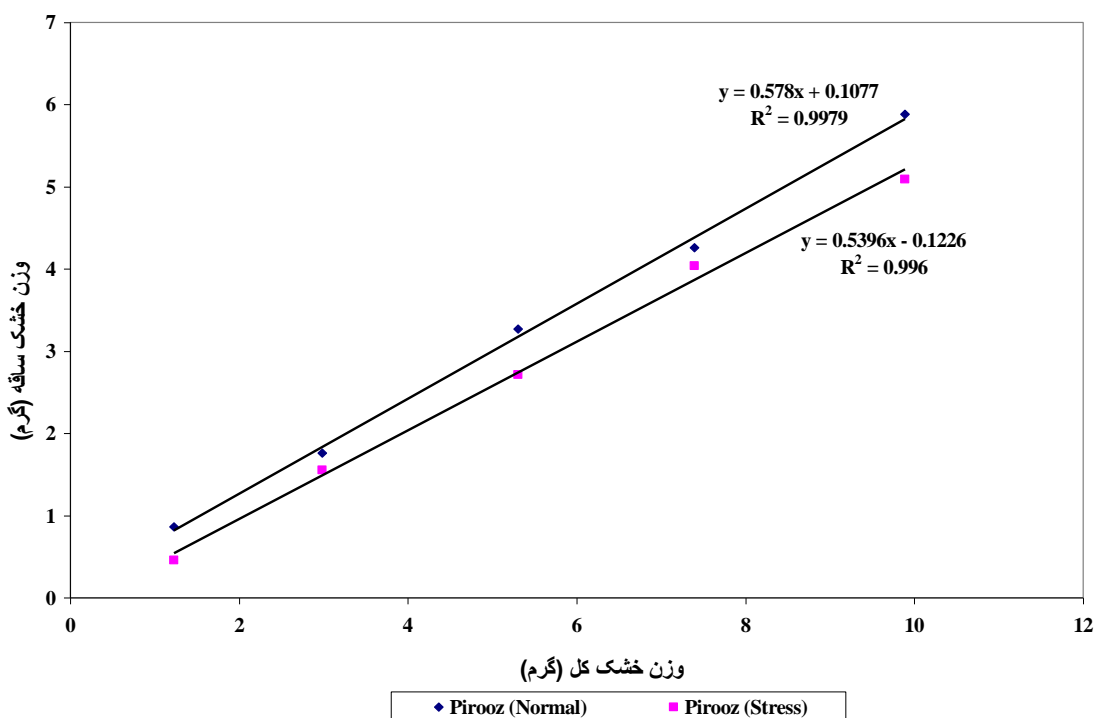
روند تغییرات وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک هوایی گیاه در شکل های ۷-۴ الی ۱۷-۴ آورده شده است. به طوریکه در این شکل ها دیده میشود معادله رگرسیونی خطی توانست تغییرات فوق الذکر را به خوبی پیش بینی نماید. از این رو از ضریب تبیین بالایی برخوردار بودند. ضریب X در معادله نشانگر نسبت اختصاص ماده خشک به ساقه است. تفاوت این نسبت در شرایط وجود و عدم وجود تنش از نظر آماری قابل اغماض بود. بر همین اساس می توان گفت کلیه ژنوتیپ ها نسبت معینی از وزن خشک را به ساقه اختصاص می دهند و این ویژگی تحت تاثیر رژیم رطوبتی قرار نمی گیرد.



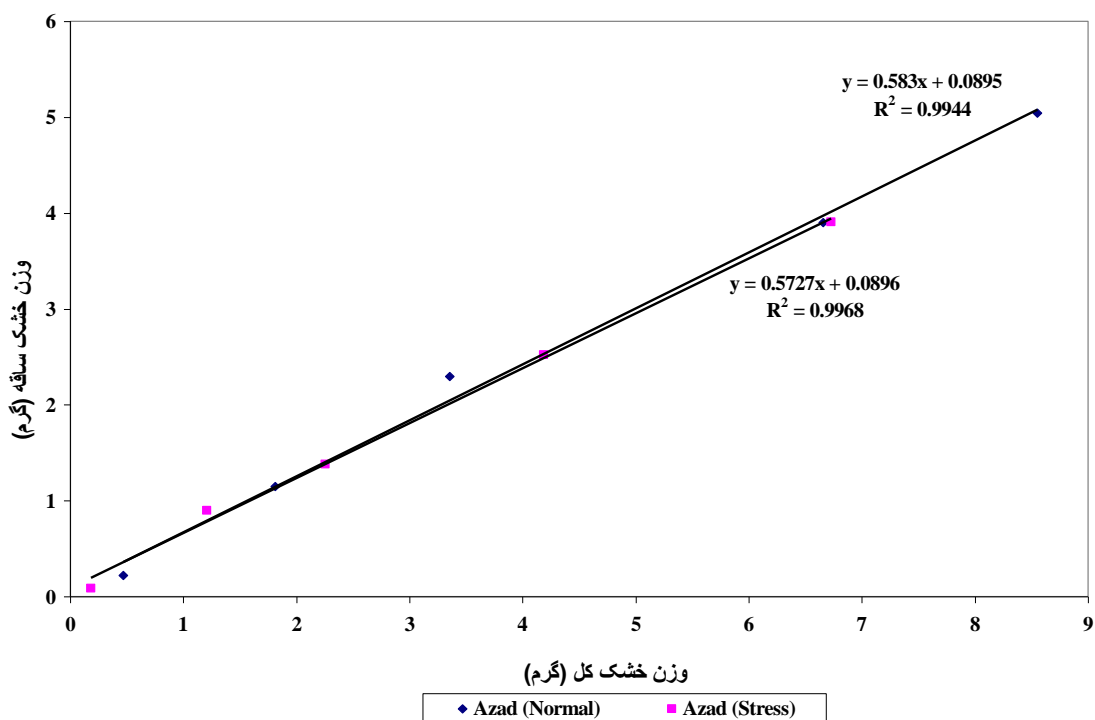
شکل ۷-۴- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم آرمان.



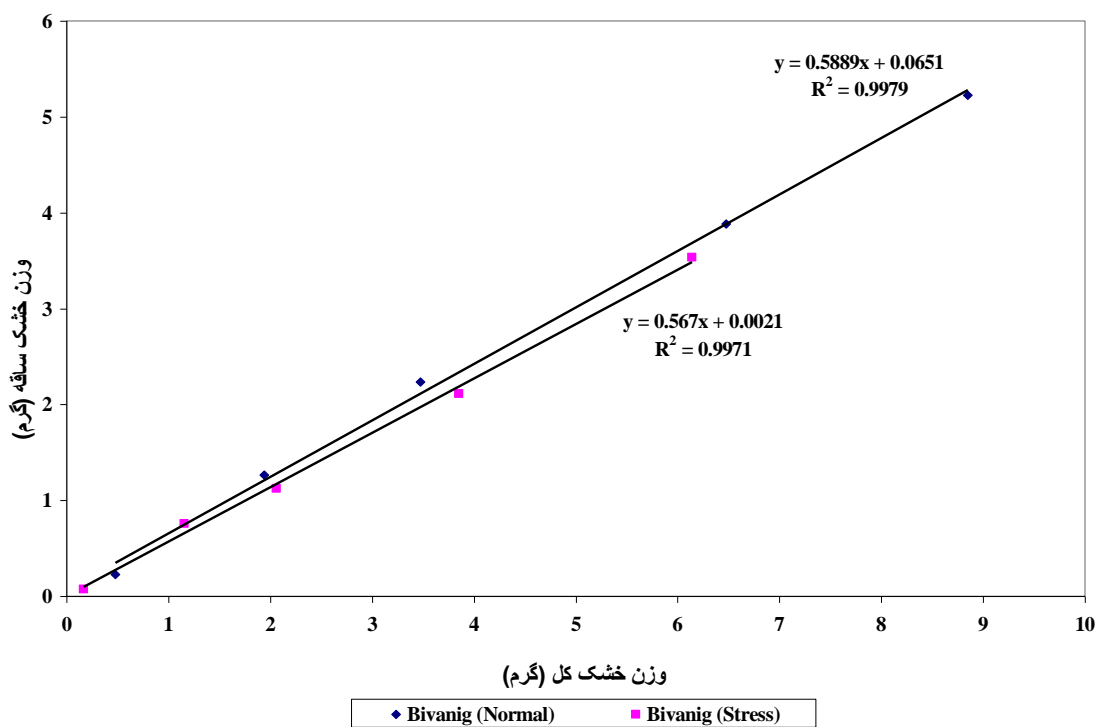
شکل ۴-۸- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل لاین ILC 482.



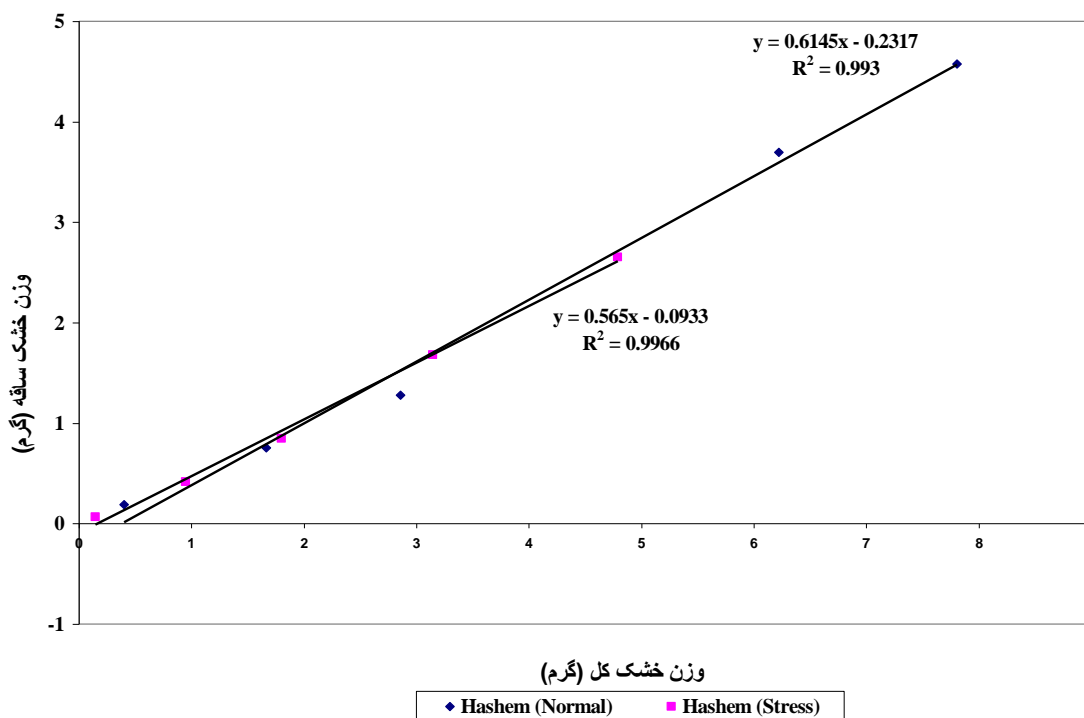
شکل ۴-۹- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم پیروز.



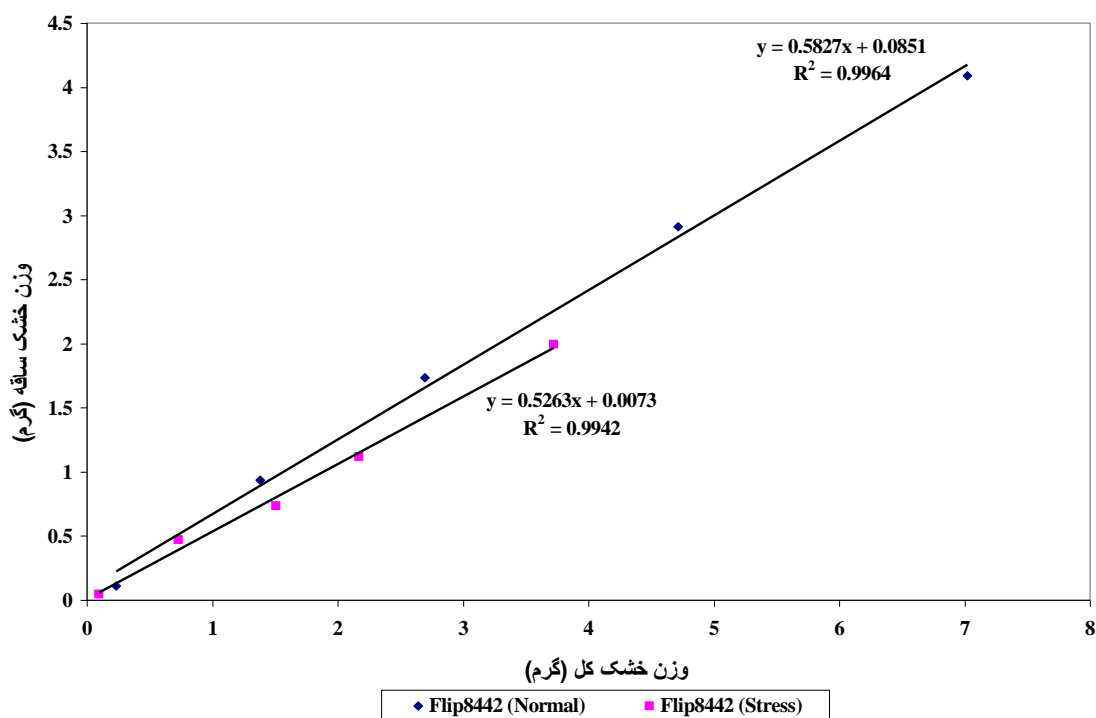
شکل ۴-۱۰- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم آزاد.



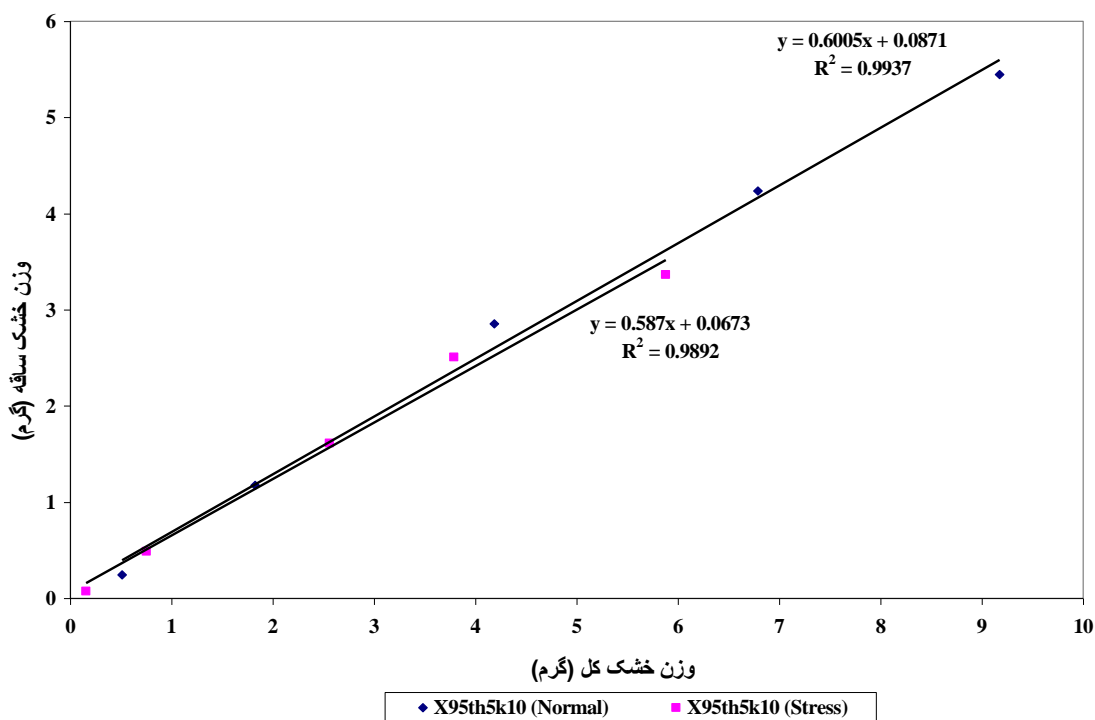
شکل ۴-۱۱- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم بیونیچ.



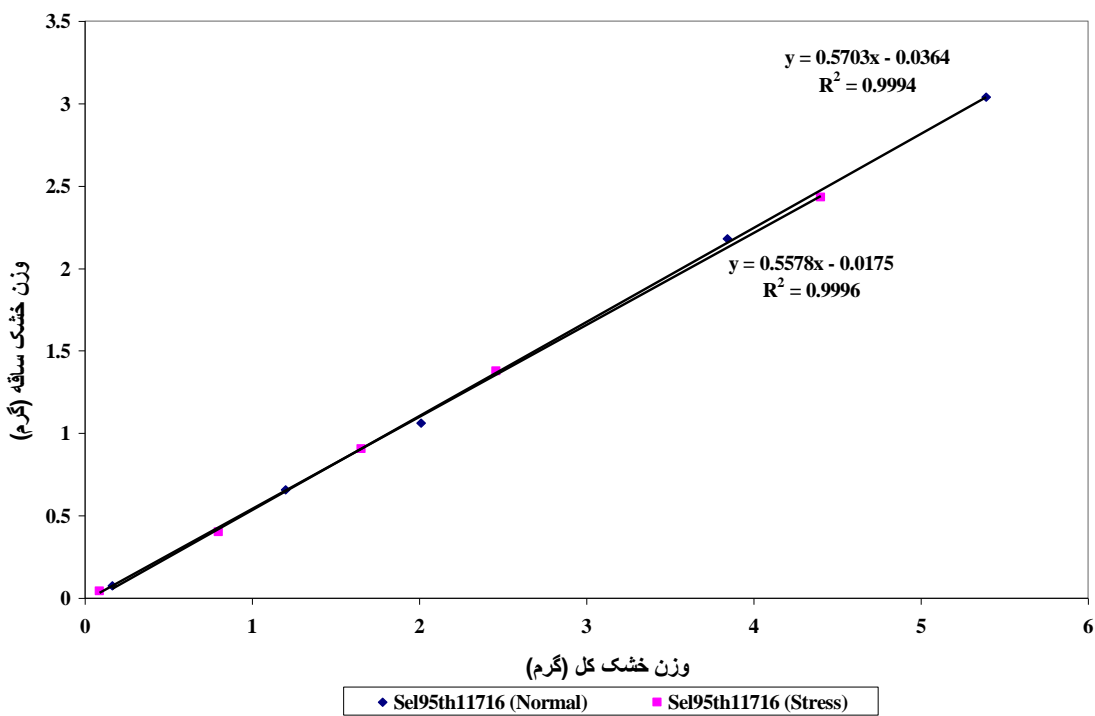
شکل ۴-۱۲- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل رقم هاشم.



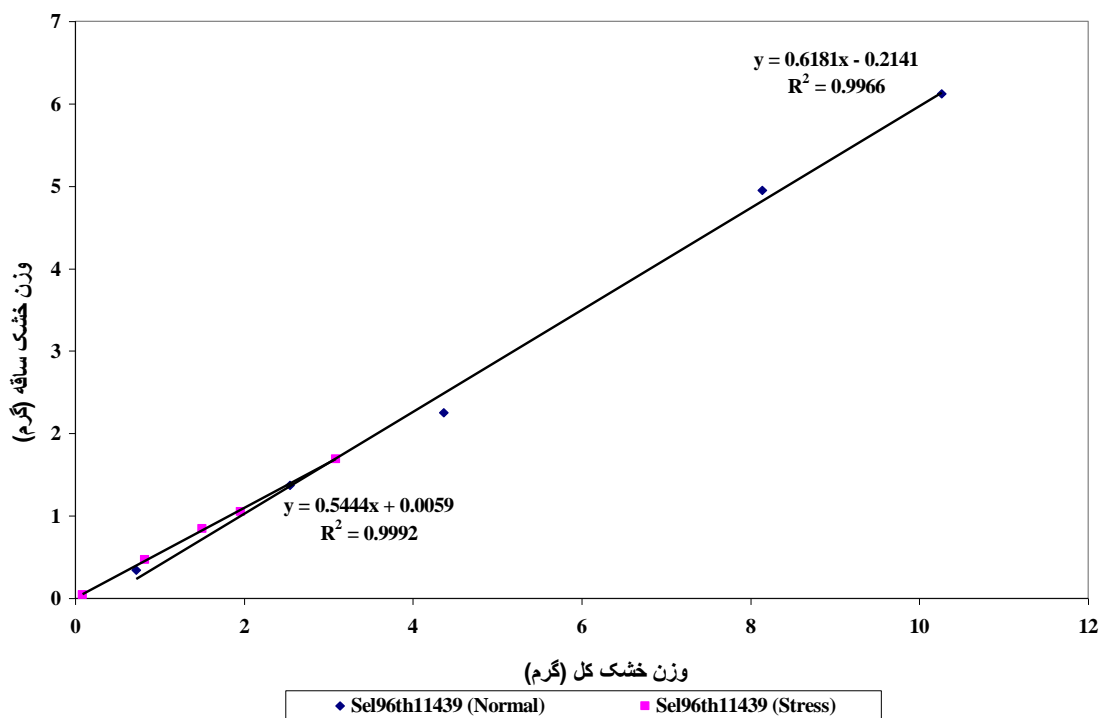
شکل ۴-۱۳- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ Flip 84-42.



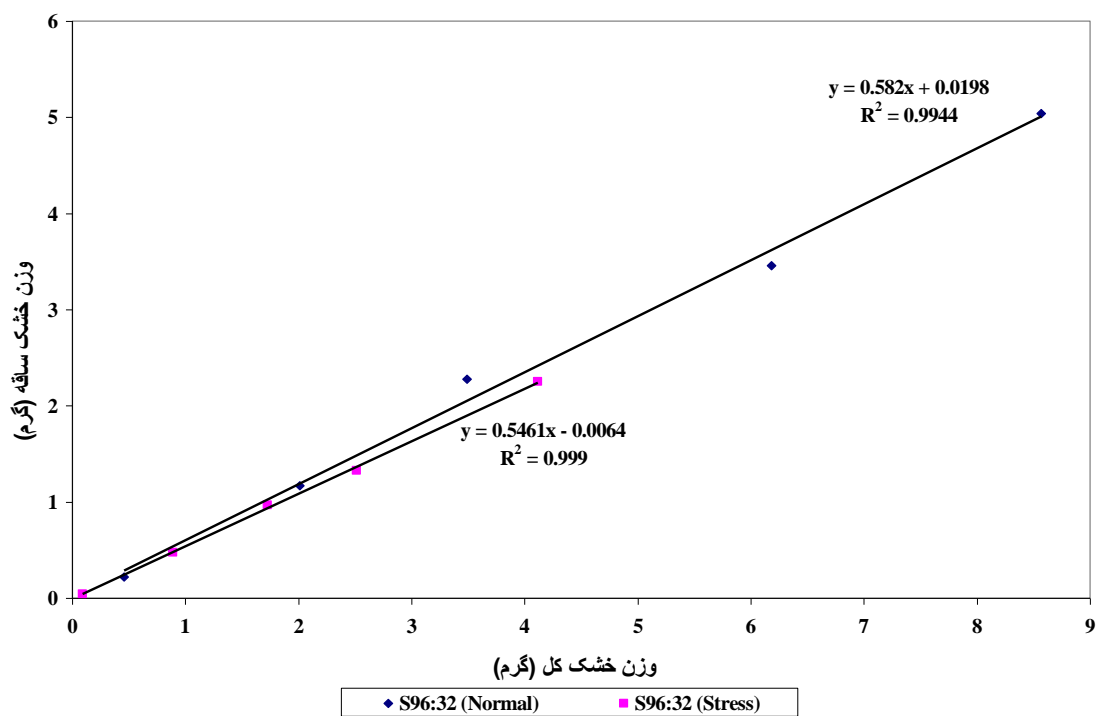
شکل ۴-۱۴- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ X 95 th 5 k 10



شکل ۴-۱۵- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ Sel 95 th 11716



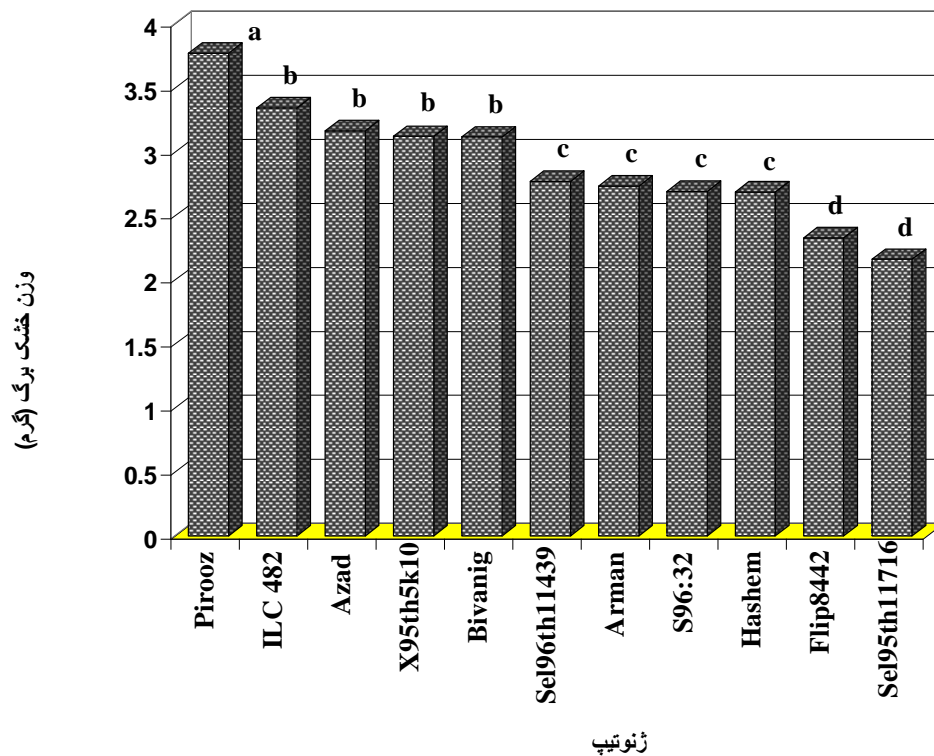
شکل ۴-۱۶- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ Sel 96 th 11439.



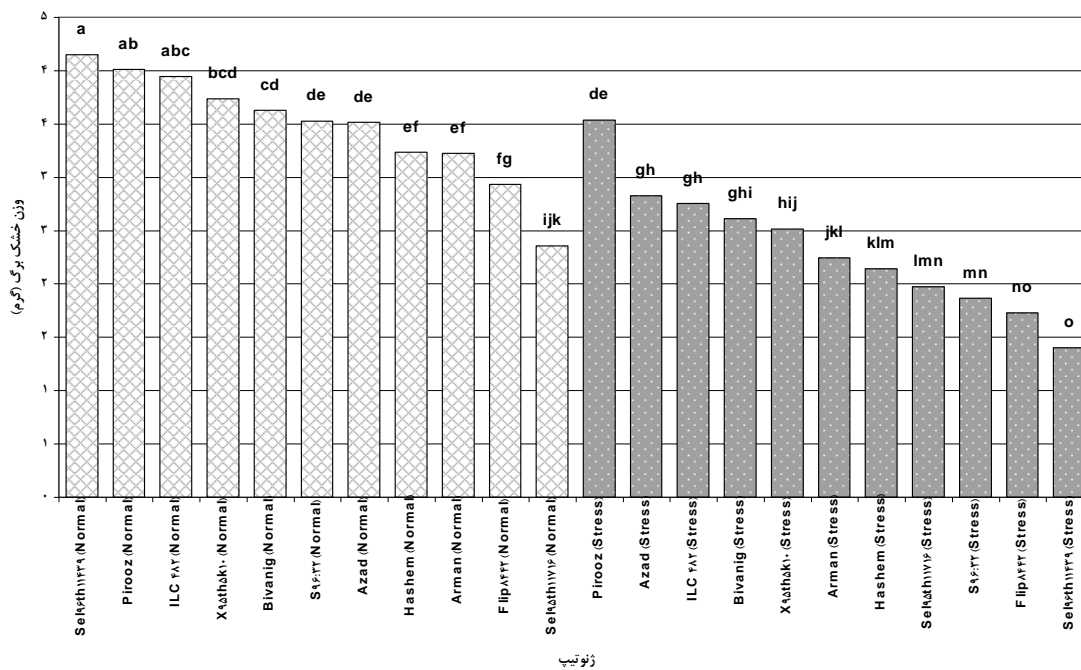
شکل ۴-۱۷- روند افزایش وزن خشک ساقه نسبت به وزن خشک کل ژنوتیپ S 96:32.

۳-۱-۴- وزن خشک برگ

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک برگ نشان داد که بالاترین وزن خشک مربوط به ژنوتیپ Sel96th11439 در شرایط بدون تنش بود. در حالی که بیشترین وزن خشک در شرایط تنش مربوط به رقم پیروز بود. کمترین مقدار وزن خشک برگ را ژنوتیپ Sel96th11439 در حالت تنش به خود اختصاص داد (شکل ۴-۱۹).

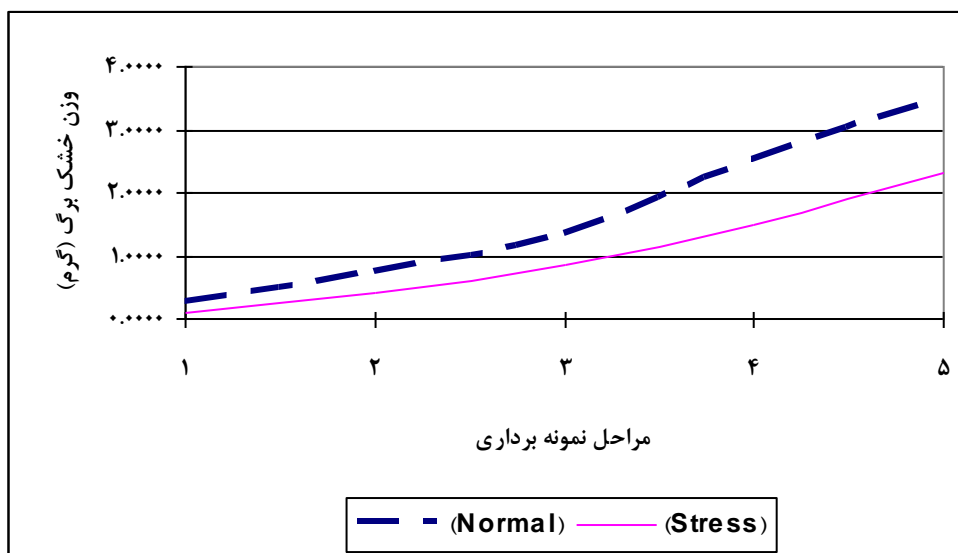


شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن خشک برگ.



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک برگ.

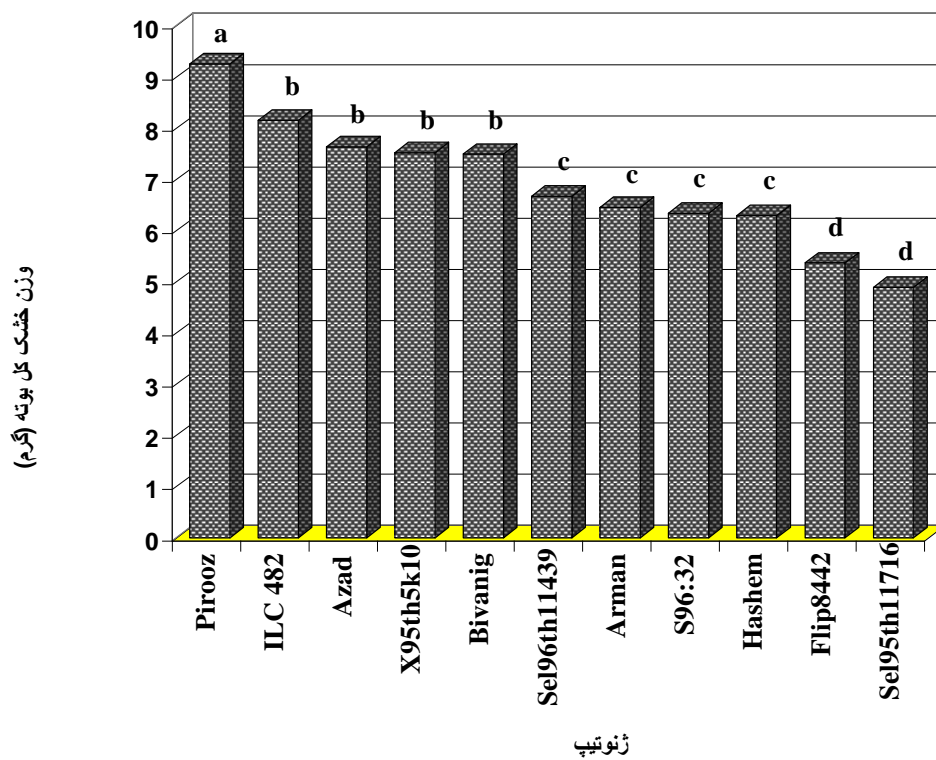
در سه نمونه برداری اول، شیب افزایش وزن خشک برگ نسبت به نمونه برداری های بعد کمتر بود (شکل ۴-۲۰). به طوریکه انتظار می رفت اختلاف شرایط تنش با شرایط نرمال از لحاظ این صفت با گذشت زمان بیشتر شد.



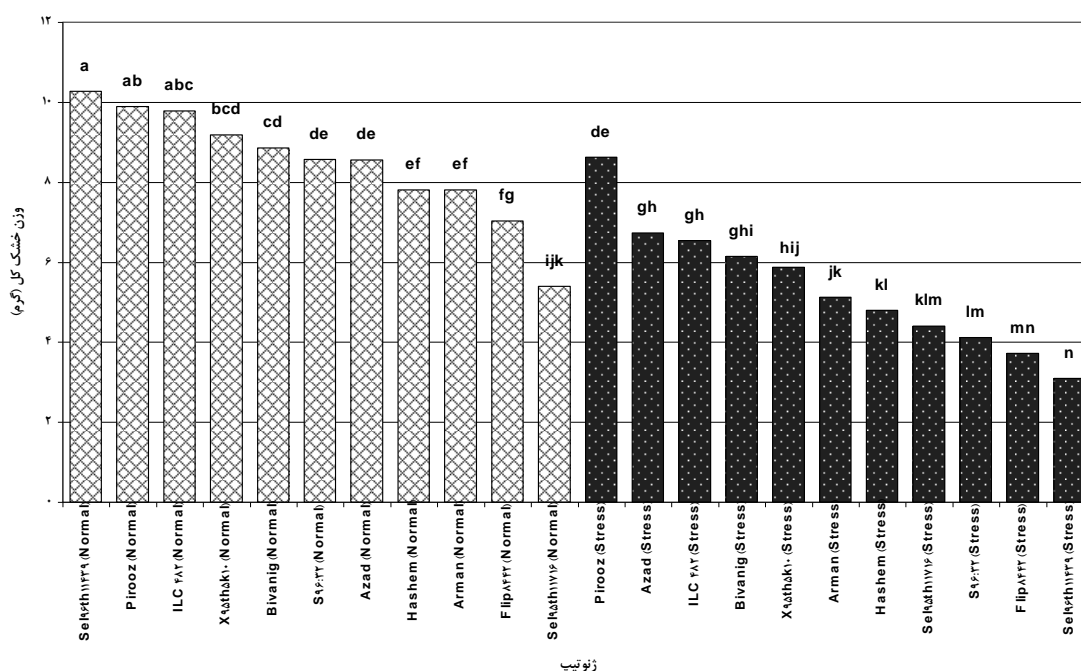
شکل ۴-۲۰- روند تغییرات میانگین وزن خشک برگ ژنوتیپ ها در محیط واجد تنش و بدون تنش.

۴-۱-۴- وزن خشک کل قسمت های هوایی

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک کل قسمت های هوایی نشان داد که بالاترین وزن خشک کل مربوط به ژنوتیپ Sel96th11439 در شرایط بدون تنش بود (شکل ۴-۲۲). در شرایط واجد تنش، رقم پیروز توانست از نظر این صفت در سطح بالاتری قرار بگیرد. کمترین مقدار وزن خشک کل قسمت های هوایی را ژنوتیپ Sel96th11439 در حالت تنش به خود اختصاص داد.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن خشک کل بوته.



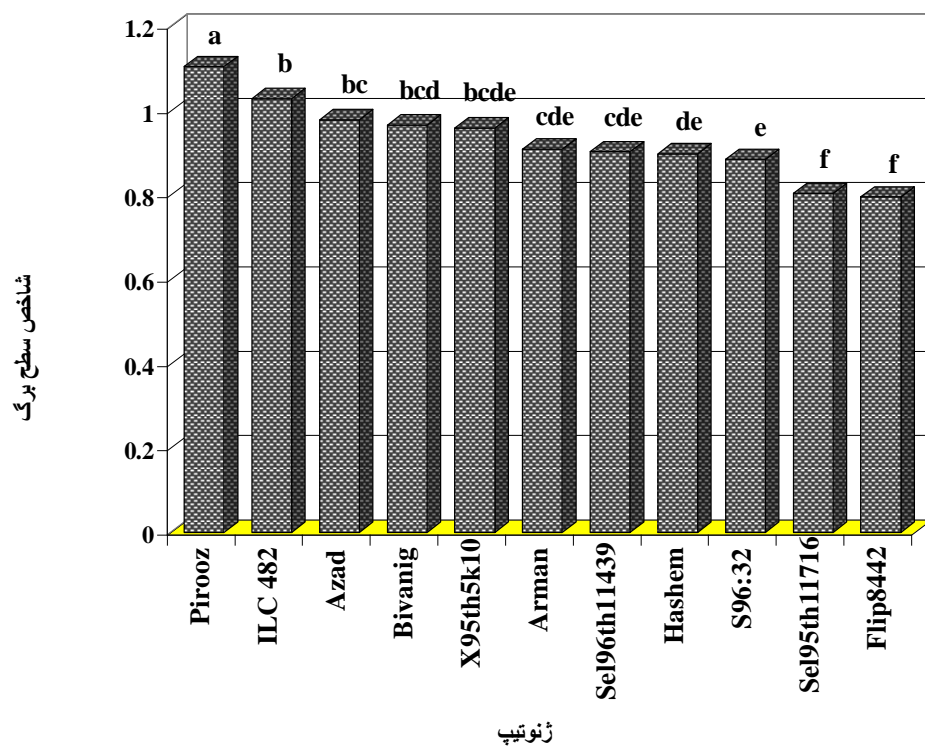
شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن خشک کل بوته.

ماده خشک تولیدی گیاهان به میزان توسعه سطح برگ، دوام آن و آب مصرفی بستگی دارد (زانگ و همکاران، ۱۹۹۹). همبستگی مثبتی بین کل ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه وجود دارد (پزشک پور و موسوی، ۱۳۸۴). دستیابی به عملکرد دانه بیشتر با افزایش تجمع ماده خشک و افزایش شاخص برداشت در گیاهان زراعی بدست می آید (اسپکت و همکاران، ۲۰۰۱). بین افزایش وزن خشک و طول دوره رشد در نخود (قاسمی گلعدانی و همکاران، ۱۳۷۶؛ شبیری و همکاران، ۱۳۸۵)، گندم (کریمی و همکاران، ۱۳۸۱) و کلزا (اوزونی دوجی و همکاران، ۱۳۸۶) رابطه سیگموئیدی وجود دارد. عملکرد ماده خشک گیاه با مقدار اشعه جذب شده توسط برگ ها رابطه مستقیم دارد. تاخیر در کاشت سبب افت ظرفیت تولید ماده خشک گیاه میشود (ویدن، ۲۰۰۰). ماده خشک تولیدی در کشت زود هنگام نسبت به کشت دیر هنگام بیشتر است (پزشک پور و موسوی، ۱۳۸۴). تنش خشکی با کاهش سطح برگ و دوام آن، افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز باعث افت تجمع ماده خشک تولیدی گیاه میشوند (سانگاکارا، ۱۹۹۴). در بررسی بعضی از لگوم های دانه ای تحت تنش خشکی مشاهده

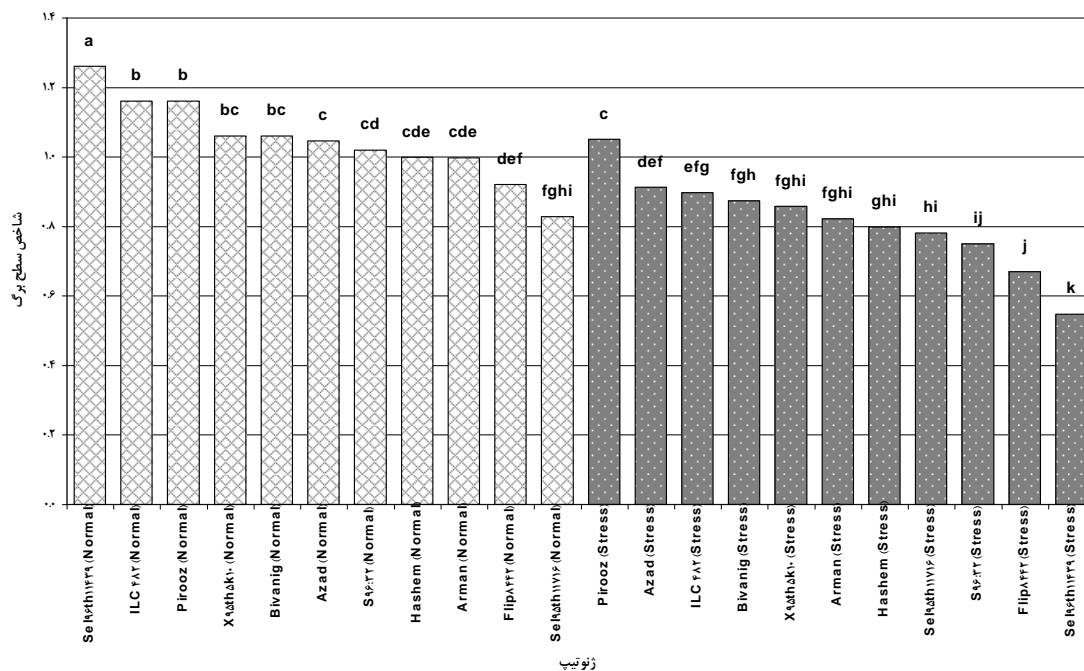
شد که عملکرد اقتصادی با میزان ماده خشک تولیدی همبستگی دارد (لپورت و همکاران، ۱۹۹۸b). صدیق و همکاران (۲۰۰۰) پیشنهاد کردند در نواحی کم باران غرب استرالیا با کاشت گونه های دارای تولید ماده خشک بیشتر می توان عملکرد اقتصادی را افزایش داد. افزایش ماده خشک تولیدی یکی از راه های بهبود عملکرد اقتصادی نخود است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). برای بدست آوردن عملکرد اقتصادی بالا مواردی همچون میزان تجمع ماده خشک قبل از غلاف دهی، سهم اختصاص یافته به دانه ها و توانایی انتقال مجدد منابع ذخیره ای از ساقه یا برگ ها به دانه با اهمیت می باشد (لپورت و همکاران، ۱۹۹۹). بین ماده خشک تولیدی و عملکرد اقتصادی در بیشتر گیاهان رابطه خطی وجود دارد (رزالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۴). لپورت و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که ماده خشک تولیدی در شرایط تنش، ۷۰-۶۰ درصد ماده خشک تولیدی در گیاهان آبیاری شده بود. تنش خشکی یک، دو و سه هفته بعد از شروع مرحله غلاف دهی نخود، ماده خشک تولیدی و عملکرد اقتصادی را کاهش می دهد. هرچه زمان اعمال تنش خشکی زودتر باشد میزان کاهش ماده خشک و عملکرد اقتصادی بیشتر است. تنش خشکی باعث کاهش ۳۱/۸٪ در تولید ماده خشک گیاه نخود شده است (راهنگدال و همکاران، ۱۹۹۴).

۴-۱-۵- شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر شاخص سطح برگ نشان داد که بالاترین شاخص مذکور مربوط به ژنوتیپ Sel96th11439 در شرایط بدون تنش بود. در شرایط واجد تنش، بالاترین شاخص سطح برگ در رقم پیروز دیده شد. کمترین مقدار شاخص سطح برگ را ژنوتیپ Sel96th11439 در حالت تنش به خود اختصاص داد (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر شاخص سطح برگ.



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر شاخص سطح برگ.

بیشتر تابش خورشیدی جذب شده در سایه انداز گیاهی توسط پهنک برگ دریافت میشود پس ظرفیت گیاه در دریافت تشعشع خورشیدی را اغلب با شاخص سطح برگ (سطح یک طرف پهنک برگ در واحد سطح زمین) بیان می کنند. این شاخص توسط واتسون (۱۹۵۲) به عنوان منبع تولید ارائه شد (امام و نیک نژاد، ۱۳۸۵). تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) به کمک نسبت سطح برگ هر بوته به سطح زمینی که اشغال کرده است محاسبه می گردد (الینگ، ۲۰۰۰).

کاهش سطح برگ در نخود فرنگی در دو فاز (توسعه دو سوم برگ ها و تقسیم سلولی)، کاهش تعداد سلولهای برگ و (توسعه یک سوم برگ و بزرگ شدن سلولی) کاهش اندازه سلول برگ صورت گرفت (لکوئور و سینکلر، ۱۹۹۶). کاهش سطح برگ ناشی از فرآیندهای درونی مرتبط با فتوسنتز گیاه می باشد که باعث تولید برگ های کوچکتر و زوال پیش از موعد آن میشود (رایت و همکاران، ۱۹۹۵). کاهش عملکرد بر اثر تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و پیری زودرس برگ ها مهمتر از تاثیر آن بر فتوسنتز گیاه است. کارایی مصرف نور با توزیع بهتر تشعشع فعال فتوسنتزی در کانوپی گیاهان متأثر از شرایط تنش خشکی افزایش می یابد (آروس و همکاران، ۲۰۰۲). خشکی بصورت غیر مستقیم، مقدار مواد فتوسنتزی منتقل شده از برگ ها را کاهش می دهد؛ زیرا انتقال مواد از آوند آبکشی به پتانسیل فشاری مبدا و مقصد بستگی دارد. طی تنش کم آبی، پتانسیل آب در آوند آبکشی کاهش یافته و در اثر کاهش پتانسیل آماسی، از انتقال مواد فتوسنتزی جلوگیری میشود. در نتیجه مقدار آسیمیلات ذخیره ای کاهش یافته و باعث افت تشکیل دانه می گردد (کافی و همکاران، ۱۹۹۹). میزان نور جذب شده توسط سایه انداز گیاه از عوامل تعیین کننده میزان تولید ماده خشک گیاه می باشد و کاهش سطح برگ و به طبع آن کاهش جذب نور بر اثر تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه تاثیر مستقیم دارد. حداکثر جذب نور توسط پوشش گیاهی (کانوپی) به نرخ رشد، تراکم و زاویه برگ بستگی دارد. در مراحل اولیه رشد، صدمه تنش رطوبتی بر سطح برگ قابل جبران است. در تنش رطوبتی انتهایی رشد، سطح برگ توانایی ترمیم صدمات را ندارد و افت عملکرد افزایش می یابد (لکوئور و سینکلر، ۱۹۹۶). گسترش سریع سطح برگ سبب پوشش سریع سطح خاک و کاهش

تابش خورشید به سطح خاک میشود. این مساله باعث دریافت مقدار بیشتری از تشعشع خورشیدی می گردد؛ در اوایل فصل رشد که گیاهچه ها کوچک هستند این موضوع، حائز اهمیت است. افزایش تعرق و کاهش تبخیر از سطح خاک از مزایای گسترش سریع سطح برگ اولیه است که به نوبه خود سبب افزایش فتوسنتز، افزایش تولید ماده خشک و در نهایت افزایش عملکرد میشود. تحت شرایط معمول، افزایش سهم تعرق از میزان تبخیر و تعرق انجام شده در مزرعه، از اهداف عمده مدیریت زراعی کارآمد می باشد. به عبارت دیگر هر چقدر سهم تعرق یا کارایی تعرق (میزان عملکرد دانه به ازای آب مصرف شده به وسیله گیاه از طریق تعرق) افزایش یابد به همان نسب پتانسیل تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد افزایش می یابد. ارقام با گسترش سطح برگ اولیه سریعتر بهتر می توانند از خسارت آفات و بیماریهای اوایل فصل رشد فرار کنند. رشد سریعتر در ابتدای فصل رشد منجر به افزایش اندوخته غذایی و همچنین افزایش گسترش ریشه کلزا شده که در نتیجه گیاهچه ها تحمل بیشتری نسبت به تنش های ابتدای فصل مانند تنش سرما و خشکی از خود نشان دادند. کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش خشکی ممکن است بر اثر کاهش سرعت رشد برگ، کاهش سرعت ظهور برگ های جدید، تسریع در پیری و ریزش برگ ها حادث شود (روزنتال و همکاران، ۱۹۸۷). سرعت رشد برگ بطور مستقیم به پتانسیل فشاری سلول های برگ بستگی دارد. در شرایط تنش، کاهش پتانسیل فشاری سلول ها جلوی توسعه سطح برگ را می گیرد (بانون و همکاران، ۲۰۰۴). پیری برگ باعث از بین رفتن ظرفیت فتوسنتزی و کاهش سرعت آن، آشفته گی سلول ها، تغییر محتوی کلروفیل و نیتروژن برگ، تسریع تنفس میشود (دسوزا و همکاران، ۱۹۹۷). در آزمایش تنش خشکی روی چهار رقم لوبیا، کاهش سطح برگ مشاهده شد (کاستافرانکا و همکاران، ۲۰۰۰). تنش خشکی تعداد برگچه هر برگ مرکب نخود را افزایش ولی سطح برگ گیاه نخود را کاهش داد (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی در کلزا مشاهده شده است (دپنبرک، ۲۰۰۰). همبستگی قوی بین شاخص سطح برگ و عملکرد دانه وجود دارد (ساکسنا، ۱۹۸۷؛ سینگ و

همکاران، ۱۹۹۷). تنش رطوبتی بعد از کامل شدن سطح برگ باعث پیری برگ، ریزش و کاهش سطح آن میشود. این تنظیم سطح برگ موجب سازگاری گیاه و جلوگیری از هدر رفتن آب قابل دسترس می گردد (کافی و دامغانی، ۱۳۷۹). بیشترین اثر تنش خشکی روی شاخص سطح برگ، افت نرخ رشد برگ (لکوئور و سینکلر، ۱۹۹۶) تعداد برگ در بوته، تسریع پیری و ریزش برگ می باشد (لوپز و همکاران، ۱۹۹۷). مقدار تاثیر تنش خشکی بر نرخ رشد برگ به میزان آب قابل دسترس گیاه بستگی دارد (دسوزا و همکاران، ۱۹۹۷). در آزمایشی روی نخود فرنگی با کاهش آب قابل دسترس گیاه، نرخ رشد برگ بطور خطی ($r=0/96$) کاهش یافت (لکوئور و سینکلر، ۱۹۹۶). تنش شدید خشکی با کاهش نیتروژن و کلروفیل برگ (افزایش انتقال مجدد)، باعث تسریع در پیری برگ شد (دسوزا و همکاران، ۱۹۹۷). بیشتر افت سطح برگ ناشی از تسریع پیری برگ بر اثر تنش خشکی در مرحله زایشی ایجاد گردید (لوپز و همکاران، ۱۹۹۷). تنش خشکی با تاثیر بر شاخص سطح برگ، باعث افت میزان جذب نور و کاهش راندمان مصرف نور در گیاه میشود (تسفای و همکاران، ۲۰۰۶). تنش کمبود آب باعث پیری زودرس برگ ها در نخود (سینگ، ۱۹۹۱؛ اویس و همکاران، ۲۰۰۴)، ذرت (اپارسیوتجو و بویر، ۱۹۸۳)، سویا (دسوزا و همکاران، ۱۹۹۷) و آفتابگردان (وایتفیلد و همکاران، ۱۹۸۹) میشود. ریزش سریع برگ از عوامل اصلی کاهش شاخص سطح برگ در سویا، ماش و گاودانه تحت تیمار بدون آبیاری بوده است (ماچو و همکاران، ۱۹۹۳). تنش کمبود آب شاخص سطح برگ را در ژنوتیپ های مختلف نخود ۳۲٪ کاهش داد (راهنگدال و همکاران، ۱۹۹۴).

۲-۴- عملکرد و اجزای آن

۴-۲-۱- ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک

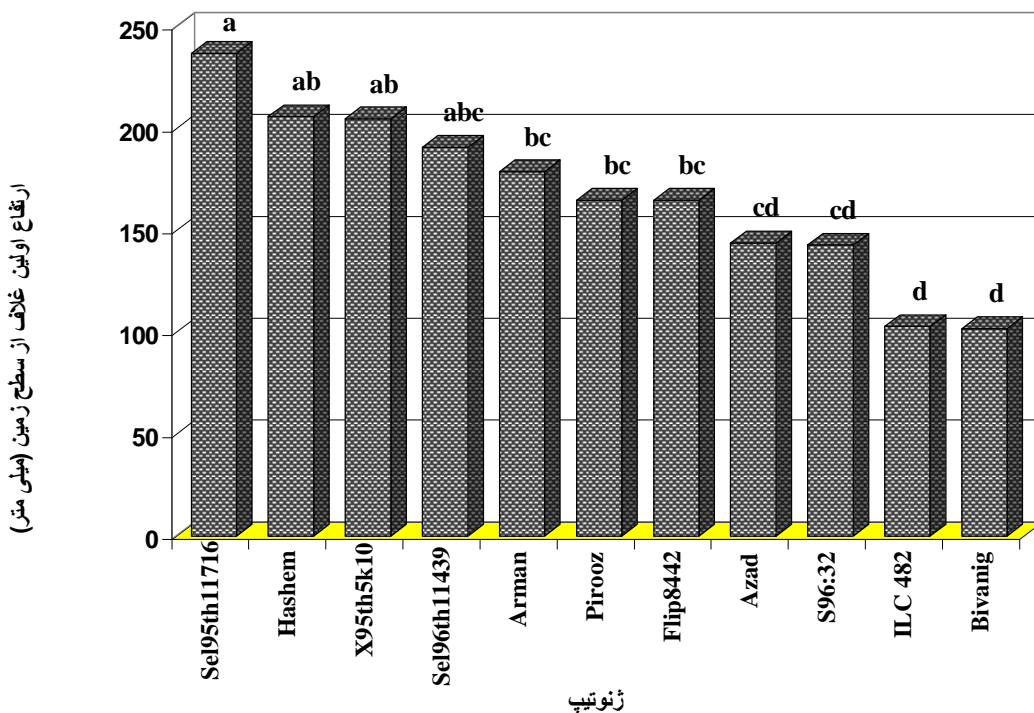
نتایج این تحقیق نشان داد که از لحاظ این صفت با احتمال ۹۹ درصد بین ژنوتیپ ها اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۴-۲). هم چنین نتایج این مطالعه نشان داد رژیم رطوبتی تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک داشته است. ارزیابی میانگین

ژنوتیپ بر ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک برتری ژنوتیپ Sel95th11716 را نشان داد (شکل ۴-۲۵).
 کمترین مقدار نیز به رقم بیونیچ اختصاص یافت که با ژنوتیپ ILC 482 از نظر آماری تفاوتی نداشت.
 همچنین نتایج نشان داد اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی معنی دار نشد.

جدول ۴-۲: آنالیز واریانس ژنوتیپ و رژیم رطوبتی بر صفات عملکردی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع اولین غلاف	تعداد شاخه در تونه	تعداد غلاف در تونه	تعداد دانه در تونه	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه
بلوک	۲	۹۲۹/۸۷۹ ^{ns}	۰/۲۲۳ ^{ns}	۱۴/۸۱۶ ^{ns}	۱/۶۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۲۱/۷۸۲ ^{**}
ژنوتیپ (A)	۱۰	۱۰۷۴۱/۹۲۷ ^{**}	۱۱/۵۱۶ ^{**}	۲۴۸/۹۶۶ ^{**}	۴۶۰/۳۶۱ ^{**}	۰/۰۵۵ ^{**}	۱۵۳/۳۹۶ ^{**}
رژیم رطوبتی (B)	۱	۶۴۹۲۲/۷۲۷ ^{**}	۴۲/۴ ^{**}	۱۹۹۵/۴ ^{**}	۳۵۰۵/۴۷ ^{**}	۰/۵۲۸ ^{**}	۱۹۴/۲۰۲ ^{**}
ژنوتیپ × رژیم رطوبتی (B×A)	۱۰	۱۲۲۹/۳۹۴ ^{ns}	۳/۱۷۱ ^{**}	۶۴/۵۹۹ ^{**}	۹۲/۴۰۳ ^{**}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۹/۱۹۵ ^{**}
خطای آزمایش	۴۲	۹۱۵/۱۴۹	۰/۳۲۸	۴/۶۳	۶/۵۰۹	۰/۰۰۷	۲/۲۳۹

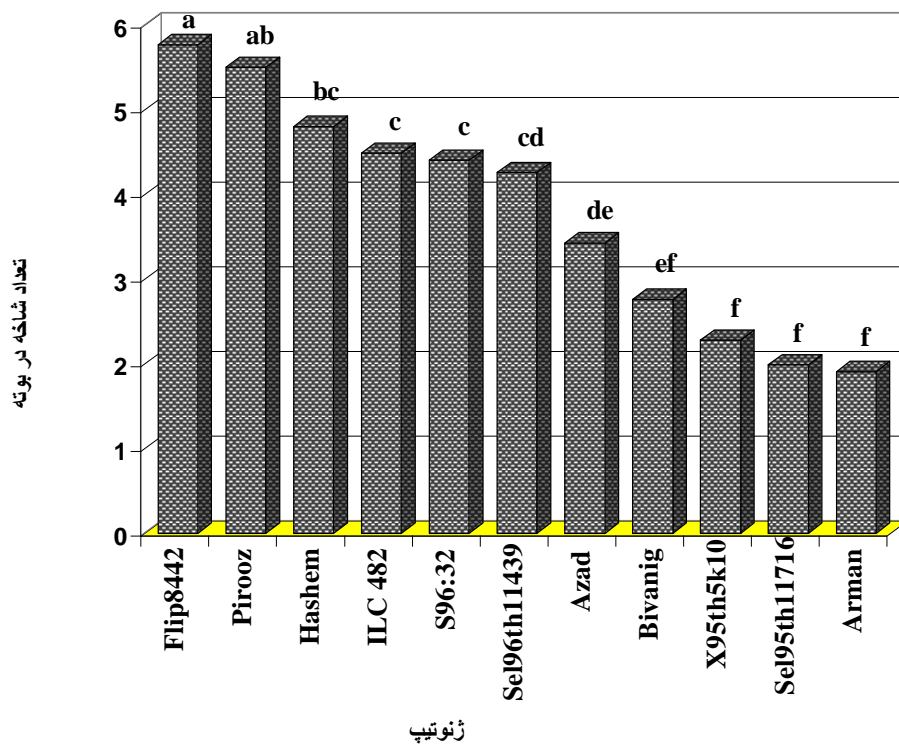
ns, * و ** به ترتیب، به مفهوم عدم وجود اختلاف، وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.



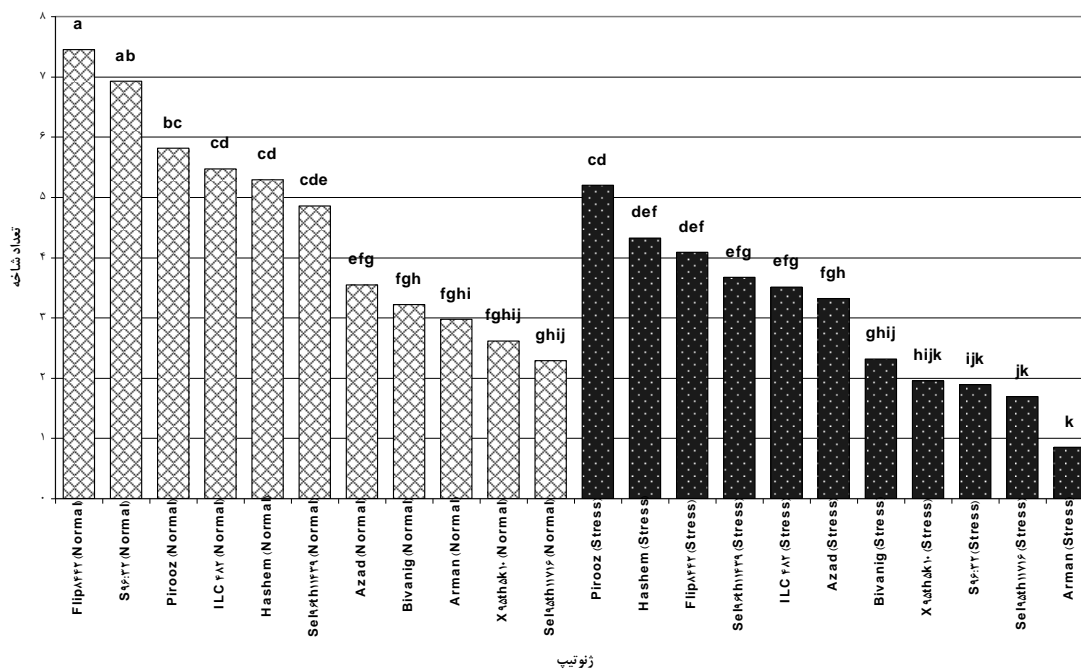
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک.

۴-۲-۲- تعداد شاخه

نتایج این تحقیق نشان داد که با احتمال ۹۹ درصد بین ژنوتیپ ها از نظر تعداد شاخه متفاوت بودند (جدول ۴-۲) و رژیم رطوبتی نیز تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی تعداد شاخه داشته است. نتایج نشان داد اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی برای این صفت معنی دار بدست آمد. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ Flip84-42 از نظر این صفت بر ژنوتیپ های دیگر برتری داشت (شکل ۴-۲۷). این در حالی است که در شرایط واجد تنش برتری در رقم پیروز دیده شد.



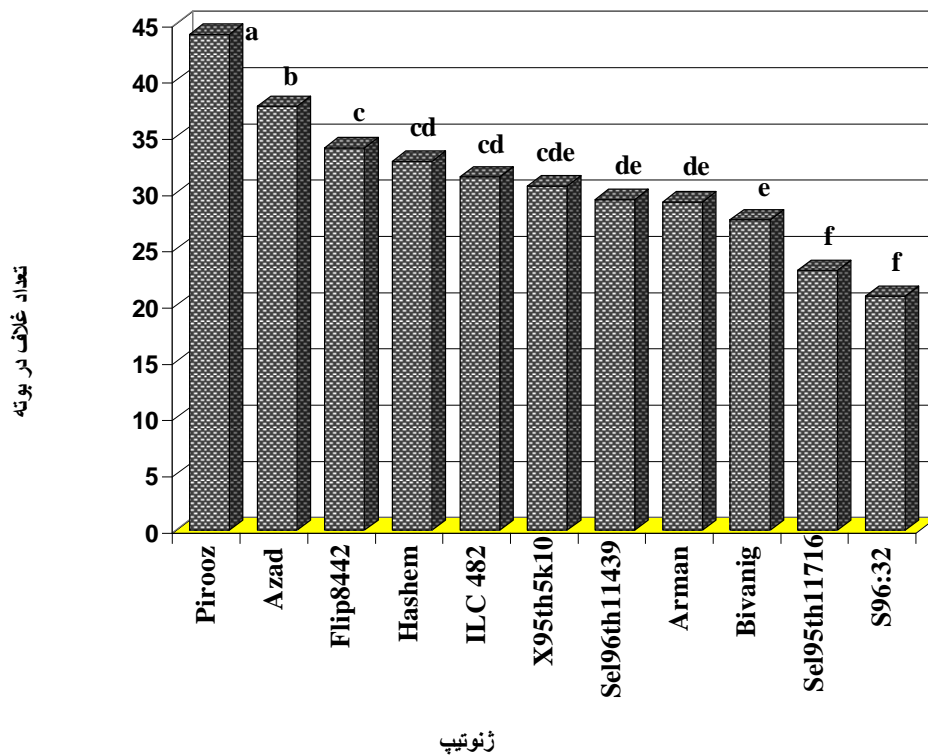
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد شاخه.



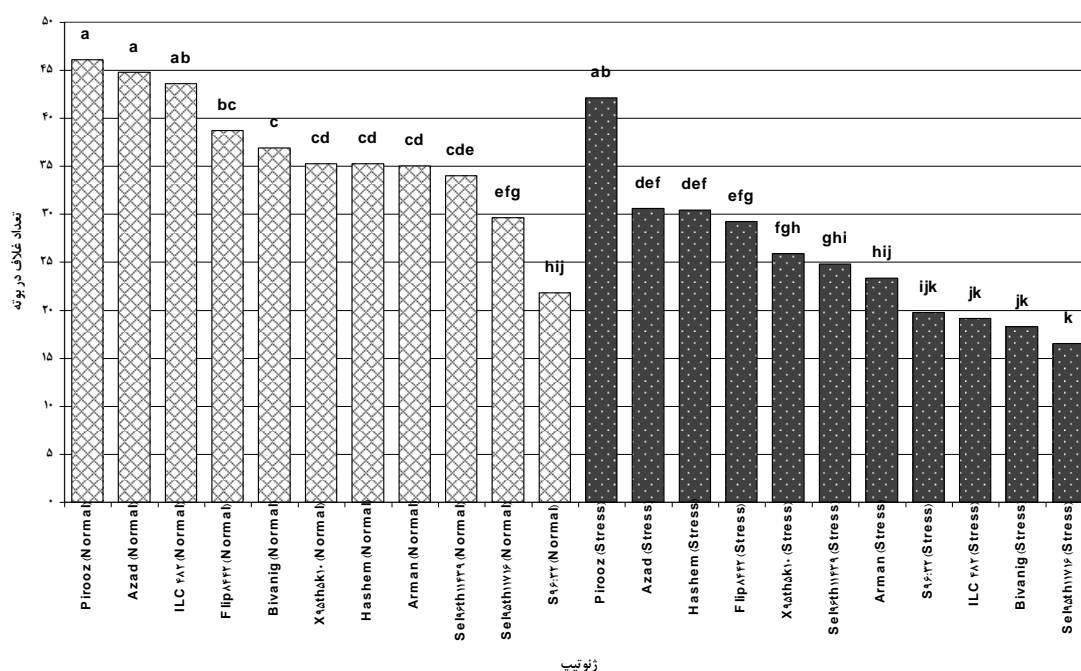
شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر تعداد شاخه.

۳-۲-۴- تعداد غلاف در بوته

همانند صفات دیگر، ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر تعداد غلاف در بوته نیز تفاوت قابل ملاحظه ای داشتند (جدول ۴-۲). این تفاوت در مورد سطوح تنش خشکی نیز صادق بود. در شرایط بدون تنش، رقم پیروز از نظر تعداد غلاف در بوته بهترین رقم می باشد. در شرایط واجد تنش، این برتری به رقم پیروز اختصاص دارد (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد غلاف در بوته.

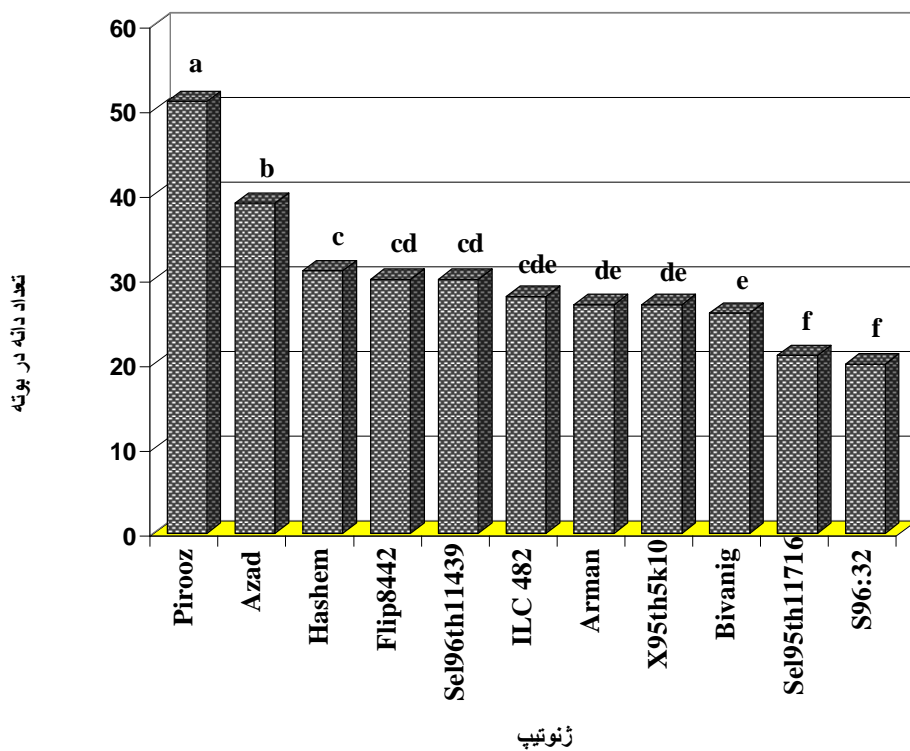


شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر تعداد غلاف در بوته.

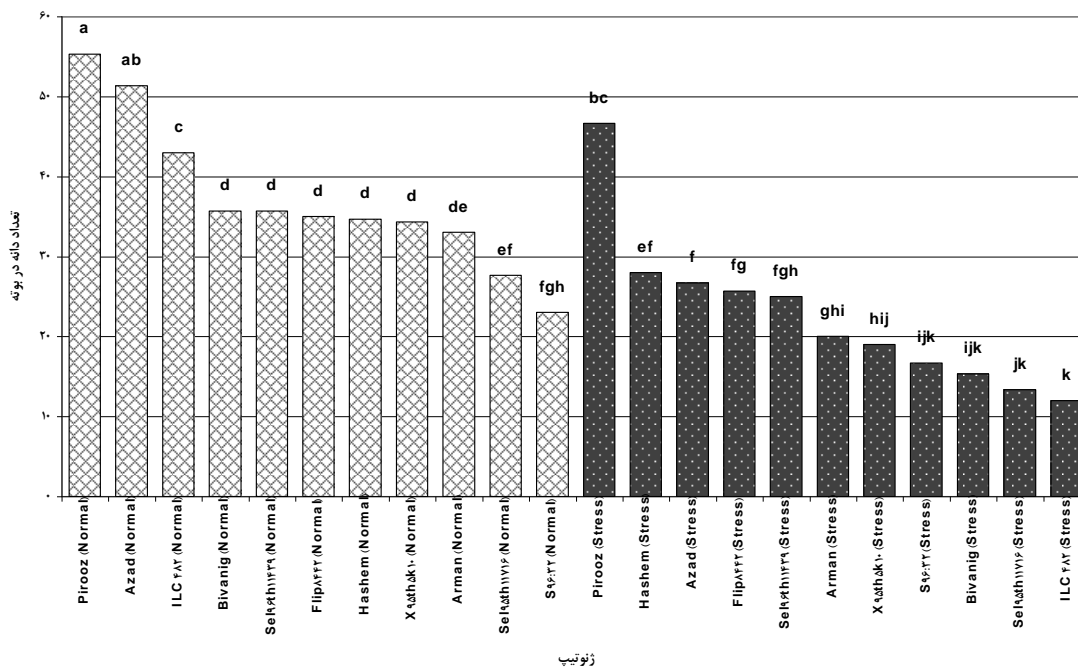
تنش خشکی باعث کاهش ۲۶/۳٪ در تعداد غلاف در بوته نخود شده است (راهنگدال و همکاران، ۱۹۹۴). در اثر تنش خشکی دوره گلدهی و تعداد گل ها کاهش یافت و در نتیجه تعداد غلاف و دانه در گیاه بعلت عدم تکامل آن کمتر از شاهد بود (کیزمان، ۲۰۰۳). در آزمایش سانتوز و همکاران (۲۰۰۶) روی لوبیا، تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته شد. ریزش غلاف در تنش خشکی آخر فصل توسط لپورت و همکاران (۱۹۹۸a) گزارش شده است. وضعیت رطوبتی خاک، تعداد غلاف در بوته را تحت تاثیر قرار می دهد (سینگ و سینگ، ۱۹۸۸؛ یدو و همکاران، ۱۹۹۴).

۴-۲-۴- تعداد دانه در بوته

این صفت به طور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر اثرات ساده و اثرات متقابل ژنوتیپ و رژیم رطوبتی قرار گرفت (جدول ۴-۲). در شرایط نرمال و تنش دار، رقم پیروز بر ژنوتیپ های دیگر برتری داشت (شکل ۴-۳۱).



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد دانه در بوته.

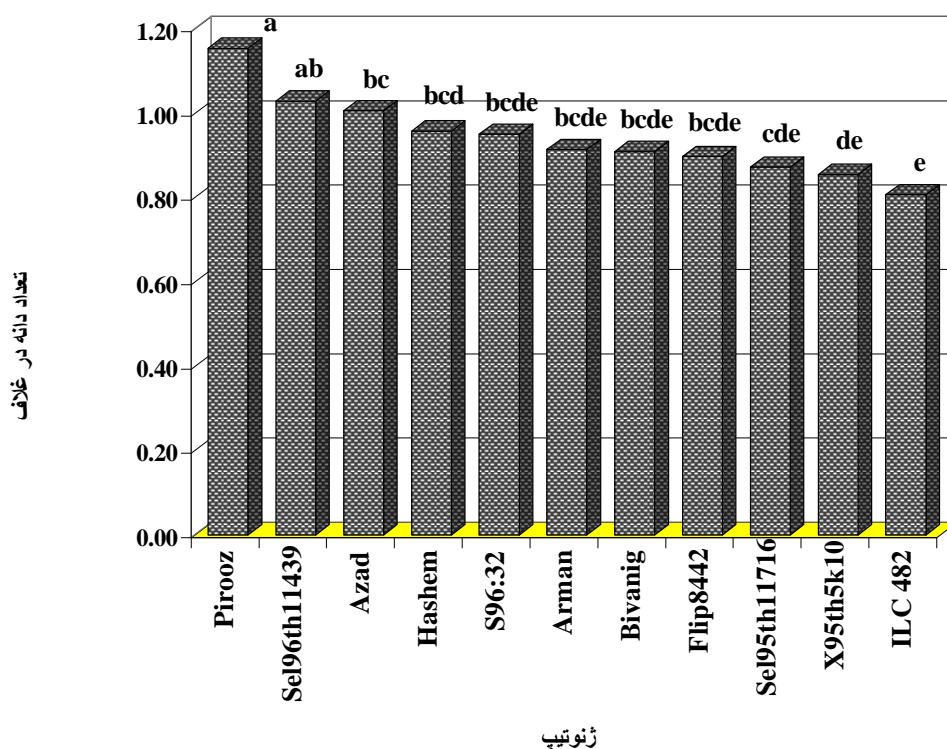


شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر تعداد دانه در بوته.

تنش کمبود آب باعث ریزش گل ها، کاهش تشکیل غلاف، افزایش غلاف های پوک، کاهش طول دوره پر شدن دانه ها و افت عملکرد اقتصادی میشود (اویس و همکاران، ۲۰۰۴). وقوع تنش خشکی بعد از مرحله شروع غلاف دهی باعث کاهش ۳۰ درصدی عملکرد شد (بهبودیان و همکاران، ۱۳۸۴). مرحله غلاف دهی در ماش (دی کاستا و همکاران، ۱۹۹۹) و مرحله پر شدن دانه سویا (اسپکت و همکاران، ۲۰۰۱) حساس ترین مراحل رشدی به تنش کمبود آب می باشند.

۴-۲-۵- تعداد دانه در غلاف

اثرات ساده ژنوتیپ و رژیم رطوبتی بر تعداد دانه در غلاف معنی دار بدست آمد (جدول ۴-۲). اثر متقابل تیمارها معنی دار نشد. مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد دانه در غلاف نشان داد که بالاترین عملکرد مربوط به رقم پیروز بود (شکل ۴-۳۲). کمترین تعداد دانه در غلاف را ژنوتیپ ILC 482 به خود اختصاص داد.

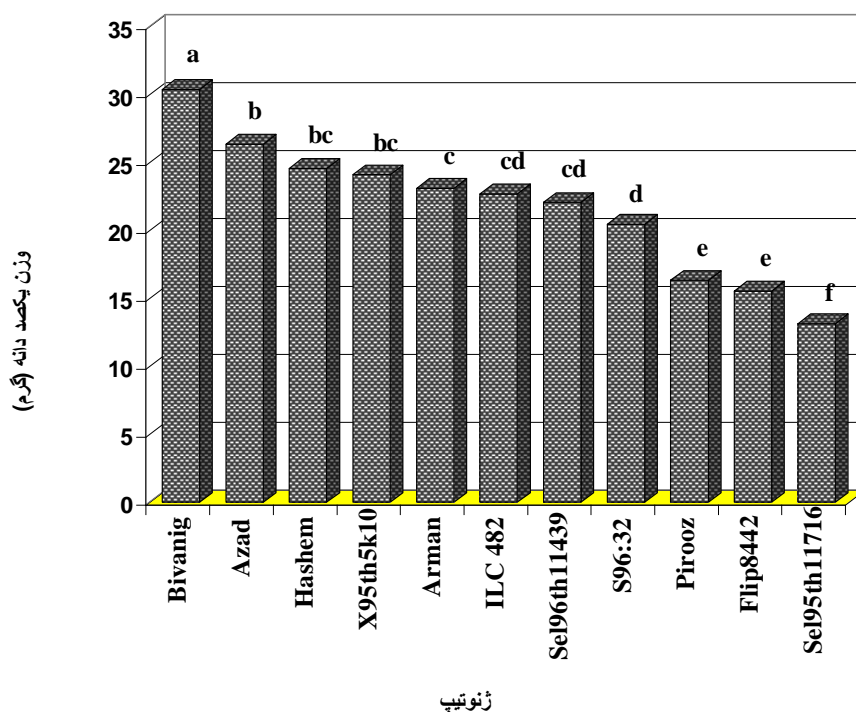


شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر تعداد دانه در غلاف.

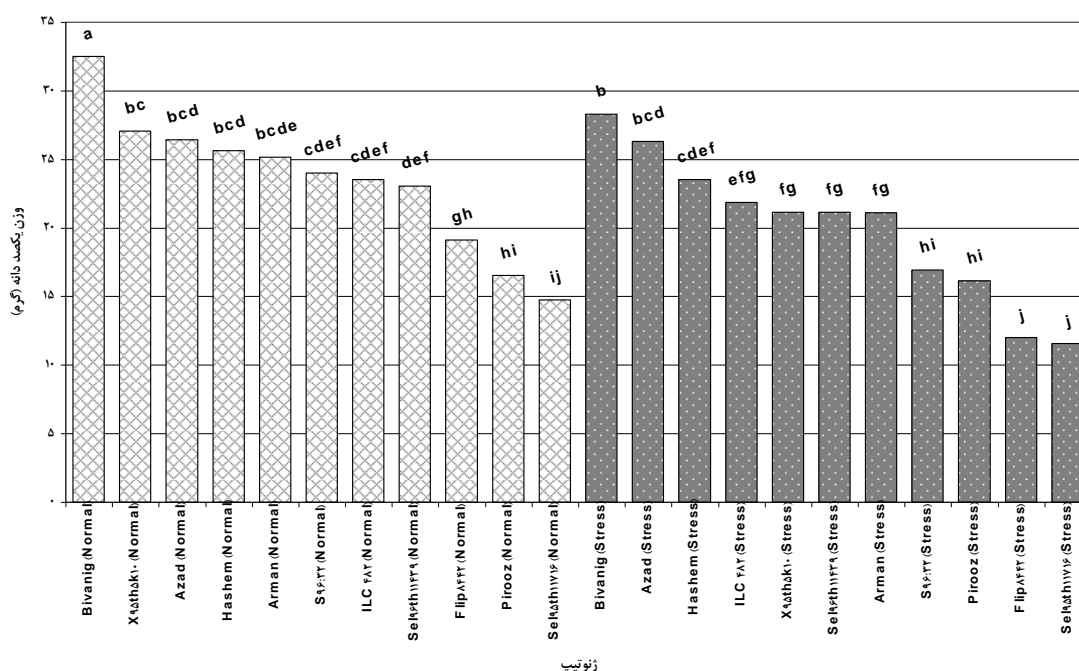
تعداد دانه در غلاف با ثبات ترین جزء عملکرد حبوبات است. در شرایط مختلف محیطی این صفت تاثیری مانند صفت تعداد غلاف در بوته بر تغییرات عملکرد ندارد (خوشوقتی، ۲۰۰۶). تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تاثیر عوامل ژنتیکی قرار می گیرد و عوامل محیطی تاثیر ناچیزی روی آن دارند (آلد و همکاران، ۱۹۸۸). عدم تاثیر رژیم آبیاری بر تعداد دانه در غلاف توسط یدو و همکاران (۱۹۹۴)، قاسمی گلعدانی و همکاران (۱۳۷۶) و انوار و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است.

۴-۲-۶- وزن یکصد دانه

این صفت به طور قابل توجهی تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل ژنوتیپ و رژیم رطوبتی قرار گرفت (جدول ۴-۲). مقایسه میانگین وزن یکصد دانه برای ترکیبات تیماری مختلف نشان داد که بالاترین کمیت این صفت مربوط به رقم بیونیچ در شرایط بدون تنش بود. در حالی که بالاترین مقدار در شرایط تنش در رقم بیونیچ دیده شد. کمترین مقدار وزن یکصد دانه را ژنوتیپ Sel 95 th 11716 در حالت تنش به خود اختصاص داد (شکل ۴-۳۴).



شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر وزن یکصد دانه.



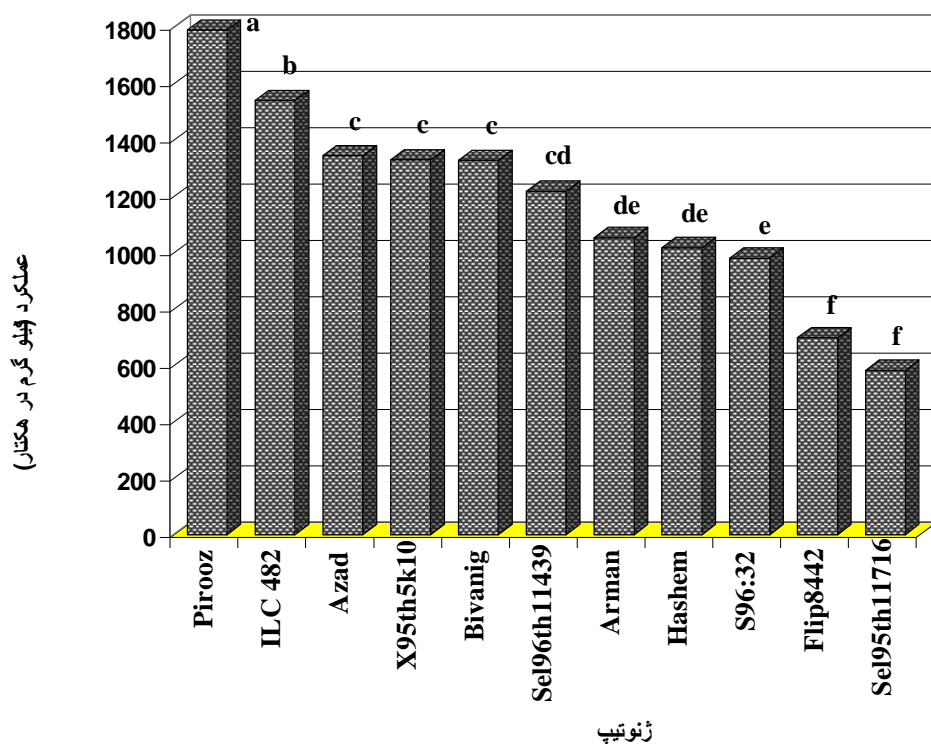
شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر وزن یکصد دانه.

وزن صد دانه طی نمو گیاه تعیین می گردد (دینبرک، ۲۰۰۰) و با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در گیاه همبستگی منفی دارد (دنیس و آدامز، ۱۹۷۸؛ کلی و آدامز، ۱۹۸۷). وزن صد دانه از خصوصیت های ژنوتیپ می باشد ولی میزان آن تحت تاثیر شرایط دوره رسیدگی قرار دارد و در شرایط تنش رطوبتی ممکن است ۳۰-۲۰ درصد کاهش یابد. وجود آب کافی در نیمه اول دوره زایشی بر وزن دانه موثرتر است و هوای خشک تر جهت رسیدگی مطلوب می باشد (کوچکی و بنیان اول، ۱۳۷۳). وزن نهایی دانه تحت تاثیر سرعت رشد و طول دوره پر شدن دانه قرار می گیرد (حسین و همکاران، ۱۹۹۰). گنجعلی و همکاران (۱۳۸۸) کاهش وزن یکصد دانه را در خود بر اثر تنش خشکی گزارش نمودند. تنش کم آبی در مرحله گلدهی سويا باعث کاهش تعداد دانه شد و وقوع تنش در مرحله غلاف دهی افت وزن صد دانه را به دنبال داشت (براون و همکاران، ۱۹۸۵). تسريع در رسیدگی و کاهش وزن و عملکرد دانه لوبیا از تاثیرات تنش خشکی است که توسط سینگ (۱۹۹۵) گزارش شد.

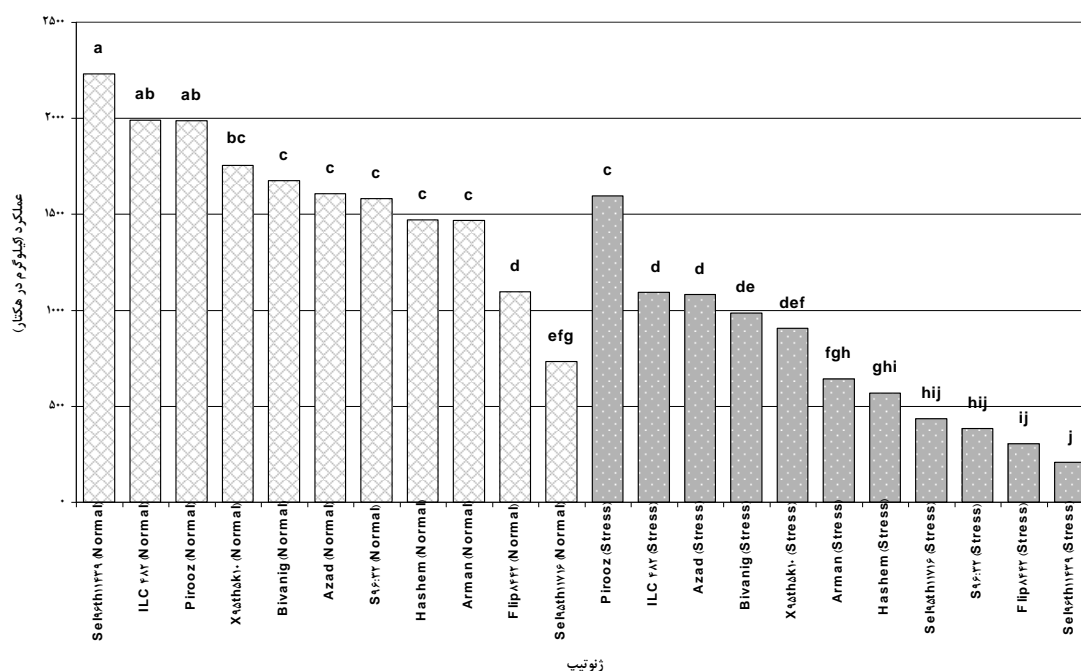
متوسط وزن دانه در شرایط تنش آخر فصل ۲۵-۱۹ درصد کمتر از شرایط عادی بود (لپورت و همکاران، ۱۹۹۹).

۷-۲-۴- عملکرد

نتایج این تحقیق نشان داد که با احتمال ۹۹ درصد بین ژنوتیپ ها اختلاف معنی داری وجود دارد. هم چنین نتایج این مطالعه نشان داد رژیم رطوبتی تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی عملکرد داشته است (جدول ۴-۲). نتایج نشان داد اثر متقابل ژنوتیپ × رژیم رطوبتی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید. بالاترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ Sel96th11439 در شرایط بدون تنش بود (شکل ۴-۳۶). در حالی که بالاترین عملکرد در شرایط تنش مربوط به رقم پیروز بود. کمترین مقدار عملکرد را ژنوتیپ Sel96th11439 در حالت تنش به خود اختصاص داد.



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ ها از نظر عملکرد.



شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ × رژیم رطوبتی بر عملکرد.

در بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی به هنگام پر شدن دانه، مشاهده گردید عملکرد دانه می‌تواند به میزان ۲۵ درصد افزایش یابد (بالدیو، ۱۹۸۸). تاثیر آبیاری تکمیلی بر اندازه دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بوده و باعث افزایش آنها شده است (سینگ و همکاران، ۱۹۸۸). در بررسی چند ساله حبوبات مشاهده شد که به ازای یک میلی‌متر مصرف آب در آبیاری تکمیلی، ۱۰/۶ کیلوگرم افزایش در عملکرد حاصل می‌شود. از زودرسی، انعطاف پذیری در مراحل فنولوژی و پاکوتاهی به عنوان خصوصیات کلیدی برای بهبود و ثبات عملکرد، در شرایط تنش خشکی یاد شده است (ترنر، ۱۹۹۶). افزایش عملکرد گیاه زراعی در محیط برخوردار از محدودیت آب از طریق تطابق مراحل فنولوژی گیاه با میزان آب موجود، عمق ریشه زایی و تراکم آن (ریشه های بلندتر و نسبت ریشه به اندام هوایی بیشتری دارند)، تنظیم اسمزی، هدایت روزنه ای کاهش یافته، راندمان تعرق و تحمل دمای بالا حاصل میشود (هافمن و همکاران؛ ۱۹۸۴). تعداد زیادی ژرم پلاسما نخود را می‌توان در مرحله ابتدایی رشد با توجه به قدرت رشد اولیه جهت انتخاب ژنوتیپ های زودرس غربال کرد زیرا

قدرت بالای رشد اولیه همبستگی منفی و معنی داری با تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلاف دهی و تعداد روز تا رسیدن دارد (صباغ پور و همکاران، ۲۰۰۳b). تنش خشکی باعث کاهش ۱۵/۲٪ در عملکرد دانه نخود شده است (راهنگدال و همکاران، ۱۹۹۴). تشکیل اجزای اقتصادی عملکرد در حبوبات نسبت به سایر گیاهان بدلیل عدم جبران خسارت، طول مدت تمایز اندامهای زایشی و تاثیر شدید محیط بر تشکیل آن، پیچیده است. تراکم مطلوب، کیفیت بذر (درصد، سرعت جوانه زنی، بنیه بذر)، شرایط محیطی (رطوبت و دما) و خاک (بافت مناسب و زهکش مطلوب) در تولید عملکرد مطلوب با اهمیت می باشند. کشت بهاره نخود بدلیل برخورد دوره پر شدن دانه ها با درجه حرارت های نسبتا بالا، عملکرد کمتری نسبت به کشت انتظاری تولید می کند (پزشک پور و موسوی، ۱۳۸۴). عملکرد اقتصادی نخود تابع رشد رویشی، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته بود (جتیر و همکاران، ۱۹۹۹). زمان وقوع و شدت تنش خشکی، تاثیر متفاوتی بر عملکرد اقتصادی گیاه دارد. تنش خشکی اثرات منفی بیشتری بر رشد زایشی نسبت به رشد رویشی دارد. تنش خشکی در اواسط دوره رویشی ماش ۲۵ درصد و در ابتدای گلدهی ۵۹ درصد کاهش عملکرد را نسبت به تیمار شاهد باعث شد (توماس و صدیق، ۱۹۹۷). عملکرد و اجزای آن در لوبیای تحت تنش رطوبتی هنگام گلدهی و پر شدن دانه، کاهش یافت (بوترا و ساندرز، ۲۰۰۱). آقاعلیخانی و طهماسبی (۱۳۸۱) در آزمایش لوبیا قرمز با فواصل آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز و شاهد (۷ روز) مشاهده نمودند که عملکرد در شاهد نسبت به بقیه بیشتر بود و میانگین آن در دو تیمار ۱۰ و ۱۴ روز نسبت به شاهد، به ترتیب ۳۱ و ۹۲ درصد کاهش داشت. طبق گزارش فرام و همکاران (۲۰۰۴) تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا شد. دوره گل دهی کلزا، تلقیح و تشکیل اندام های زایشی حساسترین مراحل نسبت به کمبود آب هستند (فرجی، ۱۳۸۸). پزشک پور و موسوی (۱۳۸۴) تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه نخود را معنی دار اعلام نمودند. تأخیر در زمان کاشت و وقوع تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه، باعث افت عملکرد دانه شد. در توجیه این رفتار گیاه، به نظر می رسد افزایش درجه حرارت، طول دوره پر شدن دانه را کاهش می دهد که افت وزن دانه را در پی دارد. کاهش عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط

مطلوب ۵۷ درصد می باشد. کاهش عملکرد دانه در گیاه لوبیا سبز، لوبیا چشم بلبلی و نخود تحت تاثیر شرایط تنش رطوبتی در زمان گلدهی و غلاف بندی توسط تسفای و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شده است. تنش خشکی انتهای فصل رشد در مناطق دارای آب و هوای مدیترانه ای، از مهمترین عوامل محدودیت عملکرد نخود شناخته شده است (صدیق و همکاران، ۲۰۰۰؛ صباغ پور، ۲۰۰۴). کاهش عملکرد ۴۲-۵۳ درصد در ژنوتیپ های نخود تحت تنش نسبت به گیاهان آبیاری شده توسط لپورت و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی اثر تنش خشکی اواخر فصل رشد بر عملکرد ۵ ژنوتیپ نخود دسی و یک ژنوتیپ کابلی گزارش شد. شاخص برداشت نسبت توزیع مواد فتوسنتزی را بین عملکرد اقتصادی و سایر قسمت های گیاه بیان می کند. شاخص برداشت حبوبات نسبت به غلات پایداری کمتری دارد (ورقیس و همکاران، ۱۹۹۹). شاخص برداشت بالا در مناطق مدیترانه ای، تسهیم و انتقال مجدد ماده خشک ساقه و برگ را لپورت و همکاران (۱۹۹۹)، سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) از عوامل مهم افزایش عملکرد بیان نمودند. شاخص برداشت در کشت انتظاری نخود بدلیل رشد رویشی بیشتر نسبت به رشد زایشی آن کاهش یافت (نظامی و باقری، ۱۳۸۴). به عقیده سینگ (۱۹۹۱)، ناندا و ساینی (۱۹۹۲) و سین ها (۱۹۹۵) آبیاری، رشد رویشی را نسبت به رشد زایشی بیشتر افزایش می دهد که باعث کاهش شاخص برداشت می گردد. آبیاری گیاه در شرایط تنش کمبود آب باعث افزایش شاخص برداشت شد (توماس و فوکای، ۱۹۹۵). آبیاری در مرحله گلدهی تا تشکیل غلاف، بعلت افزایش طول دوره رشد زایشی، دوام سطح برگ و توانایی تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه ها، سبب افزایش شاخص برداشت شده است (انوار و همکاران، ۲۰۰۳). شاخص برداشت ۴۹/۲٪ در آبیاری مرحله کاشت، قبل از گلدهی و غلاف دهی نسبت به ۴۶/۱٪ در تیمار بدون آبیاری توسط گلدانی و رضوانی مقدم (۱۳۸۶) گزارش شد. یدو و همکاران (۱۹۹۴) عدم معنی دار شدن تاثیر آبیاری تکمیلی در مرحله پیش از گلدهی و پر شدن غلاف ها را بر شاخص برداشت اعلام کردند. شاخص برداشت در آزمایشات فلاح و همکاران (۱۳۸۴) تحت تاثیر میزان آب قابل دسترس گیاه در خاک قرار نگرفت. شاخص برداشت بالا در حبوبات با اهمیت است و میزان پروتئین بالا از عوامل محدودیت دستیابی به

شاخص برداشت بالا می باشد. نیتروژن تجمع یافته در دانه چند برابر برگ های پیر، ساقه، ریشه و غلاف می باشد (سامرفیلد، ۱۹۸۸).

بررسی همبستگی بین صفات مورد آزمایش (پیوست ۱) نشان می دهد که بالاترین ضریب در سطح احتمال ۰/۰۱ مربوط به وزن خشک کل با وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه، شاخص سطح برگ می باشد. همچنین کمترین ضریب به ارتفاع اولین غلاف با تعداد غلاف تعلق می گیرد.

۳-۴- ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی

شاخص های تحمل به خشکی بر اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط بدون تنش و تنش به کمک فرمول های محاسباتی ۲-۳ الی ۲-۱۲ محاسبه شده است. در جدول ۳-۴، ژنوتیپ ها بر اساس کمیت شاخص های مختلف تحمل تنش گروه بندی شده اند.

بررسی همبستگی بین شاخص های تحمل به خشکی (پیوست ۳) نشان می دهد که همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص عملکرد (۱)، میانگین هارمونیک بهره وری (۰/۹۹۲)، تحمل به تنش (۰/۹۷۹)، میانگین هندسی بهره وری (۰/۹۷۳)، پایداری عملکرد (۰/۸۷۳) و میانگین بهره وری (۰/۸۳۷) بسیار بالا می باشد. این در حالیست که در شرایط بدون تنش، همبستگی قوی (۰/۸۳۵) بین عملکرد دانه و میانگین بهره وری بدست آمد. همچنین شاخص پایداری عملکرد با حساسیت به تنش و نرخ کاهش عملکرد، همبستگی منفی دارند.

جدول ۴-۳: ارزیابی ژنوتیپ های مورد آزمایش بر اساس شاخص های تحمل

شاخص تحمل	بیشترین مقدار شاخص	کمترین مقدار شاخص
عملکرد بدون تنش	Sel96th11439	Sel95th11716
عملکرد تنش	Pirooz	Sel96th11439
میانگین بهره وری	Pirooz	Sel95th11716
تحمل	Sel96th11439	Sel95th11716
میانگین هندسی بهره وری	Pirooz	Sel95th11716
تحمل به تنش	Pirooz	Sel95th11716
عملکرد	Pirooz	Sel96th11439
پایداری عملکرد	Pirooz	Sel96th11439
حساسیت به تنش	Sel96th11439	Pirooz
نرخ کاهش عملکرد	Sel96th11439	Pirooz
میانگین هارمونیک بهره وری	Pirooz	Sel96th11439

همبستگی عملکرد دانه با شاخص میانگین بهره وری در هر دو شرایط از ضریب بالایی برخوردار بود. از این شاخص جهت گزینش ژنوتیپ های مقاوم به خشکی می توان استفاده کرد. بهترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش آن است که همبستگی بالایی با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشته باشد (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰). شاخص های STI، GMP و MP در مطالعات جمشیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۱)، فرایدی (۱۳۸۳) روی نخود کابلی، تقی زاده و همکاران (۱۳۸۱) روی عدس در منطقه اردبیل به دلیل همبستگی بالا با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش برای گزینش ژنوتیپ مقاوم به خشکی مناسب شناخته شد.

به منظور انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی و دارای عملکرد بالا در دو محیط دارای تنش و بدون تنش از نمودارهای سه بعدی (شکل های ۴-۳۷ تا ۴-۵۱) استفاده گردید. در این نمودارها رابطه بین سه متغیر عملکرد در شرایط بدون تنش (محور X ها)، عملکرد در شرایط تنش (محور Y ها) و یکی از شاخص های تحمل (محور Z ها) نشان داده میشود. این سه معیار ژنوتیپ ها را به چهار گروه

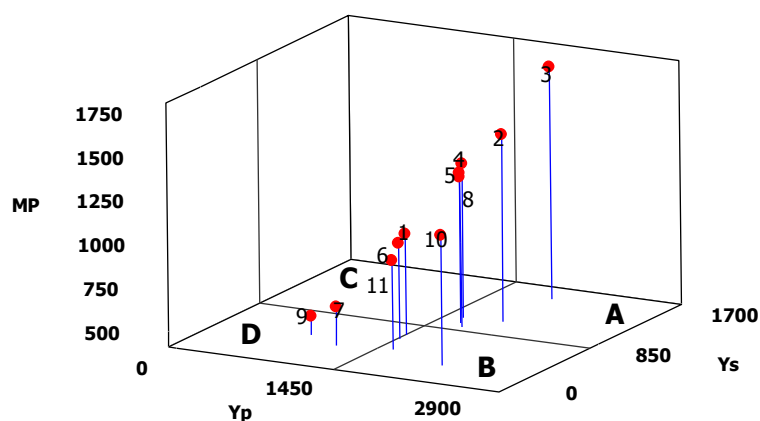
A, B, C و D تقسیم می کند. شماره ژنوتیپ ها در نمودارهای سه بعدی به شرح جدول ۴-۴ می باشد.

جدول ۴-۴: شماره های اختصاص یافته به ژنوتیپ ها

ژنوتیپ های مورد آزمایش	شماره اختصاص یافته جهت شناسایی
Arman	1
ILC 482	2
Pirooz	3
Azad	4
Bivanig	5
Hashem	6
Flip8442	7
X95th5k10	8
Sel95th11716	9
Sel96th11439	10
S96:32	11

بررسی عملکرد در دو شرایط متفاوت تنش دار و بدون تنش با توجه به شاخص بهره وری (شکل ۴-۳۷)، برتری ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ را با عملکرد بالا نشان می دهد. عملکرد ژنوتیپ های شماره ۹ و ۷ در نمودار مذکور کمترین است. با عنایت به ضریب همبستگی این شاخص با عملکرد در شرایط بدون تنش ($0/835^{**}$) و عملکرد در شرایط تنش ($0/837^{**}$)، ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ بعنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی شناخته میشوند. چوگان و همکاران (۱۳۸۷) دو شاخص SSI و TOL را جهت شناسایی ژنوتیپ های ذرت دانه ای که عملکرد پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در محیط تنش داشته باشند را تعیین کردند. خلیلی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشی و رویشی و رضایی زاد (۱۳۸۶) در آفتابگردان نشان دادند که بر اساس شاخص های STI و GMP هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با استفاده از شاخص SSI هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب می گردند. مقدم و هادی زاده (۱۳۸۱) واکنش هیبریدهای ذرت و لاین های والدی آنها به خشکی را با استفاده از

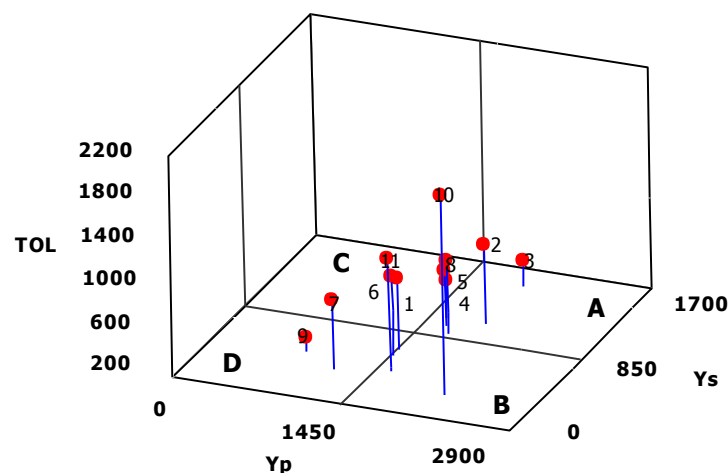
شاخص های مختلف تحمل به تنش بررسی کردند که نتایج نشان داد از میان چهار شاخص محاسبه شده، STI از مزایای بیشتری برای گزینش ارقام مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بود. شیرانی راد و همکاران (۱۳۸۹) در ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی، شاخص STI را به عنوان بهترین شاخص شناسایی ارقام متحمل به شرایط تنش معرفی کردند. عظیم زاده (۱۳۸۹) از شاخص تحمل به خشکی و شاخص حساسیت به خشکی برای شناسایی ارقام متحمل بین ۱۶ ژنوتیپ مورد آزمایش گلرنگ استفاده نمود. گلستانی و پاک نیت (۱۳۸۶) از شاخص های میانگین هندسی عملکرد، میانگین هارمونیک عملکرد و تحمل به تنش بدلیل ضریب همبستگی بالا با عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط آبی و دیم، جهت گزینش ارقام متحمل به خشکی استفاده نمودند. نعیمی و همکاران (۱۳۸۷) با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار شاخص های MP، GMP و STI با عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش، در مجموع این شاخص ها را به عنوان معیارهای مناسب جهت شناسایی ارقام متحمل به تنش در ارقام مورد آزمایش کلزا گزارش نمودند. ابراهیمیان و همکاران (۱۳۹۰) در ارزیابی ژنوتیپ های فسکیوی بلند شاخص های MP، GMP و STI را برای انتخاب ژنوتیپ مقاوم به تنش خشکی مناسب دانستند.



شکل ۴-۳۷- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و MP.

استفاده از شاخص بهره وری متوسط (MP) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می گردد. بنابراین شاخص MP برای گزینش ارقامی که در شرایط تنش عملکرد بالایی تولید می کنند چندان مناسب نمی باشد (فرناندز، ۱۹۹۲). احمدزاده (۱۳۷۶) شاخص MP را معیار مناسبی برای گزینش لاین های پر محصول و متحمل به خشکی ذرت معرفی کرده بود. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که شاخص MP زمانی برای انتخاب ژنوتیپ ها تحت شرایط تنش بازده دارد که شدت تنش زیاد نبوده و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش نیز خیلی زیاد نباشد. شاخص MP در غربال ارقام متحمل به تنش خشکی سویا بهتر از شاخص های TOL و SSI بود (زینالی خانقاه و همکاران، ۱۳۸۳).

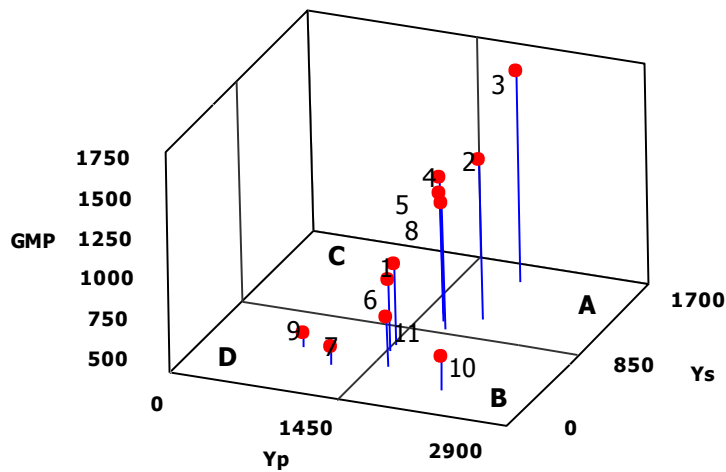
ارزیابی ژنوتیپ ها بر اساس شاخص Tol و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، برتری ژنوتیپ های شماره ۱۰ و ۱۱ را با عملکرد بالا در قسمت C نمودار نشان می دهد (شکل ۴-۳۶). که این موضوع بیانگر عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و عملکرد پایین در شرایط تنش است.



شکل ۴-۳۸- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و TOL.

در شاخص تحمل (TOL) نیز مقادیر عددی پایین، نشان دهنده تحمل نسبی ارقام می باشد. شاخص TOL در گزینش ارقامی که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش، عملکرد بالایی تولید کنند موفق نبوده است. در حقیقت شاخص TOL به نوعی بیانگر تغییر حاصل از اعمال تنش می باشد. ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری از خود نشان می دهند. نکته قابل ذکر دیگر در مورد این شاخص این است که پایین بودن شاخص TOL الزاما به معنای بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نمی باشد چرا که ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به عنوان رقم متحمل معرفی شود (مقدم و هادی زاده، ۱۳۸۱).

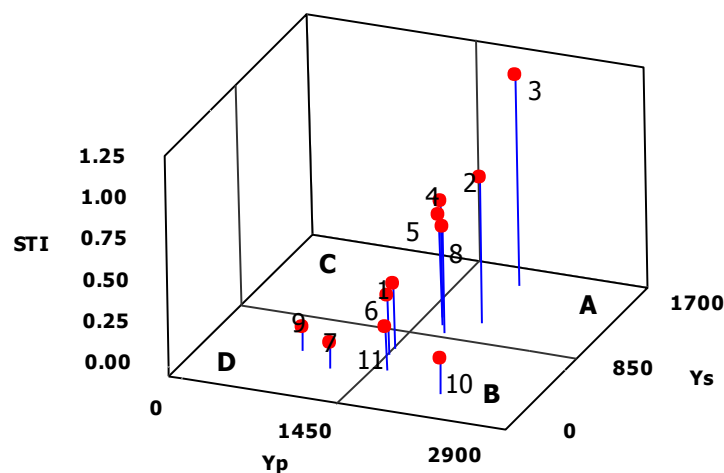
برتری ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ از لحاظ شاخص میانگین هندسی بهره وری (GMP) عملکرد در شرایط وجود و عدم وجود تنش مسجل گردید (شکل ۴-۳۹). عملکرد ژنوتیپ های شماره ۹ و ۷ کمترین بود. با عنایت به ضریب همبستگی بین این شاخص و عملکرد در شرایط تنش (**۰/۹۷۳)، ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ بعنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته میشوند. این ژنوتیپ ها در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند. شاخص MP بر اساس میانگین حسابی است و یک اریبی به سمت بالا دارد که به اختلاف نسبتا زیاد بین Y_p و Y_s مربوط میشود. در صورتیکه میانگین هندسی (GMP) حساسیت کمتری به مقادیر بسیار زیاد دارد. پس به نظر می رسد GMP نسبت به MP شاخص بهتری برای جداکردن ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه ها باشد (فرناندز، ۱۹۹۲).



شکل ۴-۳۹- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و GMP .

فرناندز (۱۹۹۲) معتقد است که شاخص های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) با توجه به همبستگی های بالا و معنی دار موجود بین آنها و عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش و بدون تنش، به عنوان مناسبترین شاخص های گزینش ژنوتیپ های دارای عملکرد مطلوب، قابل توصیه می باشند. در حالی که اشنایدر و همکاران (۱۹۹۷)، کریستین و همکاران (۱۹۹۷) شاخص GMP را برای انتخاب ژنوتیپ های لوبیای معمولی مناسب تر دانسته اند. نتایج پژوهش خلیل زاده و کربلایی خیایوی (۱۳۸۱) در خصوص تأثیرات تنش خشکی و گرما بر لاین های پیشرفته گندم دوروم، مشخص کرد که شاخص های GMP و STI در مقایسه با شاخص های MP ، TOL و SSI از قدرت تمایز بالاتری برای انتخاب ژنوتیپ های متحمل برخوردار می باشند. امیدی (۱۳۹۰) از شاخص های GMP و STI برای انتخاب ارقام مقاوم گلرنگ به تنش خشکی استفاده کرد. سنجش عملکرد ها در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص تحمل به تنش، برتری ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ را با عملکرد بالا نشان می دهد (شکل ۴-۴۰). عملکرد ژنوتیپ های شماره ۹ و ۷ در نمودار مذکور کمترین است. با عنایت به ضریب همبستگی بالای بین این شاخص و عملکرد در شرایط تنش (**/۹۷۹)، ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ بعنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته

میشوند. این ژنوتیپ ها در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند. گنجعلی (۱۳۸۴) شاخص تحمل تنش، میانگین بهره وری (MP)، میانگین هارمونیک (HARM) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) را برای انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی در نخود بکار بردند. بهرام و همکاران (۲۰۰۶) در گزارشات خود در زمینه ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا عنوان کردند که شاخص STI بهتر از شاخص های TOL و SSI می تواند در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام کاربرد داشته باشد. در نتایج بررسی شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) چنین عنوان شده است که سه شاخص MP، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد ژنوتیپ های گندم در هر دو محیط تنش و بدون تنش داشته و به همین دلیل شاخص های مناسبی برای غربال کردن ژنوتیپ های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی می باشند. به اعتقاد فرناندز (۱۹۹۲) انتخاب براساس MP موجب گزینش ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد بالا و انتخاب بر پایه SSI باعث گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین می گردد.

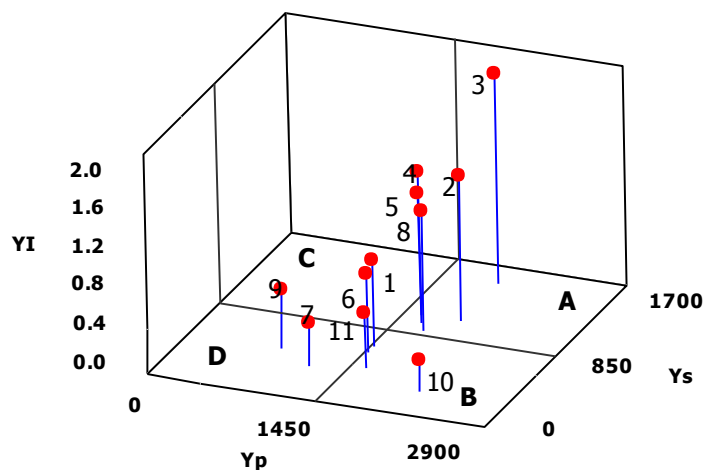


شکل ۴-۴- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و STI.

بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش (STI) می باشد. چون قادر است ارقامی را که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش عملکرد بالایی دارند (گروه A) را از دو گروه ارقامی

که فقط در شرایط بدون تنش (گروه B) و یا فقط در شرایط تنش (گروه C) عملکرد نسبتاً بالایی دارند، تفکیک نماید.

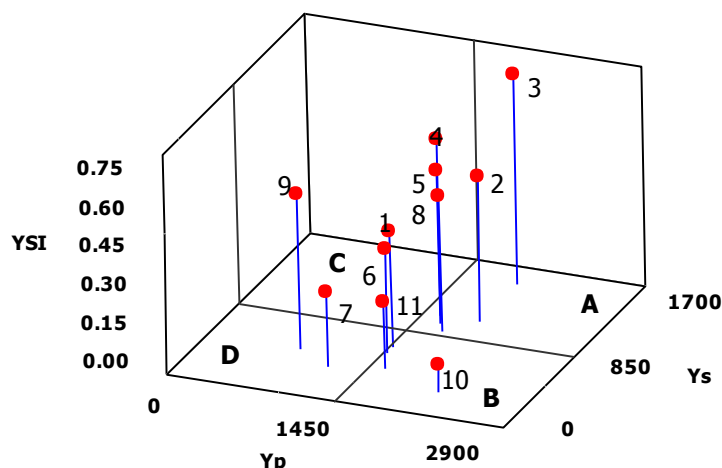
به طوریکه در شکل ۴-۴۱ دیده میشود ژنوتیپ های شماره ۳، ۴، ۵، ۸ و ۲ بر ژنوتیپ های دیگر برتری داشتند. این برتری بر اساس میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین شاخص YI می باشد. عملکرد ژنوتیپ های شماره ۷ و ۹ در نمودار مذکور کمترین است. و با عنایت به ضریب همبستگی بسیار بالای بین این شاخص و عملکرد در شرایط تنش، ژنوتیپ های شماره ۳، ۴، ۵، ۸ و ۲ بعنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته میشوند. این ژنوتیپ ها در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند.



شکل ۴-۴۱- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Yp، Ys، و YI.

با توجه به اینکه شاخص عملکرد (YI) از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می گردد؛ بنابراین موجب رتبه بندی ارقام برحسب میزان عملکرد تولیدی آنها در محیط تنش می گردد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین مطابق نظر گاوازی و همکاران (۱۹۹۸) شاخص YI برای گزینش ارقام گروه A بازده ندارد. طبق گزارشات گاوازی و همکاران (۱۹۹۸) شاخص YI فاقد توانایی لازم برای گزینش ارقام در شرایط بدون تنش می باشد.

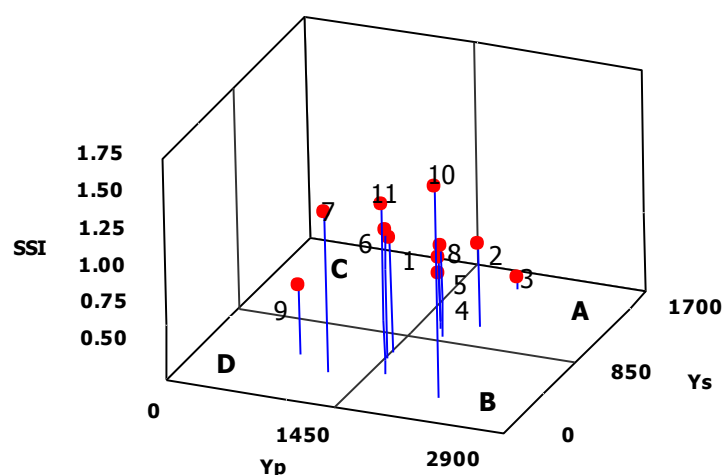
بر اساس Y_p ، Y_s و Y_{SI} ، ژنوتیپ های شماره ۳، ۴، ۵، ۸ و ۲ به عنوان ژنوتیپ برتر شناخته میشوند (شکل ۴-۴۲). عملکرد ژنوتیپ های شماره ۷ و ۹ کمترین است.



شکل ۴-۴۲- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و Y_{SI} .

در شاخص Y_{SI} مقادیر عددی بیشتر از واحد نشان دهنده حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد در شرایط تنش می باشد (ابرهارت و راسل، ۱۹۶۶). دو شاخص پایداری عملکرد (Y_{SI}) و شاخص درصد کاهش عملکرد (Y_R) در واقع ارقام را در جهت عکس همدیگر گزینش می کنند. به عبارت دیگر رقمی که توسط شاخص Y_{SI} به عنوان رقمی با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش معرفی میشود از پایین ترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد برخوردار می باشد. در واقع شاخص Y_{SI} نشان دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش خشکی می باشد (بوسلاما و اسکاپوت، ۱۹۸۴) و در نتیجه رقمی با میزان Y_{SI} بالا باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش داشته باشد.

ارزیابی ژنوتیپ ها با در نظر گرفتن Y_p ، Y_s و شاخص SSI ، برتری ژنوتیپ های شماره ۱۰ و ۱۱ را با عملکرد بالا در قسمت B شکل نشان می دهند (شکل ۴-۴۳). این موضوع بیانگر عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش است.

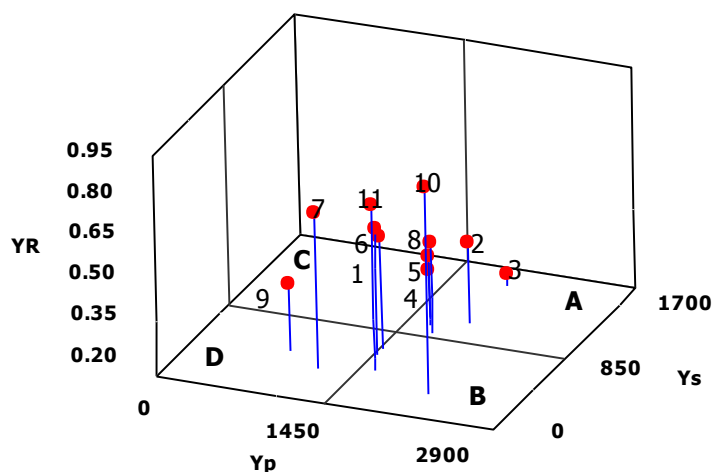


شکل ۴-۴- پراکنش ژنوتیپ بر اساس Y_p ، Y_s و SSI.

ارزیابی ژنوتیپ ها با استفاده از شاخص SSI، مواد آزمایشی را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته بندی می کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص، می توان ژنوتیپ های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (نادری و همکاران، ۱۳۷۸). شاخص حساسیت به تنش براساس نسبت عملکرد هر رقم در شرایط تنش به شرایط بدون تنش در مقایسه با این نسبت در کل ارقام سنجیده میشود؛ بنابراین دو رقم با عملکرد زیاد یا کم در دو محیط می توانند مقدار SSI یکسانی داشته باشند؛ لذا انتخاب براساس این شاخص، اصلاح گران را به اشتباه می اندازد. بنابراین می توان نتیجه گرفت انتخاب براساس شاخص حساسیت به تنش باعث گزینش ارقامی با عملکرد نسبتاً بالا در محیط عادی و عملکرد پایین در محیط دارای تنش می گردد که چنین ارقامی مطابق نظر اشنایدر و همکاران (۱۹۹۷) به علت عملکرد پایین، از نظر زراعی نامطلوب می باشند. شاخص SSI با مقادیر کمتر بیانگر تحمل بیشتر به تنش است. انتخاب بر اساس SSI باعث گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش ولی با عملکرد پایین میشود. این شاخص در تشخیص گروه A از گروه با عملکرد بالا در شرایط تنش ناتوان است (فرناندز، ۱۹۹۲). از مهمترین معایب این شاخص این است که نسبت عملکرد در شرایط تنش به شرایط بدون تنش را برای هر ژنوتیپ در مقایسه با این نسبت برای کل ژنوتیپ های موجود در آزمایش اندازه گیری می کند پس دو ژنوتیپ با عملکرد بالا و

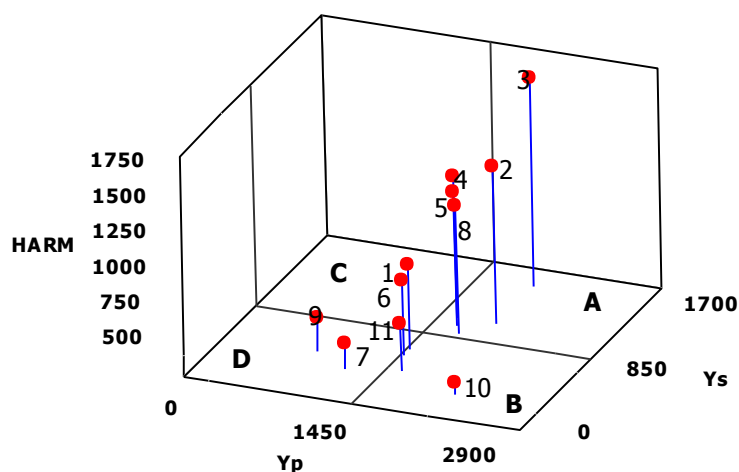
پایین می توانند مقادیر SSI یکسانی داشته باشند؛ چون عملکرد بین شرایط تنش و بدون تنش برای هر دو ژنوتیپ می تواند یکسان باشد. از سوی دیگر انتخاب بر اساس SSI باعث کاهش پتانسیل عملکرد در محیط های مناسب و بدون تنش میشود (کلارک و همکاران، ۱۹۸۲).

بر اساس Y_R ، Y_s ، Y_p ژنوتیپ های شماره ۱۰ و ۱۱ با عملکرد بالا در قسمت B شکل قرار می گیرند (شکل ۴-۴۴). که این موضوع بیانگر عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و عملکرد پایین در شرایط تنش است. ژنوتیپ های شماره ۷ و ۹ در قسمت D نمودار دارای مقدار بالای شاخص مذکور می باشند که این امر بیانگر پایین بودن عملکرد در هر دو شرایط کشت است.



شکل ۴-۴۴- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و Y_R .

ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ با عملکرد بالا بوده در قسمت A نمودار قرار دارند (شکل ۴-۴۵). این گروه بندی بر اساس Y_p ، Y_s و HARM انجام شده است. عملکرد ژنوتیپ های شماره ۹ و ۷ کمترین است. با عنایت به ضریب همبستگی بین این شاخص و عملکرد در شرایط تنش (**/۹۹۲۰)، ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ بعنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته میشوند. این ژنوتیپ ها در شرایط تنش عملکرد بالایی را نشان دادند.

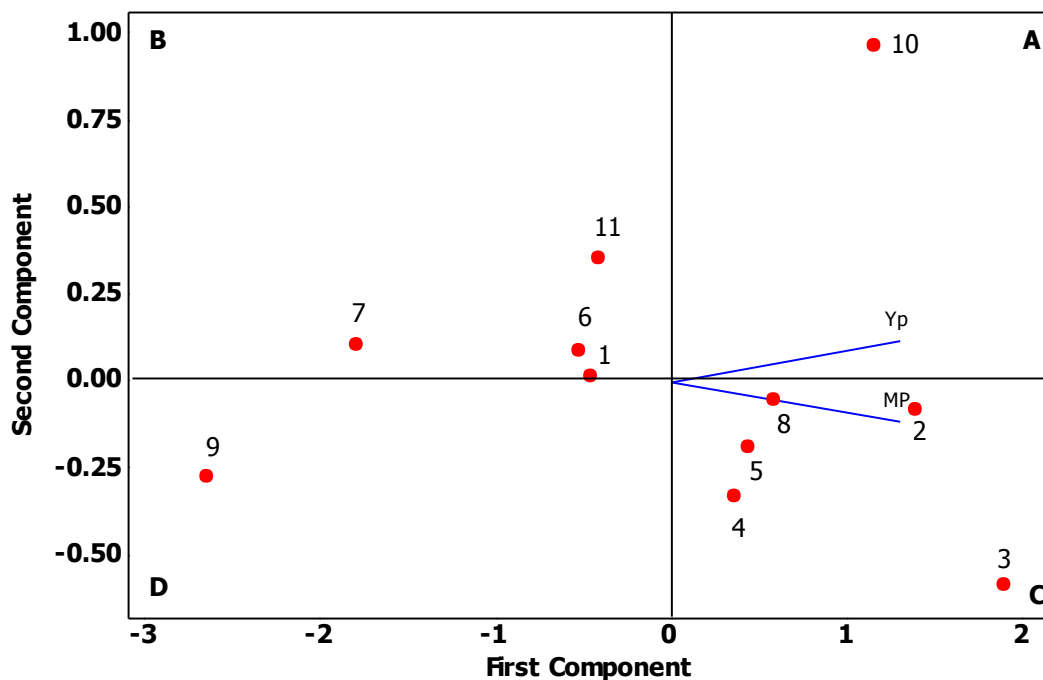


شکل ۴-۴۵- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و HARM.

فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) در بررسی مقاومت به خشکی ژنوتیپ های نخود و صالحی و همکاران (۱۳۸۶) در ژنوتیپ های عدس شاخص های MP ، GMP ، STI و HARM را مناسب تشخیص دادند. ژنوتیپ های دارای شاخص های MP ، GMP ، STI بیشتر و شاخص های TOL و SSI کمتر تحمل بالاتری به شرایط تنش دارند. در یک نمودار سه بعدی فقط روابط بین سه متغیر (عملکرد در شرایط تنش، عملکرد در محیط بدون تنش و یکی از شاخص ها) را می توان مطالعه نمود. برای مطالعه روابط بین بیش از سه متغیر، بای پلات مفید است (امام جمعه، ۱۳۷۸). گنجعلی و همکاران (۱۳۸۸) در نخود از نمودار سه بعدی استفاده کردند و شاخص های MP ، GMP ، STI و HARM را برای تفکیک ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی مناسب معرفی نمودند. گلباشی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در ذرت شاخص های MP ، GMP ، STI و HARM را برای تفکیک ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی معرفی نمودند.

نمایش بای پلات بر اساس شاخص میانگین بهره وری که دارای بالاترین ضریب همبستگی مثبت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ می باشد بیانگر این است که ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۸، ۵ و ۴ دارای مقادیر بالایی از مولفه اول می باشند (شکل ۴-۴۶). درحالیکه بر اساس هر دو مولفه ژنوتیپ

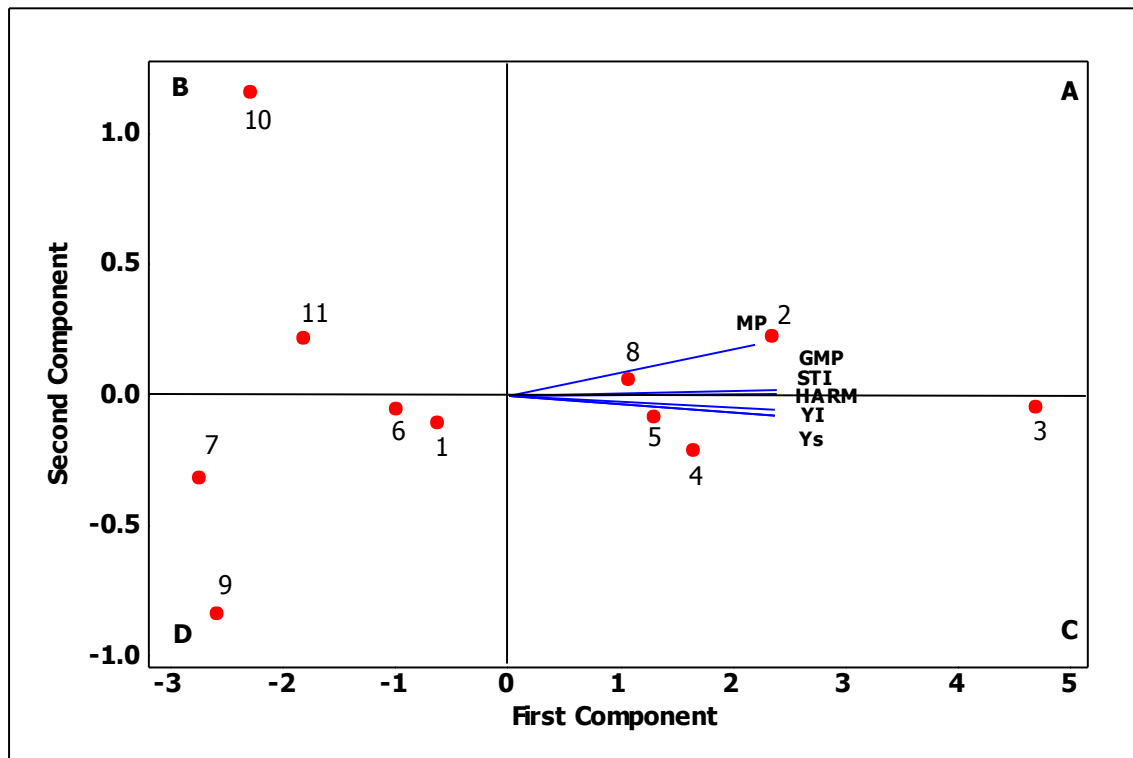
شماره ۱۰ بالاترین مقدار را به خود اختصاص می دهد. مولفه اول ۷۶ درصد از کل تغییرات را توجیه و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص MP نشان داد. از این رو آنرا می توان به مولفه "پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی" نام گذاری کرد. از آنجایی که مقادیر بالای این شاخص برای ما مطلوب است و با توجه به رابطه مثبت مولفه اول با این شاخص ها، اگر میزان مولفه اول را بالا انتخاب کنیم. ژنوتیپ های دارای عملکرد بالا در هر دو محیط انتخاب میشوند. دومین مولفه ۹۹ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد. استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ارقام متحمل در نخود (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰) و لوبیا (فرناندز، ۱۹۹۲) مورد توجه قرار گرفته است. همچنین نتایج بای پلات نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰)، احمدی و همکاران (۱۳۷۹)، ضابط و همکاران (۱۳۸۲) و صالحی و همکاران (۱۳۸۶) موید یکدیگر بودند.



شکل ۴-۴۶- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Yp و MP.

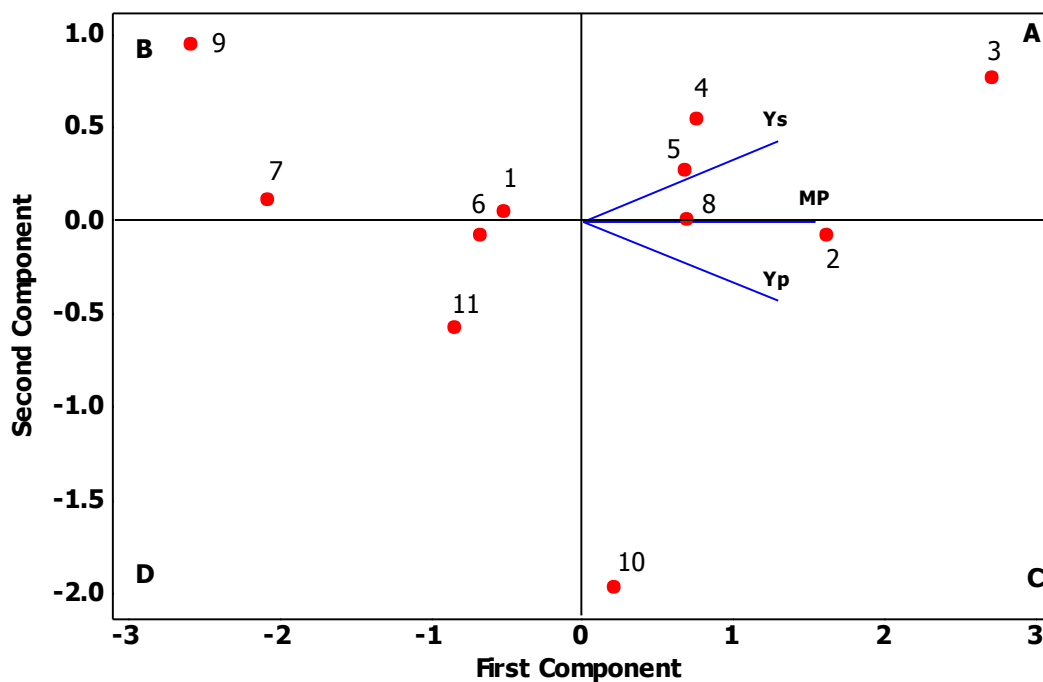
نمایش بای پلات بر اساس شاخص میانگین بهره وری، میانگین بهره وری هندسی، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک بهره وری، عملکرد و میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان

داد که ژنوتیپ های شماره ۳، ۴ و ۵ دارای مقادیر بالایی از مولفه اول می باشند (شکل ۴-۴۷).
درحالیکه بر اساس هر دو مولفه ژنوتیپ شماره ۲ و ۸ بالاترین مقدار را به خود اختصاص می دهند.



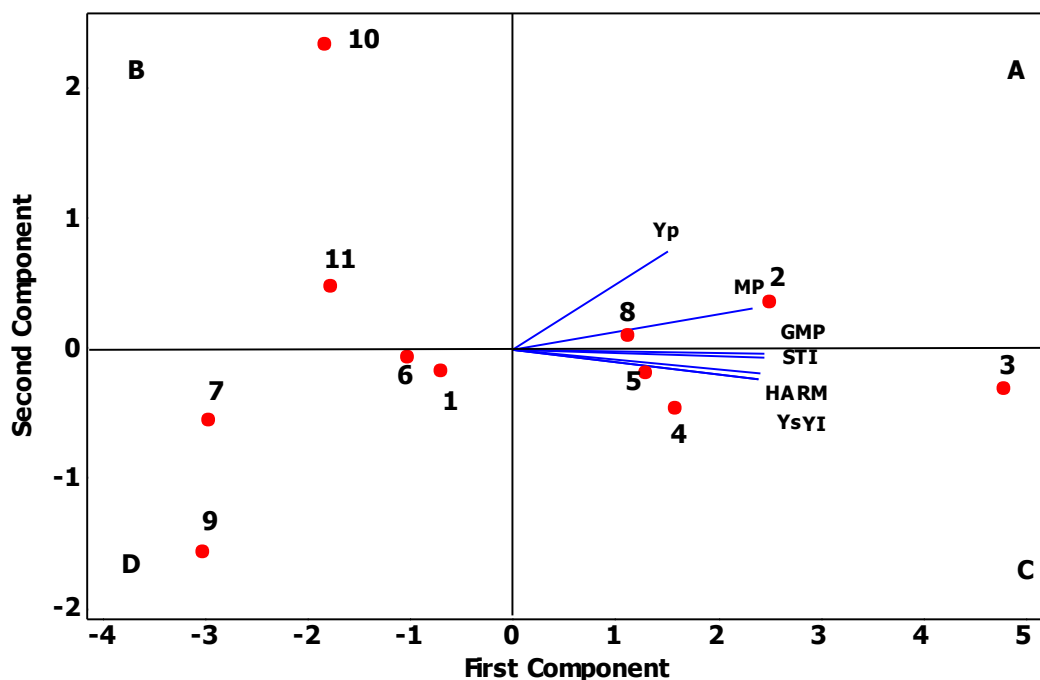
شکل ۴-۴۷- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس MP، GMP، Ys، STI، HARM و YI.

با در نظر گرفتن بای پلات بر اساس شاخص میانگین بهره وری و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش ژنوتیپ های شماره ۳، ۴، ۵ و ۸ دارای مقادیر بالایی از مولفه اول و دوم می باشند (شکل ۴-۴۸). توزیع ژنوتیپ ها در فضای بای پلات وجود تنوع ژنتیکی را بین ژنوتیپ ها نسبت به تنش خشکی در عدس نشان داد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۶).



شکل ۴-۴۸- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Y_s ، Y_p و MP .

تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس شاخص میانگین بهره وری، میانگین بهره وری هندسی، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک بهره وری، عملکرد و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان می دهد که ژنوتیپ های شماره ۳، ۴ و ۵ دارای مقادیر بالایی از مولفه اول می باشند (شکل ۴-۴۹). درحالیکه بر اساس هر دو مولفه ژنوتیپ شماره ۲ و ۸ بالاترین مقدار را به خود اختصاص می دهند.

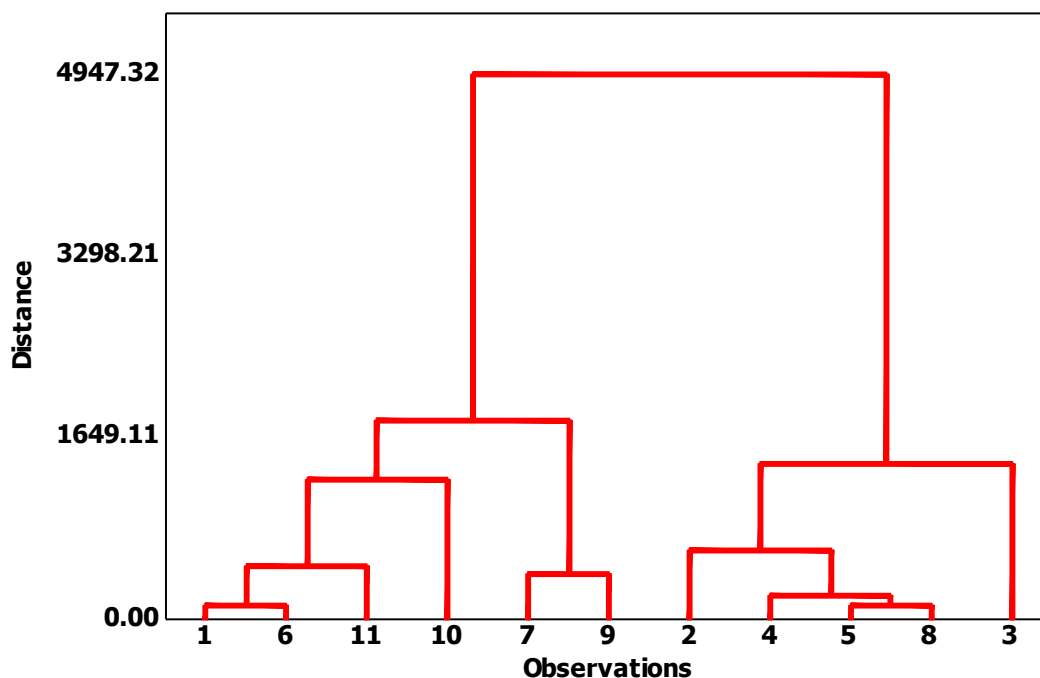


شکل ۴-۴۹- پراکنش ژنوتیپ ها حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس Y_p ، Y_s ، GMP ، MP ، STI ، $HARM$ ، Y_sYI .

در ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ های گلرنگ پاییزه توسط جمشیدی مقدم (۱۳۸۹)، وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین شاخص های میانگین هارمونیک بهره وری، تحمل به تنش، میانگین بهره وری و میانگین هندسی بهره وری با عملکرد دانه در شرایط تنش و آبیاری گزارش شد. اسکندری ترقیان (۱۳۸۸)، وجود همبستگی بالا بین عملکرد در شرایط رطوبتی متفاوت و شاخص تحمل به تنش را، جهت بررسی تحمل خشکی ارقام گلرنگ در کشت بهاره اعلام کرد. امیری و همکاران (۱۳۸۸) در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام برنج در گیلان، شاخص های میانگین هندسی بهره وری، میانگین بهره وری و تحمل به تنش را بدلیل داشتن همبستگی مثبت و معنی دار جهت گزینش ارقام متحمل برنج مناسب دانست. در ارزیابی تحمل به خشکی آفتابگردان، صفوی و همکاران (۱۳۸۹)، شاخص های میانگین هارمونیک بهره وری، میانگین بهره وری، میانگین هندسی بهره وری و تحمل به تنش را برای انتخاب رقم متحمل مطلوب، تشخیص داد. به گفته پوریا مچی و همکاران (۱۳۹۰)،

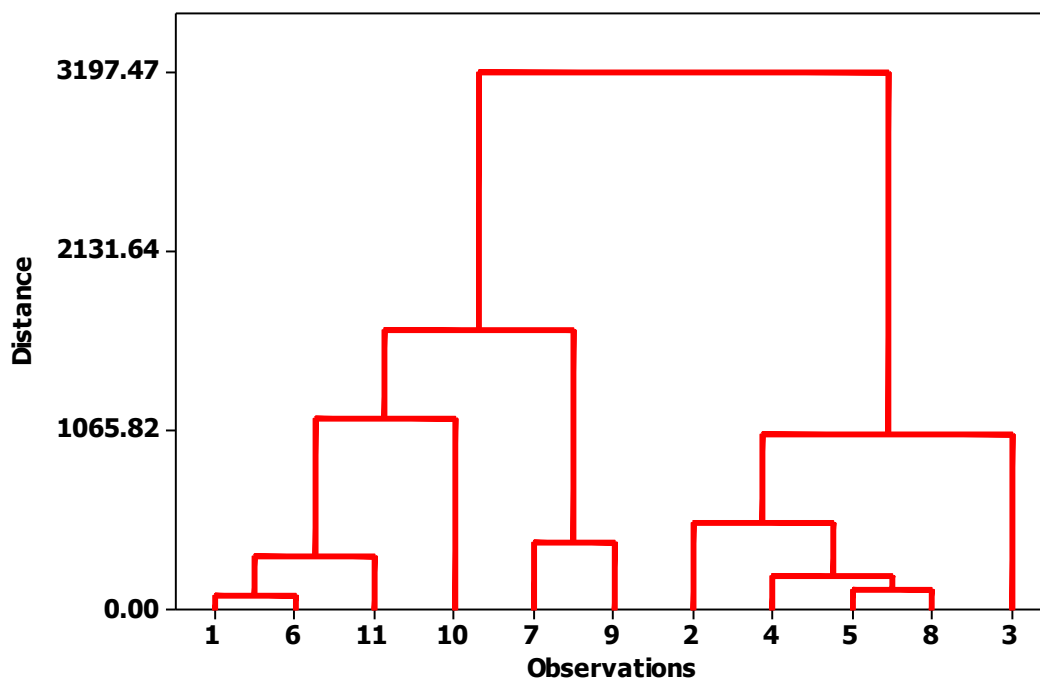
شاخص های میانگین بهره وری، میانگین هندسی بهره وری، میانگین هارمونیک بهره وری و تحمل به تنش، مناسب برای غربال ژنوتیپ های متحمل نخود می باشد. شاخص GMP ، STI و MP در دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه داشته و مناسب ترین شاخص ها برای تفکیک ژنوتیپ های مقاوم به تنش در نخود شناخته شد (فرایدی، ۱۳۸۳). اسدی چالستری و همکاران (۱۳۸۵) شاخص GMP ، STI و SSI را در دو محیط تنش و بدون تنش به دلیل همبستگی بالا مناسب ترین شاخص ها برای تفکیک ژنوتیپ های مقاوم به تنش در ۵۱ توده عدس شناختند. احمدی و همکاران (۱۳۷۹) شاخص GMP ، STI را برای تفکیک ژنوتیپ های مقاوم در ذرت دانه ای (گروه A) مناسب گزارش نمودند.

نتایج حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ های مورد بررسی بر اساس شاخص میانگین بهره وری، میانگین بهره وری هندسی، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک بهره وری، عملکرد و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش که دارای مقادیر بالای ضریب همبستگی مثبت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ می باشند در شکل ۴-۵۰ آورده شده است. دندروگرام را معمولاً بر اساس $\sqrt{n-1}$ برش می دهند که حدوداً ژنوتیپ ها به سه گروه قابل تقسیم بندی می باشند. با این حال با در نظر گرفتن فاصله، برش دهی به صورتیکه دو گروه حاصل گردد مناسب تر است. نتایج نشان می دهد که ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ در یک کلاستر قرار می گیرند. هدف از تجزیه خوشه ای شناسایی لاین هایی است که دارای بیشترین فاصله ژنتیکی با یکدیگر از نظر معیار های مذکور بودند. ژنوتیپ های گروهی که در کلاستر سطح پایین تری دارند دارای Y_p و Y_s پایین و حساس به خشکی می باشند. مقادیر بالای Y_p و Y_s در شکل کلاستر نشان دهنده مقاومت به خشکی می باشد.



شکل ۴-۵۰- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ ها بر اساس STI, MP, GMP, Ys, Yp،
 HARM, YI به کمک روش Ward.

نمایش دندروگرام ترسیمی به روش WARD بر اساس شاخص میانگین بهره وری و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش که دارای مقادیر بالای ضریب همبستگی مثبت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ می باشند (شکل ۴-۵۱) نشان می دهد که ژنوتیپ های شماره ۳، ۲، ۴، ۵ و ۸ در یک کلاستر قرار می گیرند. تجزیه خوشه ای ژنوتیپ ها بر اساس شاخص های مقاومت به خشکی توسط فرشادفر و محمدی (۱۳۸۲) در آگروپیرون مورد استفاده قرار گرفته است. مطابقت تجزیه کلاستر با نمودار سه بعدی نشان می دهد که ژنوتیپ های موجود در ناحیه A نمودار سه بعدی، در تجزیه کلاستر هم در یک گروه قرار گرفته اند.



شکل ۴-۵۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ ها بر اساس Y_p ، Y_s و MP به کمک روش Ward.

فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰)، اسدی چالشتری و همکاران (۱۳۸۵) برای گروه بندی لاین های نخود از روش تجزیه خوشه ای استفاده نمود. با توجه به حداکثر فاصله ژنتیکی بین این لاین ها از نظر عملکرد و تحمل تنش، می توان جهت تجزیه ژنتیکی شاخص های تحمل خشکی و نیز عملکرد در شرایط آبی و دیم از دورگ گیری بین این توده ها استفاده کرد. با توجه به فاصله ژنتیکی لاین های حساس و متحمل می توان برای مطالعات ژنتیکی مربوط به این معیارها از دورگ گیری بین این لاین ها استفاده کرد. این روش برای گروه بندی لاین های متحمل به خشکی گندم نان بر مبنای MP، STI و TOL توسط فرشادفر (۱۳۷۹) مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۴- نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک کل قسمت های هوایی گیاه، شاخص سطح برگ ژنوتیپ های نخود شد. همچنین تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد شاخه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن یکصد دانه و عملکرد در صفات مورد بررسی ژنوتیپ های نخود گردید.

شاخص های GMP، MP، STI و HARM همبستگی مثبت و بالایی با میانگین عملکرد در شرایط تنش نشان دادند در حالیکه SSI و YR همبستگی منفی و بالایی با میانگین عملکرد در شرایط تنش داشتند. رقم پیروز بیشترین مقدار شاخص های Ys، GMP، MP، STI، HARM، YSI و YI را به خود اختصاص داد. شاخص میانگین بهره وری (MP)، بیشترین همبستگی مثبت را با میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد. ژنوتیپ پیروز بعنوان رقم متحمل به تنش خشکی شناسایی گردید.

۴-۵- پیشنهادات

با توجه به تحقیق صورت گرفته پیشنهاد می گردد:

- بر روی بازار پسندی ارقام دسی بدلیل مقاومت بهتر به شرایط کم آبی کارهای بیشتری صورت گیرد.
- برای کاهش اثرات خشکی ابتدای فصل رشد بایستی آب مورد نیاز گیاه به نحو مقتضی، برای بذور و گیاهچه ها تامین شود. تحت شرایط دیم میزان آب ذخیره شده در خاک اهمیت بسیار زیادی برای تامین رطوبت مورد نیاز گیاه، در اوایل فصل رشد دارد، بنابراین بایستی حفظ و ذخیره سازی رطوبت خاک مورد توجه بیشتری قرار گیرد.
- در صورت داشتن آب، در مواقع مورد نیاز، انجام آبیاری قبل از کاشت برای سبز شدن و استقرار مطمئن گیاهچه ها ضروری است.

- تهیه بستر بایستی به شکلی انجام شود که کمترین تلفات آب وجود داشته باشد. استفاده از روش های خاکورزی حفاظتی یا خاکورزی کم بیشتر مورد توجه قرار گیرد.
- توصیه میشود این آزمایش برای ترکیب بیشتری از ارقام و ژنوتیپ های نخود، در شرایط متفاوت رطوبتی مناطق مورد کشت و مراحل رشدی گیاه انجام شود.
- با توجه به اهمیت سیستم ریشه و نوع خاک در آزمایش های بعدی این موضوعات هم بررسی شود.

پیوست ها

پیوست ها

پیوست ۱: ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه گیری شده بر روی ژنوتیپ و تنش

وزن یکصد دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	تعداد غلاف	تعداد شاخه	ارتفاع اولین غلاف	شاخص سطح برگ	سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک کل	وزن خشک ساقه	وزن تر	ارتفاع	
وزن تر	۰/۹۲۹**	۱											
وزن خشک ساقه	۰/۹۲۲**	۰/۹۹۵**	۱										
وزن خشک کل	۰/۹۲۲**	۰/۹۹۵**	۱**	۱									
وزن خشک برگ	۰/۹۲۲**	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۹**	۱**	۱								
سطح برگ	۰/۹۲۲**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۷۱**	۰/۹۷۳**	۱							
شاخص سطح برگ	۰/۹۲۲**	۰/۹۸**	۰/۹۷۱**	۰/۹۷۲**	۰/۹۷۴**	۱**	۱						
ارتفاع اولین غلاف	۰/۲۵۴*	۰/۱۸۵	۰/۱۷۹	۰/۱۸	۰/۱۸۲	۰/۱۹۳	۰/۱۹۲	۱					
تعداد شاخه	۰/۳۸۷**	۰/۴۵۸**	۰/۴۷۳**	۰/۴۷۱**	۰/۴۶۹**	۰/۴**	۰/۴۰۲**	۰/۱۲۶	۱				
تعداد غلاف	۰/۶۱۰**	۰/۶۴۹**	۰/۶۶۳**	۰/۶۶۳**	۰/۶۶۱**	۰/۶۱۲**	۰/۶۱۲**	۰/۳۰۷*	۰/۴۷۸**	۱			
تعداد دانه در بوته	۰/۶۴۱**	۰/۶۶۳**	۰/۶۸۳**	۰/۶۸۲**	۰/۶۸۰**	۰/۶۲۹**	۰/۶۲۹**	۰/۲۹۴*	۰/۵۰۳**	۰/۹۳۸**	۱		
تعداد دانه در غلاف	۰/۵۵۹**	۰/۵۲۳**	۰/۵۴۲**	۰/۵۴۲**	۰/۵۳۸**	۰/۴۸۶**	۰/۴۸۶**	۰/۳۰۶*	۰/۴۹۴**	۰/۶**	۰/۸۰۴**	۱	
وزن یکصد دانه	۰/۳۵۷**	۰/۴۲۳**	۰/۴۳۳**	۰/۴۳۱**	۰/۴۲۷**	۰/۳۷۳**	۰/۳۷۱**	-۰/۱۵۹	۰/۰۰۵	۰/۱۷۱	۰/۱۳۵	۰/۱۳۱	۱
عملکرد	۰/۹۲۱**	۰/۹۹۲**	۰/۹۹۳**	۰/۹۹۳**	۰/۹۹۱**	۰/۹۷۲**	۰/۹۷۳**	۰/۱۸۳	۰/۴۵۹**	۰/۶۵۱**	۰/۶۷۴**	۰/۵۴۴**	۰/۴۴**

پیوست ۲: برآورد مقادیر شاخص های تحمل به خشکی بر اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ های مورد آزمایش در شرایط تنش و بدون تنش

HARM	YR	SSI	YSI	YI	STI	GMP	TOL	MP	Ys	Yp	ژنوتیپ
۸۹۱/۹۵	-/۵۶	۱/۰۵	-/۴۴	-/۸۶	-/۳۷	۹۶۹/۴۸	۸۲۵/۸۳	۱۰۵۳/۷۵	۶۴۰/۸۳	۱۴۶۶/۶۷	Arman
۱۴۰۹/۶۹	-/۴۵	-/۸۴	-/۵۵	۱/۴۷	-/۸۵	۱۴۷۳/۶	۸۹۷/۵	۱۵۴۰/۴۲	۱۰۹۱/۶۷	۱۹۸۹/۱۷	ILC 482
۱۷۶۹/۲۴	-/۲	-/۳۷	-/۸	۲/۱۴	۱/۲۴	۱۷۸۰	۳۹۳/۳۳	۱۷۹۰/۸۳	۱۵۹۴/۱۷	۱۹۸۷/۵	Pirooz
۱۲۹۳/۷۷	-/۳۳	-/۶۱	-/۶۷	۱/۴۵	-/۶۸	۱۳۱۹/۱۴	۵۲۵	۱۳۴۵	۱۰۸۲/۵	۱۶۰۷/۵	Azad
۱۲۳۸/۸۶	-/۴۱	-/۷۷	-/۵۹	۱/۳۲	-/۶۴	۱۲۸۲/۸۶	۶۸۹/۸۳	۱۳۲۸/۴۲	۹۸۳/۵	۱۶۷۳/۳۳	Bivanig
۸۱۹/۶۱	-/۶۱	۱/۱۵	-/۳۹	-/۷۶	-/۳۳	۹۱۳/۷۷	۹۰۰/۸۳	۱۰۱۸/۷۵	۵۶۸/۳۳	۱۴۶۹/۱۷	Hashem
۴۷۴/۱۲	-/۷۲	۱/۳۶	-/۲۸	-/۴۱	-/۱۳	۵۷۵/۷۴	۷۹۳/۳	۶۹۹/۱۵	۳۰۲/۵	۱۰۹۵/۸	Flip8442
۱۱۹۴/۹۲	-/۴۸	-/۹۱	-/۵۲	۱/۲۲	-/۶۲	۱۲۶۰/۸۵	۸۴۹/۱۷	۱۳۳۰/۴۲	۹۰۵/۸۳	۱۷۵۵	X95th5k10
۵۴۴/۹۶	-/۴۱	-/۷۶	-/۵۹	-/۵۸	-/۱۲	۵۶۳/۶۲	۲۹۷/۵	۵۸۲/۹۲	۴۳۴/۱۷	۷۲۱/۶۷	Sel95th11716
۳۷۹/۶۸	-/۹۱	۱/۷	-/۰۹	-/۲۸	-/۱۸	۶۸۰/۳۷	۲۰۲۳/۳۳	۱۲۱۹/۱۷	۲۰۷/۵	۲۲۳۰/۸۳	Sel96th11439
۶۱۵/۹۶	-/۷۶	۱/۴۲	-/۲۴	-/۵۱	-/۲۴	۷۷۷/۶	۱۱۹۸/۳۳	۹۸۱/۶۷	۳۸۲/۵	۱۵۸۰/۸۳	S96:32

پیوست ۳: ضرایب همبستگی ساده بین شاخص های برآورد شده در شرایط تنش و بدون تنش

	Yp	Ys	MP	TOL	GMP	STI	YI	YSI	SSI	YR
Ys	۰/۳۹۷	۱								
MP	۰/۸۳۵**	۰/۸۳۷**	۱							
TOL	۰/۵۴۶	-۰/۵۵۳	-۰/۰۰۶	۱						
GMP	۰/۵۷۵	۰/۹۷۳**	۰/۹۲۷**	-۰/۳۶۷	۱					
STI	۰/۵۵	۰/۹۷۹**	۰/۹۱۵**	-۰/۳۹۵	۰/۹۸۷**	۱				
YI	۰/۳۹۸	۱**	۰/۸۳۸**	-۰/۵۵۱	۰/۹۷۳**	۰/۹۷۹**	۱			
YSI	-۰/۰۶	۰/۸۷۳**	۰/۴۸۸	-۰/۸۵۱**	۰/۷۴۹**	۰/۷۶۴**	۰/۸۷۳**	۱		
SSI	۰/۰۵۷	-۰/۸۷۳**	-۰/۴۸۹	۰/۸۴۸**	-۰/۷۴۸**	-۰/۷۶۴**	-۰/۸۷۱**	-۱**	۱	
YR	۰/۰۶	-۰/۸۷۳**	-۰/۴۸۸	۰/۸۵۱**	-۰/۷۴۹**	-۰/۷۶۴**	-۰/۸۷۳**	-۱**	۱**	۱
HARM	۰/۴۳۷	۰/۹۹۲**	۰/۸۵۶**	-۰/۵۰۸	۰/۹۸۷**	۰/۹۷۷**	۰/۹۹۲**	۰/۸۳۶**	-۰/۸۳۴**	-۰/۸۳۶**

پیوست ۴: مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در ژنوتیپ های مورد آزمایش

Component	Eigen Value	Cumulative of Variable	Yp	Ys	MP	TOL	GMP	STI	HARM
مولفه	مقادیر ویژه	درصد سهم تجمعی (%)	عملکرد بدون تنش	عملکرد تنش	میانگین بهره وری	تحمل	میانگین هندسی بهره وری	تحمل به تنش	میانگین هارمونیک بهره وری
PC1	۸/۳۸۲	۷۶	۰/۲۶۰	۰/۴۲۵	۰/۴۱۰	-۰/۱۵۲	۰/۴۳۶	۰/۴۳۴	۰/۴۲۸
PC2	۲/۵۰۴	۹۹	-۰/۶۱۱	۰/۱۷۳	-۰/۲۶۱	-۰/۷۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۴۱	۰/۱۳۷

فهرست منابع:

- آقاعلیخانی م، و طهماسبی ز (۱۳۸۱) "تاثیر تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیا قرمز"، چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ابراهیمی م (۱۳۸۰) پایان نامه ارشد: "مطالعه عکس العمل تعدادی از ژنوتیپ های لوبیا قرمز و سفید نسبت به آبیاری محدود"، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- ابراهیمیان م، مجیدی م، میرلوحی آ ف، و قیصری م (۱۳۹۰) "ارزیابی شاخص های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ های فسکیوی بلند"، دو فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۹(۱)۱۰۱-۱۱۸.
- احمدزاده ا (۱۳۷۶) "تعیین بهترین شاخص های مقاومت به خشکی در لاین های برگزیده ذرت"، پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- احمدی ج، زینالی خانقاه ح، رستمی م ع، و چوگان ر (۱۳۷۹) "بررسی شاخص های مقاومت به خشکی و استفاده از روش بای پلات هیبریدهای ذرت دانه ای"، علوم کشاورزی ایران، ۳۱:۵۲۳-۵۱۳.
- اسدی چالشتی س، حسن زاده قورت تپه ع ا، و فیاض مقدم ا (۱۳۸۵) "بررسی شاخص های تحمل به خشکی در توده های بومی عدس زراعی استان آذربایجان غربی"، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۲.
- اسکندری تریقان م (۱۳۸۸) "ارزیابی تحمل خشکی ارقام گلرنگ در کشت بهاره از نظر صفات زراعی و کیفیت روغن"، همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، شهر ری.
- امام جمعه ع (۱۳۷۸) پایان نامه ارشد: "تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

امام ی، و نیک نژاد م (۱۳۸۵) "مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی"، چاپ دوم، دانشگاه شیراز، ص ۵۷۱.

امیدی ا ح (۱۳۹۰) "اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و شاخص های تحمل به تنش در سه رقم گلرنگ"، علوم زراعی ایران، ۱۳(۱):۱۱۶-۱۳۰.

امیری ا، بزرگی ح ر، و خندان سوستانی م (۱۳۸۸) "ارزیابی تحمل به خشکی ارقام برنج در گیلان"، لاهیجان.

اوزونی دوجی ع ع، اصفهانی م، سمیع زاده لاهیجی ح ا، و ربیعی م (۱۳۸۶) "اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم کلزای گلبرگ دار و بدون گلبرگ"، مجله علوم زراعی ایران، ۹(۱):۶۰-۷۶.

اهدایی ب (۱۳۷۲) "انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم"، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشکده کشاورزی تهران، کرج، ص ۳۶.

باقی ا، ملاحسینی ح، امینی ح، و سعادت‌مند غ ر (۱۳۸۸) "مدیریت حفظ پایداری خاک"، اولین همایش ملی الگوی مصرف و توسعه پایدار کشاورزی، ۲۹ مهرماه، تهران.

بایزید ب (۱۳۷۴) پایان نامه ارشد: "بررسی تنوع ژنتیکی ارقام نخود زراعی تحت دو سطح رطوبت و تجزیه همبستگی صفات زراعی"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

بهبودیان ب، لاهوتی م، و نظامی ا (۱۳۸۴) "بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه زنی ارقام نخود"، مجله علمی کشاورزی، ۲۸(۲):۱۲۷-۱۳۸.

پزشک پور پ، و موسوی س ک (۱۳۸۴) "همبستگی بین شاخص های خشکی و عملکرد دانه نخود در شرایط مطلوب (کاشت پاییزه) و شرایط تنش (کاشت بهاره)"، اولین همایش ملی حبوبات، ۲۹ و ۳۰ آبان، مشهد.

پوریا مچی ه م ع، بی همتا م ر، پیغمبری س ع، و نقوی م ر (۱۳۹۰) "ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ های نخود تیپ کابلی"، مجله به نژادی نهال و بذر، جلد ۱-۲۷، شماره ۳، ص ۳۹۳-۴۰۹.

تقی زاده ر، ولی زاده م، نظیر زاده ع، اهری زاد س، و مصطفایی ح (۱۳۸۱) "ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ های عدس در منطقه اردبیل با استفاده از شاخص های حساسیت و تحمل به خشکی"، چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ص ۳۶۹. جمشیدی مقدم م (۱۳۸۹) "ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ های گلرنگ پاییزه بر اساس شاخص های مقاومت و روش بای پلات"، سومین سینار بین المللی دانه های روغنی و روغن های خوراکی، تهران.

جمشیدی مقدم م، پاک نیت ح، و فرشادفر ع (۱۳۸۱) "بررسی تغییرات صفات مهم زراعی و گزینش برای مقاومت به خشکی در ارقام نخود زراعی"، چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ص ۳۶۹.

چوگان ر، حیدری ع، محمدی ع، و حدادی م ح (۱۳۸۷) "ارزیابی تحمل به خشکی در هیبریدهای ذرت دانه ای با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی"، نهال و بذر، ۲۴:۵۴۳-۵۶۲. حکمت شعار ح (۱۳۷۲) "فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار" (ترجمه)، انتشارات نیکنام، تبریز، ص ۳۷۸.

خلیل زاده غ ر، و کربلایی خیابوری ح (۱۳۸۱) "بررسی اثرات استرس خشکی و گرما بر روی لاین های پیشرفته گندم دوروم"، چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، نشر آموزش کشاورزی، ص ۵۶۳-۵۶۴.

خلیلی م، کاظمی ه، مقدم م، و شکیبیا م (۱۳۸۳) "ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی در مراحل مختلف رشد ژنوتیپ های دیررس ذرت"، هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، ص ۴۱.

دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهادکشاورزی (۱۳۸۹) "آمارنامه کشاورزی، جلد اول، محصولات زراعی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷"، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ص ۱۱۴.

رجب پوراشکیکی ب، کشاورزی ع، و دهقانی بیدگلی ر (۱۳۸۸) "منابع آبی، کلید توسعه پایدار کشاورزی"، اولین همایش ملی الگوی مصرف و توسعه پایدار کشاورزی، ۲۹ مهرماه، تهران.

رضایی زاد ع (۱۳۸۶) "واکنش برخی ژنوتیپ های آفتابگردان به تنش خشکی با استفاده از شاخص های مختلف تنش خشکی"، نهال و بذر، ۲۳(۱):۱۰۱-۱۱۸.

زینالی خانقاه ح، ایزانلو ع، حسین زاده ع، و مجنون حسینی ن (۱۳۸۳) "تعیین شاخص های مناسب مقاومت به خشکی در ارقام سویای وارداتی"، علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۴):۸۷۵-۸۸۵.

سرمندیا غ ح، و کوچکی ع ر (۱۳۸۶a) "جنبه های فیزیولوژی زراعت دیم" (ترجمه)، چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۴۲۴.

سرمندیا غ ح، و کوچکی ع ر (۱۳۸۶b) "فیزیولوژی گیاهان زراعی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۴۰۰.

سلطانی ا، و فرجی ا (۱۳۸۶) "رابطه آب خاک و گیاه"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۴۶.

شیرینی س س، قاسمی گلعدانی ک، گلچین ا، و صبا ج (۱۳۸۵) "تاثیر میزان آب آبیاری بر فنولوژی و عملکرد سه رقم نخود"، دانش کشاورزی، ۱۶(۲):۱۳۷-۱۴۸.

شفازاده م ک، یزدان سپاس ا، امینی ا، و قنادها م ر (۱۳۸۳) "بررسی تحمل به خشکی آخر فصل در ژنوتیپ های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص های حساسیت و تحمل به تنش"، نهال و بذر، ۲۰(۱):۵۷-۷۱.

شیرانی راد ا ح، نعیمی م، و نصر اصفهانی ش (۱۳۸۹) "ارزیابی تحمل به خشکی انتهایی در ارقام بهاره و پاییزه کلزا"، مجله علوم زراعی ایران، ۱۲(۲):۱۱۲-۱۲۶.

صالحی م، حق نظری ع، و شکاری ف (۱۳۸۶) "ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی در ژنوتیپ های عدس". پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۷(۴):۵۷-۷۰.

صباغ پور س ح (۱۳۸۲) "ساز و کارهای تحمل به خشکی در گیاهان"، فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، زمستان ۸۲، ص ۳۲-۲۱.

صباغ پور س ح (۱۳۸۵) "شاخص ها و مکانیزم های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان"، چاپ اول، کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، ص ۱۵۲.

صباغ پور س ح، صفی خانی م، پزشک پور پ، جهانگیری ع، سرپرست ر، کرمی ا، پورسیاه بیدی م، شهریاری د، محمودی ف، و کشاورز ک (۱۳۸۹) "آزاد رقم جدید نخود برای مناطق معتدل و نیمه گرمسیری ایران در شرایط دیم"، نهال و بذر، ۱ (۲۶): ۱۹۵-۲۹۳.

صفوی ا، پورداد س س، جمشیدی مقدم م، و صفوی س م (۱۳۸۹) "ارزیابی تحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص های مقاومت به خشکی در آفتابگردان"، سومین سینار بین المللی دانه های روغنی و روغن های خوراکی، تهران.

ضابط م، حسین زاده ع، احمدی ع، و خیال پرست ف (۱۳۸۲) "مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ماش"، علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۴): ۸۸۹-۸۹۸.

عظیم زاده س م (۱۳۸۹) "بررسی تحمل به خشکی در ۱۶ ژنوتیپ گلرنگ"، نشریه پژوهش های زراعی ایران، ۸(۵): ۸۷۷-۸۷۱.

علیزاده ا (۱۳۸۳) "رابطه آب، خاک و گیاه"، دانشگاه امام رضا (ع)، ص ۴۷۰.

علیزاده ا، و کوچکی ع (۱۳۷۰) "اصول زراعت در مناطق خشک" (ترجمه)، جلد اول، انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۲۶۰.

فرایدی ی ا (۱۳۸۳) "ارزیابی مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ های نخود کابلی"، مجله کشاورزی، ۶(۲): ۲۸-۳۸.

فرجی، ا (۱۳۸۸) "مبانی کاربردی تاثیر تنش خشکی در کلزا"، نشر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، ص ۲۶.

فرشادفر ع (۱۳۷۹) "انتخاب برای تحمل به خشکی لاین های گندم نان"، علوم و صنایع کشاورزی، ۱۴(۲):۱۶۱-۱۷۱.

فرشادفر ع، زمانی م ر، مطلبی م، و امام جمعه ع (۱۳۸۰) "انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین های نخود"، علوم کشاورزی ایران، ۳۲(۱):۶۵-۷۷.

فرشادفر ع، و محمدی ر (۱۳۸۲) "ارزیابی شاخص های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در آگروپیرون با استفاده از شاخص انتخاب چندگانه"، علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۳):۶۳۵-۶۴۶.

فلاح س، احسان زاده پ، و دانشور م (۱۳۸۴) "مطالعه اثرات تراکم بوته و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم نخود دیم در خرم آباد لرستان"، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۳):۷۱۹-۷۳۱.

قاسمی گلعدانی ک، موحدی م، رحیم زاده خویی ف، و مقدم م (۱۳۷۶) "اثرات کمبود آب بر رشد و عملکرد دو رقم نخود در تراکم های مختلف". دانش کشاورزی. ۷(۴-۳):۱۷-۴۲.

کاظمی ح ا (۱۳۸۷) "اصول دیمکاری"، چاپ دوم، دانشگاه تبریز، ص ۵۰۷.

کافی م، و دامغانی ع م (۱۳۷۹) "مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۳۷۰.

کوچکی ع، و بنایان اول م (۱۳۷۳) "فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۸۷.

کریمی م؛ صدیقی س. و نصر اصفهانی ا (۱۳۸۱) "کارایی مصرف آب در محصولات زراعی کشور"، فصلنامه خشکی و خشکسالی، ۴: ۵۲-۵۶.

گلباشی م، ابراهیمی م، خاوری خراسانی س، و صبور م ح (۱۳۹۰) "بررسی شاخص های تحمل به خشکی در هیبریدهای جدید ذرت دانه ای"، پژوهش های زراعی ایران، ۹(۱):۱۰۳-۱۱۳.

گلدانی م، و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۶) "اثر رژیم های مختلف رطوبتی و تاریخ کاشت بر خصوصیات فنولوژیکی و شاخص های رشد سه رقم نخود دیم و آبی در مشهد"، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۱):۶۱-۷۴.

گلستانی م، و پاک نیت ح (۱۳۸۶) "ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی در لاین های کنجد"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۴۱):۱۴۱-۱۴۹.

گنجعلی ع (۱۳۸۴) رساله دکتری: "بررسی جنبه های فیزیومورفولوژیک مقاومت به خشکی در ژنوتیپ های نخود"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

گنجعلی ع، باقری ع ر، و پرسا ح (۱۳۸۸) "ارزیابی ژرم پلاسما نخود برای مقاومت به خشکی"، پژوهش های زراعی ایران، ۷(۱):۱۸۳-۱۹۴.

مجنون حسینی ن (۱۳۸۷) "زراعت و تولید حبوبات"، چاپ چهارم، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، ص ۲۸۳.

مقدم ع، و هادی زاده و (۱۳۸۱) "عکس العمل هیبریدهای ذرت و لاین های والدی آنها به خشکی با استفاده از شاخص های مختلف تحمل به تنش"، مجله نهال و بذر، ۱۸(۳):۲۷۲-۲۵۵.

نادرآوژن ر، اردکانی م ر، نورمحمدی ق، و نجفی ا (۱۳۸۴) "بررسی اثر چهار سطح مختلف آبیاری قطره ای، نواری بر کارایی مصرف آب و صفات مورفولوژیک ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۰)"، زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۱۱(۱):۶۳-۷۳.

نادری ا، مجیدی هروان ا، هاشمی دزفولی ا، رضایی ع، و نورمحمدی ق (۱۳۷۸) "تحلیل کارایی شاخص های ارزیابی کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش های محیطی و معرفی یک شاخص جدید"، نهال و بذر، ۱۵:۳۹۰-۴۰۲.

نظامی ا، و باقری ع (۱۳۸۴) "ارزیابی کلکسیون نخود برای تحمل به سرما در شرایط مزرعه"، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۵(۲):۱۶۱-۱۵۵.

نعیمی م، اکبری غ ع، شیرانی راد ا ح، مدرس ثانی س ع م، سادات نوری س ا، و جباری ح (۱۳۸۷)
"ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا براساس شاخص های ارزیابی تنش در انتهای

فصل رشد"، تولید گیاهان زراعی، ۱(۳): ۸۳-۹۸.

نورمندموید ف، رستمی م ع، و قنادها م ر (۱۳۸۰) "ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی در گندم

نان"، علوم کشاورزی ایران، ۳۲(۴): ۷۹۵-۸۰۵.

وفابخش ج، نصیری محلاتی م، و کوچکی ع (۱۳۸۷) "اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف

نور در ارقام کلزا"، مجله پژوهش های زراعی ایران، ۶(۱): ۱۹۳-۲۰۴.

Abbo, S., Lev-Yadun, S., Galwey, N. (2002). "*Vernalization response of wild chickpea*". *New Phytol.* 154:695-701.

Anonymous. (2009). "*Effect of moisture on canola growth*". <http://www.Canola Council of Canada>.

Anwar, M. R., Mckenzie, B. A., And Hill, G. D. (2003). "*Phenology and growth response to irrigation and sowing date of Kabuli chickpea (Cicer arietinum L.) in a cooltemperate subhumid climate*". *Journal of Agricultural Science.* 141:273-284.

Aparicio – Tejo, P. M., and Boyer, J. S. (1983). "*Significance of accelerated leaf senescence at low water potentials for water loss and grain yield in maize*". *Crop Science.* 23:1198-1201.

Araus, J. L., Salfer, G. A., Reynold, M. P., And Royo, C. (2002). "*Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for?*" *Anna. Bot.* 89:925-940.

Arif, L., Samiuliah., M.M.R.K, Afridi., S, Umar. (1996). "*Potassium nutrition under different irrigation levels in selected crops*". *Journal of potassium Research* 12(2): 186-193.

Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2007). "*Roles of glycine betaine and praline in improving plant abiotic stress resistance*". *Environ. Exp. Bot.* 59:206-216.

Auld, D. L., Bettis, B. L., Crock, J. E., and Kephart, K. D. (1988). "*Plantig date and temperature effects ongermination, emergence, and seed yield of chicpea*". *Agron. J.* 80:909-914.

- Baker, R. J. (1994). "*Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legumes*". *Euphytica*. 73:67-72.
- Baldev, B. (1988). "*Cropping patterns of pulses*". In: H.K.Jain, B. Baldev and S. Ramanujam. *Pulse Crops*. Oxford pub Co. New Delhi, India. pp.513-561.
- Banon, S., Fernandez, J. A., Franco, J. A., Torrecillas, A., Alarcon, J. J., and Sanchez – Blanco, M. J. (2004). "*Effects of water relation and anatomical change of Lotus creticus Plants*". *Scientia Horticulture*. 101:333-342.
- Begg, J. E. (1980). "*Morphological adaptations of Leaves to water stress*. In: *Adaptations of Plants to Water and High Temperature Stress*". pp.33-42, Turner, N. C. and P. J. Kramer, Eds., Wiley, New Yourk.
- Behmaram, R. A., Faraji, A.F., and Amiari-Oghan, H. (2006). "*Evaluation of drought tolerance in spring rapeseed cultivars (Brassica napus L.)*". The 9th Iranian crop science congress. Aboureyhan Campus- University of Tehran. pp:496.
- Below, F. E., Christensen, L. E., Reed, A. J and Hagmane, R. H. (1981). "*Availability of reduced N and carbohydrate for ear development of maize*". *Plant Physiol*. 68:1186-1190.
- Blum, A. (1988). "*Plant Breeding For Stress Environments*". CRC press, Boca Raton, FL. pp:38-78.
- Blum, A. (1996). "*Crop responses to drought and the interpretation of adaptation*". *Plant Growth Regulation*. 20:135-148.
- Bohnert, H. J., Nelson, D. E., and Jensen, R. G. (1995). "*Adaptations to environmental stress*". *Plant Cell*. 7:1099-1111.
- Bouslama, M., and Schapaught, W. T. (1984). *Stress tolerance in soybean*. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 24:933-937.
- Boyer, J. S. (1982). "*Plant Productivity and environments*". *Science* 218:443-447.
- Boyer, J. S. (1992). "*Mechanisms for obtaining water use efficiency and drought resistance*". In: *Plant Breeding in the 1990s*.pp.181-200, Stalker, H. T. and J. P. Murphy, Eds., CAB International, U. K.
- Boyer, J. S. (1996). "*Advances in drought tolerance in plant*". *Adv. Agron*. 56:187-217.
- Bray, A. E. (1997). "*Plant responses to water deficit*". *Trends in Plant Sc*. 2:45-54.
- Brown, E. A., Canviness, C. E. and Brown, D. A. (1985). "*Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit*". *Agron. J*. 77:274-278.

- Bullock, D. G., Niesen, R. L., and Nyquist, W. E. (1988). "A Growth analysis comparison of corn growth conventional and equidistant plant spacing". *Crop Sci.* 24:1187-1191.
- Boutraa, T., and Sanders, F. E. (2001). " Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ". *J. of Agron. Crop Sci.* 187: 251-257.
- Charlies, S. (1997). "Localization of Hydrogen Peroxide Accumulation during the hypersensitive syndrome in *Phaseolus vulgaris* the plant cell". *American Society of Plant Physiologists.* 9:209-221.
- Chengci, P., and Miller, P. (2003). "Winter chickpea and lentil seeding date and seedling survival trials" *Physiological response of sorghum hybrids and parental lines to soil moisture stress*". *Journal of American Society of Agronomy.* 76:223-229.
- Clarke, J. M., and Caig, T. N. (1982). "Excise leaf water retention capability an indicator for drought resistance of *Triticum* genotypes". *Canadian Journal of Plant Science,* 62:571-578.
- Constable, G. A., and Hearn, A. B. (1978). "Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crop to water deficits. I. Growth, development and yield". *Aust. J. Plant Physiol.* 5:159-167.
- Costa Franca, M. G., Thi, A. T. P., Pimental, C., Pereira Rossiello, R. O., Zuily – Fodil, Y., and Laffary, D. (2000). "Differences in growth induced drought stress". *Environ. and Experim. Bot.* 43:227-237.
- Costa, G. E. A., Queiroz-Monici, K. S., Reis, S. M. P. M., and Oliveria. A. C. (2006). "Chemical Composition, Dietary Fiber and Resistant Starch Contents of Raw and Cooked Pea, Common Bean, Chickpea and Lentil Legumes". *Food Chemistry.* 94:327-330.
- De Costa, W. A. T. M., Shanmugathsan, K. N. and Joseph, K. D. S. M. (1999). "Physiology of yield determination of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under various irrigation regimes in the dry and intermediate Zones of Srilanka". *Field Crops Res.* 61:1-12.
- De Souza, P. I., Egli, D. B., and Brucening, W. P. (1997). "Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean". *Agron. J.* 89:807-812.
- Debaeke, P. and Abdallah, A. (2004). "Adaptation of crop management to water limited Environments". *Eur. J. Agron.* 21:433-446.

- Denis, J. C., and Adoms, M. W. (1978). "A Factor analysis of plant variables related to yield in dry beans. I. Morphological traits". *Crop Sci.* 18(1): 74-78.
- Desclaux, D., Huynh, T. T., and Roumet, P. (2000). "Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress". *Crop Sci.* 40:716-722.
- Diepenbrock, W. (2000). "Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations". *Field Crop Res.*, 94(2-3):103-113.
- Earl, H. J., and Davis, R. F. (2003). "Effect of drought stress on Leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of Maize". *Agron. J.* 95:688-696.
- Eberhart, S. A., and Russel, W. A. (1966). "Stability parameters for comparing varieties". *Crop Sci.* 6:36-40.
- Edmeades, G. O., Bolanos, J., Hernandez, M., And Bello, S. (1993). "Causes for Silk delay in a Lowland tropical Maize population". *Crop Sci.* 33:1029-1035.
- Ehleringer, J. (1980). "Leaf morphology and reflectance in relation to water and temperature stress". In: *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. pp. 295-308, Turner, N. C. and P. J. Kramer, Eds., Wiley, New York.
- Elings, A. (2000). "Estimation Leaf area in tropical maize". *Agron. J.* 92:436-444.
- Evans, B., and Waians, J. G. (1993). "Variation in water use efficiency and its component in wheat". *Crop Sci.* 33:294-299.
- Evans, J. P. (2009). "21st century climate change in the Middle East". *Climatic change* 92:417-432.
- Evans, N. H., McAinsh. M. R., Hetherington. A. M. (2001). "Calcium oscillations in higher plants". *Plant Biol.* 4:415-420.
- FAO. (1992). "FAO production year book, 1991", Vol. FAO. Vol. 45, FAO, Rome, Italy.
- FAO. (2003). "FAO production year book, 2002". Rome, Italy: FAO.
- FAO. (2010). "Production Year Book. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)", Rome Italy, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx>.
- Farshadfar, A., Zamani, M. R., Motallebi, M., and Emam Jome, A. (2001). "Selection for drought resistance in chickpea lines". *Iranian Journal of Agricultural Sciences.* 32(4): 65-77 (in Persian).
- Fernandez, G.C.J. (1992). "Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance". In: C.G. Kuo.(eds), *Adaptation of food crops to temperature and water-stress*, AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp.257-270.

- Fisher, R.A., and Maurer, R. (1978). "Drought Tolerance in spring wheat cultivars". I. Grain yield Response: *Aus. J. Agri. Res.* 29: 897-912.
- Ford, S. C. M. (1972). "Effect of Dry Season on Uptake of Radioactive Phosphorus by Surface Root of the Sugar Beet". *Agron.J.*64:622-623.
- Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek-Perez, N., and et al. (2004). "Breeding beans for resistance to terminal drought in the Lowland tropics". *Euphytica* 136:223–232.
- Franca, M. G. C., Thi, A. T. P., Pimentel, C., Rossiello, R. O. P., Zuily – Fodil, Y., and Laffray, D. (2000). "Differences to induced drought stress". *Environmental and Experimental Botany.* 43:227-237.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. (1998). "Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals". *Canadian Journal of Plant Science.* 77: 523-531.
- Golestani, S. A., and Assad, M. T. (1998). "Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat". *Euphytica.* 103: 293-299.
- Gotoh, K., Chang, T. T., OToole, J. C., Riley, R., and Murty, B. R. (1979). "Crop adaptation. In: *Plant breeding perspectives*". Eds. J. Sneep and A. J. T. Hendriksen, Centre for Agricultural Publication and Documentation, Wageningen, pp. 234-261.
- Gulman, S. L., and Turner, N. C. (1978). "Differences in root and shoot development of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) varieties across contrasting soil environments". *Plant Soil.* 49:127-136.
- Gupta, A. K., Singh, J., Kaur, N., and Singh, R. (1993). "Effect of polyethylene glycol-induce water stress on germination and reserve carbohydrate metabolism in chickpea cultivars differing in tolerance to water deficit". *Plant physiology and Biochemistry.* 31(3):369-378.
- Gupta, A. K., Singh, J., Kaur, N., and Singh, R. (1991). "Effect of polyethylene-glycol induced water deficit on germination of chickpea cultivars differing in drought tolerance". *Inter. Chick. News.* 24: 38-39.
- Gupta, S. N., Dahiya, B. S., Malik, B. P. S., and Bishnoi, N. R. (1995). "Response of chickpea to water deficits and drought stress". *Haryana Agriculture university journal of Research.* 25(1/2):11-19.

- Hare, P. D. and Cress, W. A. (1997). "*Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants*". Journal of Plant Growth Regulation. 21:79-102.
- 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.
- Himmelbach, A., Iten. M., Grill. E. (1998). "*Signaling of abscisic acid to regulate plant growth*". Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 353:1439-1444.
- Hoekstra, F. A., Golovina. E. A., Buitink. J. (2001). "*Mechanisms of plant desiccation tolerance*". Trends Plant Sci. 6:431-438.
- Hoffman, C. W., Neill, M. K. O., and Dobrenz, A. K. (1984). "*Physiological response of sorghum hybrids and parental lines to soil moisture stress*". Journal of American Society of Agronomy. 76:223-229.
- Hoshikawa, K. (1991). "*Significance of legume crops in improving the productivity and stability of cropping systems*". In: Phosphorus Nutrition of Grain Legumes in the Semi-Arid Tropics. pp. 173-181, Johansen, C., K. K. Lee, and K. L. Sahrawat, Eds., International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India.
- Hossain, A. B. S., Sears, A.G., Cox, T.S. and Paulsen, G.M. (1990). "*Dessication tolerance and it's relationship to assimilate partitioning in winter wheat*". Crop.Sci. 30:622-627.
- Hsiao, T. C., OToole, J. C., Yambao, E. B., and Turner, N. C. (1984). "*Influence of osmotic adjustment on leaf rilling and tissue death in rice (Oryza sativa L.)*". Plant Physiol. 75:338-341.
- Hurd, E. A. (1976). "*Plant Breeding for drought resistance*". Pages 317-353 in Water deficits and plant growth. Volume 4 (Kozlowski, T. T., ed.). New York, USA: Academic Press.
- ICRISAT. (1996). "*ICRISAT Asia Region Annual Report, 1995*". pp.17-20, Patancheru 502-324, A. P., India: ICRISAT.
- Inoue, T., Higuchi, M., Hashimoto, Y., Seki, M., Kobayashi, M., Kato, T., Tabata, S., Shinozaki, K., and Kakimoto, T. (2001). "*Identification of CRE1 as a cytokinin receptor from Arabidopsis*". Nature. 409:1060-1063.

- Jettner, R. J., Siddique, K. H. M., Loss, S. P., and French, R. J. (1999). "Optimum plant density of *Desi chickpea* increases with increasing yield potential in south western Australia". *Aust. J. Agric. Res.* 50:1017-1025.
- Jodha, N. S., and Subba Rao, K. V. (1987). "*Chickpea: world importance and distribution*". In: M. C. Saxena and K. B. Singh (Editors), *The Chickpea*. C.A.B. International, Wallingford, Great Britain, pp. 1-10.
- Johansen, C., Chauhan, Y. S., Gupta, S. C., and Taylan, F. M. 1991. Assessing short-duration Pigeonpea for multiple-harvest potential. *Int. Pigeonpea Newsl.* No. 13:15-17.
- Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharifi, H., and golden, H. (1999). "*Plant physiology*". Mashhad Jihad Daneshgahi Press. Second Edition. pp 379.(Translated in Persian)
- Kavikishor, P. B., Sangam, S. R. N., Amrutha, P. S., Laxmi, K. R., Naidu, K. R. S. S., Rao, S., Rao Reddy, K. J., Theriappan, P., and N. Sreenivasulu. (2005). "*Regulation of praline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance*". *Curr Sci.* 88:424-438.
- Kelly, J. D., and Adams, M. W. (1987). "*Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto bean*". *Euphytica.* 36:64-80.
- Khanna – Chopra, R., and Sinha, S. K. (1988). "*What limits the yield of pulses? Plant process or plant type*". P:68-278.
- Khanna-Chopra, R., Moinuddin., Vasudev, S., Maheswari, M., Srivastava, A., and Bahukhandi, D. (1995). "*K⁺, Osmoregulation and Drought-an overview*". Proceeding of the Indian National Science Academy. Part. B, Biological Science 61(1):51-56.
- Khoshvaghti, H. (2006). "*Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars*". M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tabriz University. (In Persian).
- Kisman, A. (2003). "*Effects of drought stress on growth and yield of soybean*". Sci. Phil. Term paper. Borgor Agric.Univ. (Institut Ppertanian Borgor).
- Kiyosue, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K. (1994). "*Cloning of cDNAs for genes that are early-responsive to dehydration stress (ERDs) in (*Arabidopsis thaliana* L), identification of three ERDs as HSP cognate genes*". *Plant Mol Biol.* 25:791-798.

- Kramer, P. J. (1959). "*Transpiration and the water economy of plants*", pp. 607-726. In: Pl. Physiol. Vol. II. Steward, F. G. (ed), Academic Press, New York.
- Kramer, P. J. (1983). "*Water relations of plants*". Academic Press. P.342-415.
- Kristin, A. S., Serna, R. R., Perez, F. L., Enriquez, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallejo, P. R., Wassimi, N., and Kelley, J. D. (1997). "*Improving common bean performance under drought stress*". Crop Sci. 37:43-50.
- Kumar, J., and Abbo, S. (2001). "*Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments*". Adv. Agron. 72: 107-138
- Larson, K. L., and Eastin, J. D. (Eds). (1971). "*Drought injury and resistance in crops*". CSSA Special Publication No. 2 Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Lecoeur, J., Wery, J., and Turc, O. (1992). "*Osmotic adjustment as a mechanism of dehydration postponement in chickpea (Cicer arietinum L.) leaves*". Plant and soil 144:177-189.
- Lecoeur, J., Sinclair, T.R., (1996). "*Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits*". Crop Sci. 36, 331-335.
- Leport, L., Turner, N. C., French, R. J., Tennant, D., Thomson, B. D., Siddique, K. H. M. (1998a). "*Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment*". European journal of Agronomy 9(4):295-303.
- Leport, L., Davies, S., Turner, N. C., French, R. J., Shackel, K. A., and Siddique, K. H. M. (1998b). "*physiological tools aid in understanding chickpea adaptation to low-rainfall Mediterranean-type environments*". pp.30-31. In third European conference on grain legumes: opportunities for high quality, healthy and added-value crops to meet European demands. Valladolid, Spain, 14-19 Nov 1998. Paris, France: European Association for Grain legume Research.
- Leport, L., Turner, N. C., French, R. J., Barr, M. D., Duda, R., Davies, S. L., Tennant, D., and Siddique, K. H. M. (1999). "*Physiological response of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment*". European Journal of Agronomy 11, 279–291.
- Levitt, J. (1972). "*Responses of Plants to Environmental Stresses*". Academic Press, New York.

- Levitt, J. (1980). "*Response of plants to environmental stresses. II. Water, radiation, salt and other stresses*". Academic Press. New York. PP. 187-211.
- Lockhart, J. A. (1965). "*An analysis of irreversible plant cell elongation*". *Journal of Theoretical Biology*. 8:264-275.
- Lopez, F. B., Chauhan, Y. S., and Johansen, C. (1997). "*Effects of timing of drought stress on leaf area development and canopy light interception of short – duration Pigeon Pea*". *J. Agron. And Crop Sci*. 178:1-7.
- Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, F.J., Fuentes, M., Castillo, J.E., and Fernandez, E.J. (1997). "*Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rain-fed Mediterranean conditions*". *Soil Tillage Res*. 43,277–293.
- Mendham, N. J., Russel, J., and Buzza, G. C. (1984). "*The contribution of seed Survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rape (Brassica napus L.)*". *J. Agri. Sci. Camb*. 103:303-316.
- Mitchell, R. L. (1970). "*Crop Growth and Culture*". The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Mittler, R. (2002). "*Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance*". *Trends Plant Sci*. 7:405-410.
- Morgan, J. M. (1984). "*Osmoregulation and water stress in higher plants*". *Annul Rev. Plant physiol*. 35:299-319.
- Morgan, J. M. (1992). "*Osmotic components and proportion associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat*". *Aust. J. Plant Physiol*. 19:67-76.
- Morgan, J. M., and Condon, A. G. (1986). "*Water use, grain yield and osmorregulation in wheat*". *Aust. J. Plant Physiol*. 13:523-532.
- Muchow, R. C. (1985). "*Stomatal behavior in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment*". *Field Crops Res*. 11:291-307.
- Muchow, R. C., and Carberry, P. S. (1993). "*Designing improved plant types for semi arid tropics: Agronomist,s view points*". In: F. W. T. Penning de Vries, P. S. Teng and K. Metselaar (eds). *Systems approaches for agricultural development*. Kluwere Academic publishers. Dordrecht. The Netherlands. pp 37-61.
- Muehlbauer, F. J., and Tullu, A. (1997). "*New crop fact sheet: chickpea (Cicer arietinum L.)*". New York Times 18 November. Available at: <http://hort.purdue.edu/newcrop/crops/cropfactsheets/chickpea.html>

- Mullet, J. E., and Whitsitt, M. S. (1996). "*Plant cellular responses to water deficit*". Journal of Plant Growth Regulation. 20:119-124.
- Munns, R., and King, R.W. (1988). "*Abscisic acid is not the only inhibitor in the transpiration stream of wheat plant*". Plant Physiol. 88: 703-708.
- Munoz, F. J., E. Labrador., and B. Dopico. (1993). "*Effect of osmotic stress on the growth of epicotyls of Cicer arietinum in relation to changes in the autolytic process and glycanhydrolytic cell wall enzymes*". Physiologia plantarum 87(4):544-551.
- Munoz-Perea, C. G., Wright, R. A. J., Westermann, D., Teran, H., Dennis, M., Hayes, R., and Singh, S. P. (2005). "*Drought resistance, water use efficiency and nutrient uptake by old and new dry bean cultivars*". Bean Improvement Cooperative, New York, 48:144-145.
- Nageswara Rao, R. C., and Wright, G. C. (1994). "*Stability of the relationship between specific leaf area and carbon isotope discrimination across environments in peanut*". Crop Sci. 34(1):98-103.
- Nakashima, K., Kiyosue, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K. (1997). "*A nuclear gene, erl1 encoding a chloroplast-targeted Clp protease regulatory subunit homolog is not only induced by water stress but also developmentally upregulated during senescence in Arabidopsis thaliana*". Plant J. 12:851-861.
- Nanda, R., and Saini, A. D. (1992). "*Effect of restricted soil moisture on yield and its attributes in chickpea*". Indian Journal of Plant Physiology. 35:16-24.
- Nandwal, A. S., Bharti, S., Kuhad, M. S., and Singh, J. (1991). "*Nitrogen status of Pigeonpea (Canjanus cajan) under water deficit*". Indian journal of Experimental Biology 29(9):879-880.
- Nielsen, D. C. (2001). "*Production function for chickpea, field pea, and lentil in the central great plains*". Agronomy journal. 93:563-569.
- Nutman, P. S. (1987). "*Centenary lecture on nitrogen fixation*". In: A Century of nitrogen Fixation Research: Present Status and Future Prospects. pp. 69-106, Bergersen, F. J. and J. R. Postgate, Eds., The Royal Society. London, U. K.
- Otegul, M. E. (1997). "*Kernel set and flowers synchrony within the ear of maize. II. Plant population effects*". Crop Sci. 37:44.

- Owies, T., Hachum, A., and Pula, M. (2004). "Water use efficiency of winter sown chickpea under supplement irrigation in a Mediterranean environment". Agriculture Water Management. 66:163-179.
- Padilla-Ramirez, K. S., Acosta-Gallegos, K. A., Acosta- Diaz, E., Mayek-Perez, N., and Kelly, J. D. (2005). "Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought stressed and non stressed dry bean genotypes". Bean Improvement Cooperative. New York, 48: 153-153.
- Passioura, J. B. (1972). "The effect of root geometry on the yield of wheat growing on stored water". Aust. J. Agric. Res. 23:745-752.
- Patel, B. D., Patel, V. J., Patel, J. B., and Patel, R. B. (2006). "Effect of fertilizers and weed management practices on weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under middle Gujarat conditions". Indian Journal of Crop Science 1(1-2): 180-183.
- Paylore. P., and J. R. Greenwell. (1979). "Arid Lands Newsletter". No. 10. pp.17-18. OALS. Univ. of Ariz. Tucson, Ariz.
- Phillips, J. R., Oliver. M. J., and Bartels. D. (2002). "Molecular genetics of desiccation and tolerant systems". In: Black. M. Pritchard. H. W. (Eds). Desiccation and survival in plants: Drying without dying CAB International.
- Poorter, H., and Garnier, E. (1996). "Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods". J. Exp. Bot. 47:1343-1351.
- Rahangdale, S. L., Dhopte, A. M., and Wanjar, K. B. (1994). "Evaluation of chickpea genotypes for yield stability under moisture deficit". Annals of plant physiology 8 (2): 179-184.
- Rahangdale. S. L., Dhopte, A. M., Wanjari, K. B. (1995). "Alteration in osmsregulation, dew formation and salt deposits in leaves of chickpea genotypes under soil misture stress". Annals of Plant Physiology 9(1):17-23.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Condonl, A. G., and Farquhar, G. D. (2006). Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica. 14: 324-341.
- Richard, R. A. (1991). "Crop improvement for temperate Australia". Future opportunities. Field Crop Res. 26:141-169.
- Rosales – Serna, Kohashi – Shibata, R. J., Acosta – Gallegos, J. A., Trejo – Lopez, C., Ortiz – Cereceres, J., and Kelly, J. D. (2004). "Biomass distribution, maturity

- acceleration and yield in drought – stressed common bean cultivars*". Field Crop Res. 85:203-211.
- Rosenow, D. T., Quisenberry, J. E., Wendt, C. W., and Clark, L. E. (1983). "*Drought tolerant sorghum and cotton germplasm*". Agric. Water Manage. 7:207-222.
- Rosenthal, W. D., Arkin, G. F., Shouse, P. J., and Jordan, W. R. (1987). "*Water deficit effects on transpiration and leaf growth*". Agronomy Journal. 19:1019-1026.
- Rosielle, A. A., and Hamblin, J. (1981). "*Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments*". Crop Sci. 21:943-946.
- Russel, M. B. (1996). "*Water and its relation to soil crop*". Academic Press Inc, New York, London. 445P.
- Sabaghpour, S. H., Sadeghi, E., and R. S. Malhotra. (2003a). "*Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran*". In proceeding of International chickpea Conference. 20-22 jan, 2003, Raipur, India.
- Sabaghpour, S. H., Kumar, J. and Rao, T. N. (2003b). "*Inheritance of growth vigour and its association with other characters in chickpea*". Plant Breeding Journal, 122:542-544.
- Sabaghpour, S. H., Safikhani, M., Sarker, A., Gaffri, A., and Ketata, H. (2004). "*Present status and future prospects of lentil cultivation in Iran*". In proceeding of 5th European Conference on Grain Legume. 7-11 June 2004. Parise. France.
- Sabaghpour, S. H., Malhotra, R. S., Sarparast, R., Safikhani, M., Alizadeh, S. H., Jahangiri, A., and Khla, G. (2006). "*Registration of Arman A Kabuli chickpea cultivar*". Crop science. 46.
- Sabaghpour, S. H., Malhotra, R. S., and Banagi, T. (2005). "*Registration of Hashem Kabuli chickpea*". Crop science. 45(6).
- Sanchez, F.J., Manzanares, M., Deandres, E. F., and et al. (2001). "*Residual transpiration rate, epicuticular wax load and leaf colour of pea plants in drought conditions*". Influence on harvest index and canopy temperature". Eur J Agron 15:57–70
- Sanders, D., Brownlee. C., and Harper. J. F. (1999). "*Communicating with calcium*". Plant Cell. 11:691-706.
- Sangakara, U. R. (1994). "*Yield and seed quality of mungbean as effected by irrigation in a dry season*". Journal of Agronomy and Crop Sci. 72:327-332.

- Santos, M. G., Ribeiro, R. V., Oliverira, R. F., Machado, E. C., and Pimetel, C. (2006). "*The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit*". Plant Sci. 170: 659-664.
- Sarkar, D., Mandal, B., and Kundu, M. C. (2007). "*Increasing use efficiency of boron Fertilisers by rescheduling the time and methods of application for crops in India*". Plant Soil. 301:77-85.
- Saxena, N. P. (1984). "*Chickpea*". The chickpea. pp 419-452 In: the physiology of Tropical Field Crops (P. R. Goldsworthy and N. M. Fisher Eds,). New York, USA: Wiley.
- Saxena, N. P. (1987). "*Screening for adaptation to drought: case studies with chickpea and Pigeonpea*". pp 63-76 in Adaptation of Chickpea and pigeonpea to abiotic stresses. Proceeding of the Consultants Workshop, 19-21 Dec, 1984, ICRISAT Asia Center. India. Patancheru 502-524, A. P., India: ICRISAT.
- Schneider, K. A., Rosales-Seerna, R., Iarra-Peres, F., Cazares-Enriques, B., Acosta-Gallegos, J. A. A., Ramires-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J. D. (1997). "*Improving common bean performance under drought stress*". Crop Sci. 37:43-50.
- Schnyder, H. (1993). "*The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filling a review*". New Phytol. 123:233-245.
- Schroeder, J. I., Allen. G. J., Hugouvieux. V., Kwak. J. M., and Waner. D. (2001). "*Guard cell signal transduction*". Annal Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 52:627-658.
- Seki, M., Ishida. J., Narusaka. M., Fujita. M., Nanjo. T., Umezawa. T., Kamiya. A., Nakajima. M., Enju. A., Sakurai. T., Satou. M., Akiyama. K., Yamaguchi-shinozaki. K., Carninci. P., Kawai. J., Hayashizaki. Y., and Shinozaki. K. (2002). "*Monitoring the expression pattern of around 7000 Arabidopsis genes under ABA treatments using a full-length cDNA microarray*". Funct Integr Genomics. 2:282-291.
- Seneviratne, S. I., Luthi, D., Litschi, M., And Schar, C. (2006). "*Land- atmosphere coupling and climate change in Europe*". Nature 443:205-209.
- Seo, M., and Koshiba. T. (2002). "*Complex regulation of ABA biosynthesis in plants*". Trends Plant Sci. 7:41-48.

- Sepaskhah, A. R., and Khajehabdollahi, M. H. (2005). "*Alternative Furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (Zea mays L.)*". Plant Production Science 8:592-600.
- Sheldrake, A. R., and Saxena, N. P. (1979). "*Growth and development of chickpeas under progressive moisture stress*". pp 466-483. In Stress Physiology in Crop Plants (H. Mussell and R. Staples, Eds). New York, USA: Wiley (2).
- Shields, L. M. (1958). "*Morphology in relation to xerophytism*", pp. 15-22. In: Bioecology of the Arid and Semiarid Lands of the South-west, Lora, M. S. and L. J. Gardner (Eds), New Mexico Highlands Univ. Bull.
- Siddique, A., Hamide, A., and Islam, M. S. (2000). "*Drought stress effects on water relations of wheat*". Bot. Bull. Acad. Sin. 41: 35 – 39.
- Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M., and Peacock, J. M. (1993). "*Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water – Limited environments*". Euphytica. 71: 211-219.
- Simpson, G. M. (1981). "*Global perspectives on drought*". pp 1-33. In Water Stress on plants. New York, USA: Praeger.
- Singh, N., Chhokar, V., Sharma, K. D., and Kuhad, M. S. (1997). "*Effect of potassium on water relations, Co₂ exchange and plant Physiol*", Vol. 2 No. 3:202-206.
- Singh, P. (1991). "*Influence of water deficits on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea (Cicer arietinum)*". Field Crops Res. 28:1-15.
- Singh, R., and Kumar, A. P. (1992). "*Effects of water stress and hardening on metabolic changes in chickpea (Cicer arietinum L.)*". Indian Journal of Plant Physiology 35(3):252-257.
- Singh, S. P., (1995). "*Selection for water stress tolerance in interracial population of common bean*". Crop Sci. 35:118-128.
- Singh, N. B., Dube, P. S., and Singh, A. K. (1988). "*Genetic variability in root characteristics in chickpea*". International chickpea Newsletter. 18:35-37.
- Sinha, S. K. (1995). "*Status of pulses in the Asia Pacific Region production, research and development*". In: Sinha, S. K. and Paroda, R. S. (eds). "*Production of Pulse Crops in Asia and Pacific Region*". FAO Regional office for Asia and Pacific Publication 8, P. 35-42. FAO, Bangkok.

- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohamadi, V. (2006). "*Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions*". *Field Crops Res.* 98:222- 229.
- Sloan, R. J., Patterson, R. P., and Carter, T. E. (1990). "*Field drought tolerance of soybean plant introduction*". *Crop Sci.* 30:118-123.
- Soltani, A., Robertson, M. J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M., and Sarparast, R. (2006). "*Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth*". *Agric. For. Meteorol.* 138: 156-167.
- Specht, J., Chase, K., Macrander, M., Graef, G., Chung, J., Markwell, J., Germann, M., Orf, J., and Lark, K. (2001). "*Soybean response to water: A QTL analysis of drought tolerance*". *Crop Science*, 41:493-502.
- Stone, L. R., Goodrum, D. E., Jaafar, M. N., and Khan, A. H. (2002). "*Rooting Front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower*". *Agronomy Journal* 93:1105-1110.
- Subarao, G. V., Johanson, C., Slinkard, A. E., Nageswara rao, R. C., Saxena, N. P., and Chauhan, Y. S. (1995). "*Strategies for improving drought resistance in grain legumes*". *Critical Reviews in Plant Sci.* 14:469-523.
- Summerfield, R. J. (1988). "*World Crops: Cool - Season Food Legumes*" (Eds). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Summerfield, R. J., Minchin, F. R., Roberts, E. H., and Hadley, P. (1980). "*The effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of chickpea (Cicer arietinum L.)*". In: Proc. Int. workshop, Chickpea Improvement, 28 February 2 March 1979, ICRISAT, Patancheru, India, pp.121-149.
- Sundaresan, S., and Sudhakaran, P. R. (1995). "*Water stress induced alternations in the praline metabolism of drought susceptible and tolerant cassava cultivars*". *Plant Physiology.* 94:635-642.
- Swaraj, K. (1987). "*Environmental stress and symbiotic N₂ fixation in legume*". *Plant Physiol. Biochem.* 14:117-130.
- Takeda, S., and Matsuoka, M. (2008). "*Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change*". *Nature* .9: 444-457.
- Tesfaye, T., Walker, S., and Tsubo, M. (2006). "*Radiation interception and radiation use efficiency of three grain Legumes under water deficit conditions in a semi – arid environment*". *Eur. J. Agron.* In press.

- Thomas, H. (1997). "*Drought resistance in Plants*". In: Basra, S. A and Basra, R. K. (Eds), Mechanisms of environmental stress resistance in Plants. IPH Publishers, New Delhi, India. pp. 1-42.
- Thomas, S., and Fukai, S. (1995). "*Growth and yield response of barley and chickpea to water stress under three environments in southeast Queensland.I. Root growth and soil water extraction pattern*". Australian J. Agric. Res. 46(1):17-33.
- Thomson, B.D., and Siddique, K. H. (1997). "*Grain legume species in low rainfall Mediterranean environment type of environment of WA. 1. Phenology and seed yield*". Field Crop Research 54: 189-199.
- Toker, C., and Canci, H. (2006). "Selection for drought and heat resistance in chickpea under terminal drought conditions". 4th International Food Legumes Research Conference: Food Legumes for Nutritional Security and Sustainable Agriculture. 18–22 October 2005. New Delhi, India, (in press).
- Turk, K. J., and Hall, A. E. (1980a). "*Drought adaptation of cowpea. II. Influence of drought on water use and relations with growth and seed yield*". Agron. J. 72:428-433.
- Turner, N. C. (1979). "*Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants*". In: Stress Physiology in Crop Plants. pp. 343-372, mussel, H. and Staples, R. C. (Eds). Wiley Interscience, New York.
- Turner, N. C. (1981). "*Designing crop for dryland Australia. Can the desert help us?*" J. Aust. Inst. Agri. Sci. 47:29-34.
- Turner, N. C. (1996). "*Further progress in crop water relations*". Adv. Agron. 58: 293-338.
- Turner, N. C. (1986). "*Crop water deficits: A decade of progress*". Advances in Agronomy 39:1-51.
- Verghis, T. I., Mckenzie, B. A., and Hill, G. D. (1999). "*effect of light and soil moisture on yield components and abortion of reproductive structures of chickpea in Caterbury New Zealand*". New Zealand Journal of Crop and Horticultural Sci. 27:153-161.
- Watson, D. J. (1952). "*The physiological basis of variation in yield*". Adv. Agron. 4:101- 145.
- Weeden, B. R. (2000). "*Potential of sugarbeet on the Atherton table land rural industrial research and development cooperation*". <http://www.ridc.gov.au>.

- Wery, J. (1990). "*adaption to frost and drought stress in chickpea and implication in plant breeding*". In saxena, M.C., Cubero, J.I. and Wery, J. (Eds) Present Status and Future Prospect of Chickpea Crop Production and Improvement in the Mediterranean Countries. Options Mediterraneennes. Serie A: Seminaires Mediterraneens: No. 9. Zaragoza, Spain: CIHEAM.
- White, J. W. (1988). "*Preliminary results of the bean international drought yield trial (BIDYT)*". In: Research on Drought Tolerance in Common Bean. pp. 126-145, White, J. W., G. Hoogenboom, F. Ibarra, and S. P. Singh, Eds., CIAT, Cali, Colombia.
- Whitfield, D. M., Conner, D. J., and Hall, A. J. (1989). "*Carbon dioxide balance of sunflower subjected to water stress during grain filling*". Field Crop research. 20:65-80.
- Williams, J. H., Rao, R. C. N., Matthews, R., and Harris, D. (1986). "*Responses of groundnut genotypes to drought. In: Agrometeorology of Groundnut*". pp. 99-106, Sivakumar, M. V. K. and S. M. Virmani, Eds., ICRISAT, Patancheru, India.
- Wright, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Gass, A. (1995). "*Comparative adaptation of Canola (Brassica napus) and Indian mustard (B. juncea) to soil water deficits: yield and yield components*". Field Crops Res. 42: 1-13.
- Yadav, S. D., Chander, K., and Kumar, A. (1994). "*Response of late – sown gram (Cicer arietinum) to irrigation an phosphorus*". Indian Journal of Agricultural Sci. 64:24-28.
- Yadav, V. K., Yadav, N., Singh, R. D. (1996). "*Metabolic changes and their impact on yield in chichpea under water stress*". Plant Physiology and Biochemistry 23(1):49-52.
- Yoshihara, Y., Kiyosue, T., Yamaguchi–Shinozaki, K. and et al. (1997). "*Regulation of levels of praline as an osmolyte in plants under water stress*". Plant Cell Physiology. 38:1095-1102.
- Zhang, J., Nguyen, H. T., Blum, A. (1999). "*Genetic analysis of osmotic adjustment incrop plants*". J. Exp. Bot. 50:291-302.
- Zhu, J. K. (2002). "*Salt and water stress signal transduction in plant*". Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 53: 247–273.

Abstract

95% of chickpea cultivated area in the country is rainfed and drought stress is the most important factor of reducing the yield per unit area of chickpea fields. In order to evaluate the tolerance of some genotypes to drought stress experimental was carried out as factorial randomized complete block design with three replications in the researching- educational field of Hamedan Jihad-Agricultural Education Center in 2010. Factor A included eleven chickpea genotypes, and factor B included two moisture regimes (irrigated and drought). The results indicated highly significant effect of factors and its interaction effects on plant height, stem dry weight, leaf dry weight, leaf area index, number of branches per plant, number of pods per plant, seed number per plant, 100 grains weight and yield. The results showed highly significant differences in genotypes base on first pod height from ground and number of pods per plant and the moisture regime was highly significant in these two traits. Interaction genotype \times irrigation regime on first pod height from ground and number of seeds per pod was not significant. Based on yield in non-stress conditions (Y_p) and stress (Y_s), drought tolerance quantitative indicators such as: mean productivity (MP), tolerance (TOL), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HARM), sensitivity to stress (SSI), stress tolerance (STI), yield rate loss (Y_r), yield stability index (YSI) and yield index (YI) were calculated. In the evaluation of Drought tolerance indicators index, average productivity (MP), showed the highest positive correlation with the yield stress and non stress conditions. Pirooz genotype was indentified as drought tolerant.

Keywords: drought stress, chickpea, indicators of tolerance, stress, biplot



Shahrood University of Technology

Faculty agriculture

Evaluation of Drought Tolerance among Some CHICKPEA genotypes

Hamid Reza Shojaei

Supervisors:

**Dr. Manoochehr Gholipoor
Dr. Sayyed Hossain Sabaghpour**

Advisors:

**Dr. Mehdi Baradaran
Dr. Hassan Makarian**

September 2012