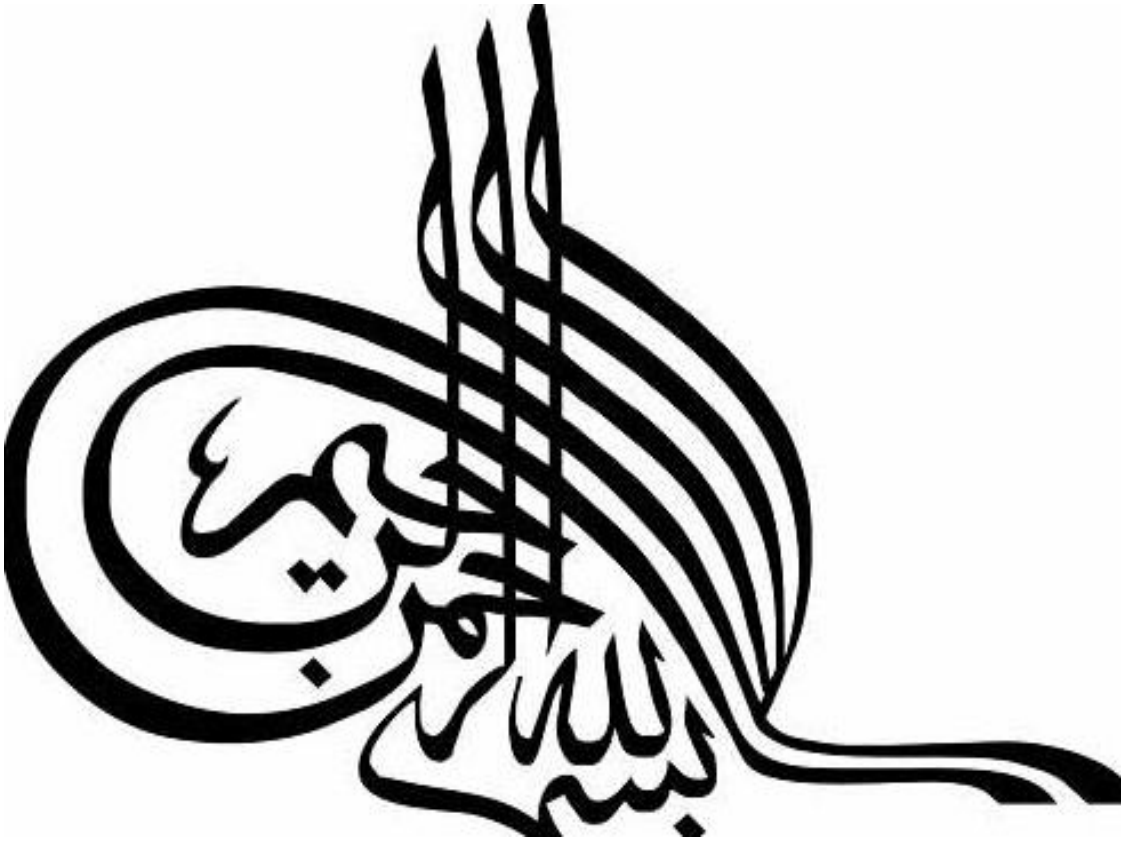

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

رساله دکتری بوم شناسی زراعی

بررسی تحمل به خشکی و توانایی رقابت با علف‌های هرز ژنوتیپ‌های مختلف گندم در محیط‌های مختلف

نگارنده: الیاس نیستانی

استاد راهنما:

دکتر حسن مکاریان

اساتید مشاور:

دکتر علی اکبر عامری

دکتر مصطفی حیدری

آذر ۱۳۹۷

شماره: ۶۵۹
تاریخ: ۱۳۹۷/۶/۱۳
ویرایش:

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۱۲: صورت جلسه نهایی دفاع از رساله دکتری (Ph.D)

(ویژه دانشجویان ورودی های ۹۴ و ما قبل)

بدینوسیله گواهی می شود الیاس نیستانی دانشجوی دکتری رشته مهندسی کشاورزی- اکولوژی گیاهان زراعی به شماره دانشجویی ۹۳۰۱۵۲۵ ورودی مهرماه سال ۱۳۹۳ در تاریخ ۱۳۹۷/۹/۵ از رساله **نظری**☐ / **عملی**■ خود با عنوان : بررسی تحمل به خشکی و توانایی رقابت با علف‌های هرز ژنوتیپ‌های مختلف گندم در محیط‌های مختلف دفاع و با اخذ نمره ۱۸,۹۹ به درجه : بسیار خوب نائل گردید.

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☐	ب) درجه بسیار خوب: نمره ۱۸/۹۹ – ۱۷ ☑
ج) درجه خوب: نمره۱۶/۹۹– ۱۵ ☐	د) غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
ه) رساله نیاز به اصلاحات دارد ☐	

ردیف	هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱-	دکتر حسن مکاریان	استاد راهنما	دانشیار	
۲-	دکتر علی اکبر عامری	استاد راهنما	استادیار	
۳-	دکتر مصطفی حیدری	استاد مشاور	دانشیار	
۴-	دکتر احمد غلامی	استاد مدعو داخلی	دانشیار	
۵-	دکتر حمید عباسدخت	استاد مدعو داخلی	دانشیار	
۶-	دکتر ابراهیم ایزدی دربندی	استاد مدعو خارجی	دانشیار	
۷-	دکتر محمدرضا عامریان	سرپرست (نماینده) تحصیلات تکمیلی دانشکده	دانشیار	

مدیر محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

ضمن تأیید مراتب فوق مقرر فرمائید اقدامات لازم در خصوص انجام مراحل دانش آموختگی آقای الیاس نیستانی بعمل آید.

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده : دکتر محمدرضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که چون شمع سوختند تا چراغ راه من باشند.

همسر مهربان که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برای من است و محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است

و فرزندان عزیزم که صبورانه و صادقه من را همراهی نمودند تا بتوانم در کمال آرامش و آسایش به تهیه و تنظیم پایان نامه بپردازم.

تشکر و قدردانی

سپاس مخصوص خداوند مهربان که به انسان توانایی و دانایی بخشید تا به بندگانش شفقت ورزد، مهربانی کند و در حل مشکلاتشان یاری شان نماید. سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم رسیده و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگیم مرا قوت قلب بوده است.

بر خود لازم می‌دانم که از عزیزانی که اینجانب را یاری نمودند ، تشکر و قدردانی نمایم.

از استاد عزیز و بزرگوار جناب آقای دکتر حسن مکاریان که دلسوزانه راهنمای من بودند و اساتید ارجمند جناب آقای دکتر علی اکبر عامری و جناب آقای دکتر مصطفی حیدری که مشاوره اینجانب بودند صمیمانه سپاسگزارم و از اساتید محترم جناب آقایان دکتر محمدرضا عامریان، دکتر حمید عباس دخت، دکتر حمیدرضا اصغری، دکتر احمد غلامی، دکتر منوچهر قلی‌پور، دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر محمدرضا اصغری پور که در طول دوران تحصیل متحمل زحماتم بودند و از محضر آنها بهره‌مند شدم نهایت تشکر را دارم

تعهدنامه

اینجانب الیاس نیستانی دانشجوی دوره دکتری رشته بوم شناسی زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه بررسی تحمل به خشکی و توانایی رقابت با علف‌های هرز ژنوتیپ‌های مختلف گندم در محیط‌های مختلف تحت راهنمائی آقای دکتر حسن مکاریان متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 می‌باشد 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 پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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 رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. 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 نمی‌باشد.**

لیست مقالات مستخرج از رساله تا تاریخ دفاع

۱- ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم – مجله پژوهش‌های کاربردی زراعی. سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی. ۱۳۹۷

۲- رقابت‌پذیری ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان با علف‌های هرز و برخی تغییرات کمی و کیفی آنها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. دانشگاه آزاد ارسنجان. ۱۳۹۷.

۳- تجزیه علیت عملکرد دانه با اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گندم. دومین کتگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه گیلان . ۱۱-۹ شهریور ۱۳۹۵.

۴- ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم. دومین کتگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه گیلان . ۱۱-۹ شهریور ۱۳۹۵.

چکیده

به منظور بررسی تحمل به خشکی و توانایی رقابت ژنوتیپ‌های مختلف گندم با علف‌های هرز در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در دو مکان (ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیساب بجنورد) در استان خراسان شمالی به اجرا درآمد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات (کنترل علف هرز فاکتور اصلی و ژنوتیپ‌های گندم فاکتور فرعی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ ژنوتیپ پیشرفته گندم دیم در چهار تکرار در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی انجام شد. نتایج نشان داد که آبیاری تکمیلی اغلب صفات رشدی و عملکردی گندم را در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نسبت به شرایط دیم بطور معنی‌داری در هر دو منطقه مورد مطالعه افزایش داد. بر اساس تجزیه واریانس مرکب، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بطور معنی‌داری در منطقه سیساب نسبت به شیروان افزایش نشان داد. نتایج نشان داد، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ به ترتیب با ۲۷۸۰ و ۲۶۰۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی (بدون تنش) و بترتیب با ۲۲۶۳ و ۲۱۱۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط تنش، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. براساس ضرایب همبستگی محاسبه شده، شاخص‌های تحمل به خشکی فرناندز، میانگین بهره‌وری و شاخص میانگین هندسی عملکرد، به ترتیب با ضرایب ۰/۹۵، ۰/۹۳ و ۰/۸۲ بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان دادند. تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم در هر دو منطقه مورد مطالعه بطور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین تراکم و زیست توده علف‌های هرز در منطقه سیساب نسبت به منطقه شیروان بطور معنی‌داری افزایش یافت. میزان خسارت علف‌های هرز بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از شرایط دیم بود. براساس نتایج، ژنوتیپ-های ۱۲ و ۱۷ بیشترین عملکرد دانه را در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در تیمارهای با علف-های هرز و بدون علف‌های هرز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. بیشترین کاهش زیست‌توده علف-های هرز مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ بود و میزان خسارت علف‌های هرز در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، در ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. براساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی دارای بیشترین رشد و عملکرد بودند و همچنین این ژنوتیپ ها از نظر رقابت با علف‌های هرز در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، غلات، عملکرد دانه، دیم

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه و کلیات ---------- ۱
۱-۱- مقدمه و کلیات ---------- ۲
۱-۲- اهداف تحقیق ---------- ۹
فصل دوم بررسی منابع ---------- ۱۱
۲-۱- اکولوژی گندم ---------- ۱۲
۲-۲- تنش خشکی ---------- ۱۳
۲-۳- اثرات تنش کم آبی بر گیاه ---------- ۱۴
۲-۴- شاخص های تحمل به خشکی ---------- ۱۹
۲-۵- تجزیه ضرایب همبستگی ---------- ۲۸
۲-۶- تاثیر علف های هرز بر گندم ---------- ۳۳
۲-۷- نقش ارقام گیاه زراعی در رقابت با علف های هرز ---------- ۳۸
فصل سوم مواد و روش ها ---------- ۴۱
۳-۱- مشخصات طرح آزمایشی ---------- ۴۲
۳-۱-۱- ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان ---------- ۴۵
۳-۱-۲- ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیساب ---------- ۴۵
۳-۲- محتوی نسبی آب برگ ---------- ۴۸
۳-۳- هدایت الکتریکی برگ ---------- ۴۸
۳-۴- عدد SPAD برگ ---------- ۴۹
۳-۵- اندازه‌گیری میزان پرولین ---------- ۴۹
۳-۶- شاخص های مختلف ارزیابی تنش کم آبی ---------- ۵۰
فصل چهارم نتایج و بحث ---------- ۵۵
۴-۱- نتایج تجزیه های آماری ---------- ۵۶
۴-۱-۱- تجزیه مرکب برای صفات اندازه گیری شده درگندم برای دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم و دو مکان ایستگاه شیروان و ایستگاه سیساب ---------- ۵۶
۴-۱-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط بر صفات اندازه گیری شده در گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شیروان ---------- ۵۹
۴-۱-۳- اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط بر صفات اندازه گیری شده گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیساب ---- ۷۶
۴-۱-۴- اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای اجزای عملکرد گندم ---------- ۸۴
۴-۱-۵- تجزیه مرکب برای شاخص های تحمل به خشکی ---------- ۸۸
۴-۱-۶- مقایسه میانگین برای شاخص های تحمل به خشکی ---------- ۹۰

۴-۲- تجزیه همبستگی صفات اندازه گیری شده ---------- ۱۰۸
۴-۲-۱- تجزیه رگرسیون صفات---------- ۱۰۸
۴-۲-۲- همبستگی صفات با عملکرد دانه ---------- ۱۰۹
۴-۲-۳- تجزیه علیت---------- ۱۱۰
۴-۳- تجزیه کلاستر ---------- ۱۱۲
۴-۴- تاثیر علف های هرز بر صفات مختلف گندم ---------- ۱۱۳
۴-۵- نتیجه گیری ---------- ۱۲۶
۴-۶- پیشنهادات---------- ۱۲۸
منابع ---------- ۱۲۹

فهرست شکل ها

شکل ۳-۱- منحنی آمبروترمیک ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیسساب ---------- ۴۳
شکل ۳-۲- منحنی آمبروترمیک ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان ---------- ۴۴
شکل ۴-۱- گروه بندی ژنوتیپ های گندم بر اساس شاخص SSI و عملکرد دانه ---------- ۱۰۰
شکل ۴-۲- رابطه بین شاخص SSI و عملکرد دانه ---------- ۱۰۰
شکل ۴-۳- گروه بندی ژنوتیپ های گندم بر اساس STI و عملکرد دانه ---------- ۱۰۲
شکل ۴-۴- رابطه بین شاخص STI و عملکرد دانه ---------- ۱۰۲
شکل ۴-۵- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر به روش ward برای ۲۰ ژنوتیپ گندم ---------- ۱۱۲

فهرست جداول

جدول ۳-۱- مقدار تجمعی بارندگی ماه های طول فصل رشد سال زراعی ۹۵-۹۴---------- ۴۳
جدول ۳-۲ – خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان های مورد آزمایش ---------- ۴۶
جدول ۳-۳- شجره ژنوتیپ های پیشرفته گندم های مورد بررسی ---------- ۵۳
جدول ۴-۱- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده در دو مکان و دو شرایط ---------- ۵۷
جدول ۴-۲- مقایسه میانگین برای اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه شیروان ---------- ۷۲
جدول ۴-۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه سیساب ---------- ۸۰
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ × مکان برای اجزای عملکرد گندم ---------- ۸۶
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه و شاخص های تحمل به خشکی در دو مکان ---------- ۸۸
جدول ۴-۶- مقایسه میانگین شاخص های تحمل به خشکی ۲۰ ژنوتیپ گندم ---------- ۹۲
جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان × ژنوتیپ برای شاخص های تحمل به خشکی در گندم -------- ۹۵
جدول ۴-۸- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و شاخص های تحمل به خشکی ---------- ۱۰۷
جدول ۴-۹- تجزیه واریانس رگرسیون عملکرد دانه با صفات اندازه گیری شده ---------- ۱۰۸
جدول ۴-۱۰- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ۲۰ ژنوتیپ گندم ---------- ۱۰۹
جدول ۴-۱۱- تجزیه علیت صفات اندازه گیری شده در ۲۰ ژنوتیپ گندم ---------- ۱۱۱
جدول ۴-۱۲ – تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف گندم و تراکم و زیست توده علف های هرز در دو مکان و در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در حضور و عدم حضور علف های هرز ---------- ۱۱۴
جدول ۴-۱۳- مقایسه میانگین مرکب صفات مختلف گندم و تراکم و زیست توده علف‌های هرز (میانگین دو مکان و دو شرایط) ---------- ۱۱۷
جدول ۴-۱۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان × شرایط × علف هرز ---------- ۱۲۱
جدول ۴-۱۵- مقایسه خسارت علف های هرز بر میانگین عملکرد دانه گندم در شرایط آبی و دیم (میانگین دو مکان) ---------- ۱۲۲
جدول ۴- ۱۶- میانگین زیست‌توده علف های هرز در شرایط آبی و دیم (میانگین دو مکان) ---------- ۱۲۳
جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگین مرکب شاخص رقابتی Cl (در دو شرایط و دو مکان) در ۲۰ ژنوتیپ گندم ----- ۱۲۵

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه و کلیات

گندم (*Triticum aestivum* L.) یک محصول استراتژیک است که میزان تقاضا برای آن در دنیا زیاد است، در نتیجه کشاورزی دنیا باید پاسخگوی این تقاضا باشد (فاروق، ۲۰۱۱). سرمایه‌گذاری در کشاورزی یکی از موثرترین استراتژی‌ها برای تحقق جدی توسعه اهداف مرتبط با کاهش فقر و گرسنگی، تغذیه و سلامت، آموزش، رشد اقتصادی، اجتماعی، صلح و امنیت و حفاظت از محیط زیست جهانی است (فاروق، ۲۰۱۱). غلات به ویژه گندم نان، تامین کننده ۱۰ درصد غذای مردم کره زمین و تامین کننده ۶۰ درصد هیدرات کربن، ۲۰ درصد کالری و ۲۱ درصد پروتئین انسان‌ها می‌باشند و این گیاهان پایه اصلی تغذیه و بقای بشر به شمار می‌روند (کوسانی و رینولدز، ۲۰۱۲).

گندم با تولید بیش از ۶۵۰ میلیون تن در سال، پس از ذرت دومین غله با بیشترین تولید بشمار می-رود. تولید گندم در دنیا از رشد سالیانه کمتر از یک درصد برخوردار است، در حالی که برای پاسخگوئی به نیاز غذایی جهانی رشد سالیانه معادل دو درصد ضروری است. گندم نان از غلات مهم بشمار می‌رود که در سرتاسر جهان کشت شده و بیش از ۱۰۰۰۰ سال پیش اهلی شده است. برخلاف برنج و ذرت که محیط‌های گرمسیری را ترجیح می‌دهند، گندم بطور وسیعی در مناطق مختلف سردسیر، گرمسیر و معتدل کشت می‌شود (گویال و پراساد، ۲۰۱۰، پنگ و همکاران، ۲۰۱۱).

سطح زیر کشت گندم نان در جهان ۲۵۰ میلیون هکتار و در ایران حدود ۶/۷ میلیون هکتار است که ۲/۶ میلیون هکتار آن (۴۰٪) در شرایط آبی و ۴/۱ میلیون هکتار آن (۶۰٪) به صورت دیم می‌باشد و سطح مذکور در سالهای ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ تغییرمعنی‌داری نکرده است اما در سال زراعی ۱۹۹۸-۱۹۹۹ و ۲۰۰۸-۲۰۰۷ عمدتا به دلیل وقوع تنش خشکی به حدود ۵ میلیون هکتار رسید (جلال کمالی، ۲۰۱۲).

بنابر گزارش سازمان خوار بار جهانی (فائو) تولید گندم در سال زراعی ۱۴-۲۰۱۳ میلادی به ۷۱۶ میلیون تن بالغ گردید که در مقایسه با تولید ۶۵۹ میلیون تن گندم در دوره مشابه قبلی افزایشی بیش از ۸ درصد را به میزان ۵۷ میلیون تن نشان داد. بنابر همین گزارش تولید گندم در ایران طی سال ۱۳۹۲ برابر ۱۴ میلیون تن و در سال ۱۳۹۳ معادل ۱۳ میلیون تن بوده است. با این میزان تولید ایران در بین کشورهای عمده تولید کننده گندم در دنیا به ترتیب بعد از اتحادیه اروپا، چین، هند، آمریکا، روسیه، کانادا، استرالیا، پاکستان، ترکیه و اوکراین در رده یازدهم قرار می گیرد (فائو، ۲۰۱۵).

بدلیل اهمیت استراتژیک گندم و تنوع ژنتیکی آن هر ساله تحقیقات وسیعی در ایستگاه های تحقیقاتی بین‌المللی و ملی کشورهای مختلف دنیا به منظور پاسخگویی به نیازهای فزاینده جمعیت در حال افزایش جهان انجام می‌گیرد. از آن جمله می توان به برنامه های به نژادی مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) و موسسه تحقیقات بین المللی گندم و ذرت (سیمیت) اشاره نمود. طی این برنامه‌ها به منظور اصلاح گندم برای خصوصیاتی نظیر مقاومت یا تحمل به خشکی، گرما، سرما، بیماری‌ها، آفات، بهبود خواص کیفی و افزایش عملکرد دانه، هزاران لاین و رقم جدید مورد بررسی قرار می‌گیرند. معرفی ارقام جدید پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی مختلف دنیا حاصل نتایج نهایی چنین تحقیقاتی می باشد (لانتیکان و همکاران، ۲۰۰۵). مراکز تحقیقات بین المللی علاوه بر ایفای نقش مستقیم در افزایش تولید گندم از طریق معرفی ارقام جدید همچنین بواسطه در اختیار گذاشتن ژرم‌پلاسم متنوع در قالب خزانه‌های مختلف بین المللی امکان گزینش‌های موثر و شناسائی و انتقال ژن‌های مفید را برای برنامه‌های ملی اصلاح گندم فراهم می‌کنند (کوش، ۲۰۰۶). بسیاری از ارقام معرفی شده در اقلیم های مختلف ایران از یکی از مراکز بین المللی منشاء گرفته و یا در ساختار ژنتیکی آنها ریخته‌های ارثی مواد ژنتیکی دریافتی از اینگونه مراکز وارد شده‌اند. گندم نان به عنوان مهمترین محصول در دنیا در دامنه وسیعی از شرایط محیطی به عمل می‌آید (تاکور و همکاران، ۲۰۱۳). دیمزارها در ایران در سه ناحیه اگرواکولوژیک سرد، گرم و معتدل قرار

دارند. دیمزارهای گرمسیری سطحی بالغ بر ۱/۲ میلیون هکتار را در بر گرفته است. در این مناطق معمولا گیاه گندم دچار تنش خشکی می‌شود (محمدی و کریمی‌زاده، ۲۰۱۲).

بدلیل محدودیت امکان بالقوه برای افزایش سطح زیر کشت، هر گونه افزایش آتی در تولید گندم بایستی از طریق افزایش میزان تولید در واحد سطح تامین گردد. افزایش عملکرد دانه، پایداری عملکرد، مقاومت یا تحمل در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده و خواص کیفی مصرف نهائی از جمله اهداف مهم اصلاح گندم بشمار می‌روند. در پی انقلاب سبز واریته‌های گندم اصلاح شده از نظر قابلیت پاسخگوئی به کاربرد کودها و نیز کارائی مصرف عملکرد مناسبی داشتند اما امروزه دیگر آب اضافی برای تلف کردن در دسترس نبوده و در بسیاری مناطق مصرف کود از نقطه اشباع گذشته است. شرایط موجود وقوع انقلاب سبز دیگری را برای استفاده بهینه حداکثری از منابع موجود ضروری ساخته است. بنابراین، ضروریست تا با انجام ارزیابی فنوتیپی موثر نسبت به اصلاح واریته‌های گندم جدید با پتانسیل عملکرد بالا، متحمل به گرما، برخوردار از کارائی مصرف آب بالا و یا متحمل به خشکی ناشی از تغییرات جوی و کاهش مستمر آب موجود برای آبیاری اقدام گردد (ولیو و سینگ، ۲۰۱۳).

تنش معمولاً به عنوان یک عامل خارجی که اثرات سوء بر گیاه بجا می‌گذارد تعریف می‌شود و خشکی شایع‌ترین تنش محیطی (غیر زنده) است که تقریباً تولید ۲۵ درصد از زمین‌های جهان را محدود می‌کند. موضوع خشکی و کم‌آبی در ایران همواره یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده و به دلیل خسارات قابل توجهی که از تنش‌های محیطی به محصولات زراعی وارد شده، بررسی واکنش گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (جاجرمی، ۱۳۹۱).

ناکافی بودن آب، تنشی محیطی است که خسارت‌های سنگینی را در بیشتر نواحی جهان موجب می‌شود و قادر است عملکرد دانه را کاهش بدهد به طوریکه میانگین این کاهش حدود ۱۷ تا ۷۰

درصد تخمین زده شده است. خشکسالی کشاورزی هنگامی اتفاق می‌افتد که در اثر کمبود بارش نسبت به بارش نرمال در دوره‌های زمانی خاصی، رطوبت خاک به حدی کاهش یابد که نواحی زراعی و مراتع به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار گیرند. بخش کشاورزی دیم اولین بخشی است که از نظر اقتصادی تحت تأثیر خشکسالی قرار می گیرد، بطوریکه اگر یک خشکسالی کوتاه‌مدت در مراحل رشد حساس گیاه رخ دهد، اثرات آن بر محصول بسیار محسوس است. لذا مدیریت خشکسالی کشاورزی برای کاهش اثرات حاصله، از اهمیت ویژه ای برخوردار است (نوری و همکاران، ۲۰۰۹). تنش خشکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصول در سراسر دنیا می‌باشد (مارتی و اسلافر، ۲۰۱۴). پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش دارد (کافی و همکاران، ۲۰۱۰). ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است (کردوانی، ۱۳۹۳). در چنین نقاطی از جهان با ورود غلات به مرحله پرشدن دانه، به تدریج از میزان بارندگی کاسته شده و از طرفی دمای هوا، تبخیر و تعرق و در نتیجه نیاز آبی گیاه افزایش می‌یابد. به همین دلیل آب به عنوان اولین و مهمترین عامل محدودکننده تولید و عملکرد محصولاتی از قبیل گندم در این مناطق قلمداد می‌گردد. به علت کافی نبودن بارندگی در برخی از سالها، سطح قابل توجهی از دیمزارها، از نظر اقتصادی قابل برداشت نبوده یا عملکرد بسیار کمی دارند که به همین دلیل، میزان تولید کل گندم کشور را تحت تأثیر قرار می دهد (برای مثال علیرغم وجود حدود ۴ میلیون هکتار سطح زیر کشت گندم دیم در سال ۱۳۷۸، تنها حدود ۲/۵ میلیون هکتار آن قابل برداشت بود) (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۸). لذا اتخاذ تدابیر علمی و عملی و استفاده اصولی از امکانات در جهت کاهش خسارات ناشی از کمبود نزولات جوی در سالهای کم باران، امری مهم و حیاتی به شمار می‌آید.

به نژادی برای تنش های غیر زیستی را می توان در پنج مرحله شناسایی ماهیت عامل ایجاد کننده تنش، اتخاذ روش های مناسب انتخاب، تعیین صفات مرتبط با تحمل به تنش، غربالگری ژرم پلاسم

موجود به منظور نیل به تنوع ژنتیکی مورد نظر و استفاده از صفات مهم در برنامه‌های به نژادی خلاصه نمود (ال جعفری، ۲۰۰۰). دلایلی از قبیل ناموزون و غیر قابل پیش بینی بودن تنش‌های خشکی و گرما، اثرات محیطی و کنش‌های متقابل ژنوتیپ و محیط که ارزیابی آنرا در شرایط تنش مشکل می‌سازد، ماهیت پیچیده تحمل به خشکی و تداخل تنش‌های خشکی، گرما و شوری با همدیگر موجب موفقیت ناچیز در به نژادی برای شرایط تنش شده است (نوروزی، ۱۳۸۲). مکانیسم-های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متعددی در تحمل به تنش خشکی و گرما دخیل می‌باشند که انتخاب بر اساس یکی از این معیارها کارایی کافی را نخواهد داشت. تضمین موفقیت در گزینش بر اساس صفات فیزیولوژیکی بسته به اطلاع کافی از پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه (روابط آبی گیاه) و برخورداری از توان تکنیکی بالا برای اندازه‌گیری سریع و ساده می‌باشد (بلوم و همکاران، ۱۹۸۹).

تنش خشکی یکی از مهمترین و رایج ترین تنشهای محیطی است که تولیدگندم را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق خشک و نیمه خشک را کاهش می دهد. صفت عملکرد دانه به میزان زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی است و بنابراین انتخاب براساس میزان عملکرد در جهت بهبود آن مورد اطمینان نبوده و بازده ژنتیکی مطلوبی ندارد، بنابراین رقم ایده‌ال، رقمی است که دارای عملکرد مناسب و پایدار باشد یا به عبارت دیگر، با محیط سازگاری بالایی از خود نشان دهد (نیک سرشت و همکاران، ۱۳۹۳).

اغلب کشاورزانی که گندم آبی کشت می نمایند، بدلیل نداشتن آب کافی در بهار نمی توانند به دفعات مورد نیاز، مزارع گندم را آبیاری نمایند. این مسئله گاهی حتی منجر به تولید محصول کم و فاقد کیفیت مطلوب می شود. از اهداف اصلاح گندم در مناطق خشک و نیمه خشک، دستیابی به ارقامی است که تحت شرایط محدودیت آب و آبیاری تکمیلی تحمل بیشتری به تنش خشکی آخر فصل دارا بوده و کاهش عملکرد کمتری داشته باشد. با دستیابی به چنین ارقامی می توان بازده

عملکرد در این شرایط را افزایش داد و تا حد زیادی از اتلاف منابع آب جلوگیری نمود و در عین حال در شرایط محدودیت آب به عملکرد و کیفیت مناسبی نایل شد (کان و همکاران، ۲۰۰۴).

آبیاری تکمیلی نقش کلیدی در تولید گیاهان در کشورهای مختلف دنیا دارد، به‌طوریکه این روش هم‌اکنون ۸۰ درصد مناطق تحت کشت دنیا و ۶۰ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا شامل غرب آسیا و شمال آفریقا محدوده تولید گندم بسته به مقدار و توزیع بارندگی از ۰/۶ تا ۱/۵ تن در هکتار در نوسان است. در این شرایط، عملکرد و راندمان کاربرد آبیاری تکمیلی افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط دیم داشته است (هاریس، ۱۹۹۱). مقایسه عملکرد گندم تحت سیستم‌های آبیاری تکمیلی و شرایط دیم نشان می‌دهد که آبیاری تکمیلی می‌تواند تولید گندم را در مقایسه با شرایط دیم افزایش بدهد آبیاری در مرحله حساس رشد گندم مثل مراحل حجیم شدن غلاف برگ پرچم موجب افزایش عملکرد تا ۲۳ درصد گردیده است (کالیندرو و بواری، ۱۹۹۲). در شیراز نیز آبیاری تکمیلی در مرحله‌ی ساقه‌رفتن، تأثیر بارزی بر عملکرد دانه‌ی‌گندم داشته است، بطوریکه، عملکرد دانه بطور چشمگیری افزایش داشته است (تدین و امام، ۱۳۸۶). در کرمانشاه بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب به آبیاری تکمیلی در مراحل گرده‌افشانی و شرایط دیم اختصاص داشت. با آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی حداکثر سرعت جذب خالص به‌دست آمد. حداکثر طول و قطر دانه با آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی به‌دست آمد، و حداکثر طول پدانکل با آبیاری در مرحله‌ی آبستنی حاصل شد (فعله کری و همکاران، ۱۳۹۳). پایداری و ثبات عملکرد و اجزای عملکرد تحت شرایط تنش از جمله شاخص های اصلی انتخاب برای یافتن ژنوتیپ های متحمل به تنش در بسیاری از برنامه های اصلاحی می باشد (امام، ۲۰۰۷).

علاوه بر تنش خشکی، علف‌های هرز نیز باعث کاهش میزان عملکرد دانه در گندم می‌شوند. علف-های هرز یکی از مؤثرترین عوامل کاهنده عملکرد محصولات زراعی مختلف از جمله

گنـدم هسـتند. در ایـالات متحـده امریکا علف‌های هرز به تنهـایی موجـب ۱۲ درصـد کـاهش عملکـرد محصولات مختلف (معادل ۳۳ میلیارد دلار) می شـوند (پیمنتال و همکاران، ۲۰۰۱). یکی از راه‌های موثر در کنترل علف‌های هرز در سیستم مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، استفاده از ارقامی است که قدرت رقابت پذیری زیادی دارند. رقمی که توانایی رقابتی آن زیاد است، باید در رقابت با علف‌هرز ضمن حفظ عملکرد خود، رشد و تولید بذر علف هرز را نیز کاهش دهد (کریستنسن و همکاران، ۲۰۰۸) .

ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که توانایی بالایی در رقابت با علف‌های هرز دارند و می‌توانند در شرایط وجود علف‌های هرز عملکرد قابل قبولی داشته باشند و یا به عبارتی بتوانند تداخل علف‌های هرز را تحمل نمایند می‌توانند به عنوان راهکارهایی جهت نیل به هدف فوق شناخته شوند. رزوی و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه بر روی ۲۰۰ ژنوتیپ گندم طی سه سال دو ژنوتیپ را شناسایی کردند که به ترتیب ۷۵ و ۶۲ درصد از رشد علف‌های هرز ممانعت می‌کرد. زهاو و همکاران (۲۰۰۶) به منظور بررسی توان رقابتی ژنوتیپ‌های مختلف برنج با علف‌های هرز، تعداد ۴۰ لاین و رقم برنج را در موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج ارزیابی کردند. آنها میزان اختلاف عملکرد در شرایط وجود علف هرز و عدم وجود علف هرز را ۸۷٪ بدست آوردند و اظهار نمودند که علت اصلی این اختلاف استقرار زودتر برخی ژنوتیپ‌ها در دو هفته بعد از کاشت، پتانسیل تولید بالای برخی ژنوتیپ‌ها و توانایی بالای آنها در رقابت با علف‌های هرز می باشد.

خسارت علف‌های هرز به محصولات کشاورزی در شرایط آبی معمولا بیشتر از شرایط دیم است. در شرایط دیم به علت کمبود رطوبت، میزان زیست توده علف‌های هرز نسبت به شرایط بدون تنش کمتر است و همچنین در شرایط دیم به علت تنش رطوبتی میزان تولید بذر علف‌های هرز کمتر است، در نتیجه میزان خسارت علف‌های هرز در مزارع دیم کمتر از مزارع آبی است (نعمتی و همکاران، ۲۰۱۲).

مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی و رقابت ارقام گیاهان زراعی با علف‌های هرز و تعیین ارقامی که دارای توانایی تحمل و رقابت بالایی هستند ما را در اصلاح ارقام زراعی با قدرت رقابت بالا و یا حفظ عملکرد بالا در شرایط رقابت با علف‌های هرز کمک می‌نماید. تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های غیرزیستی انجام شده و به همین منظور نیز شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به نوع تنش‌هاپیشنهاد شده است اما متاسفانه در این ارزیابی-ها و حتی در برنامه به‌نژادی توانایی رقابت و یا تحمل ارقام جدید به علف‌های هرز کمتر مورد توجه قرار گرفته است (محمددوست چمن‌آباد، ۱۳۹۰).

به طور کلی گزینش ژنوتیپ‌های گندم که با صفات مطلوب مانند استقرار زودتر، زودرسی، ارتفاع مناسب و ...، بتوانند زیست‌توده علف‌های هرز را کاهش دهند دارای اهمیت زیادی می باشد. انتخاب ژنوتیپ‌هایی با قابلیت رقابت بیشتر با علف‌های هرز می‌تواند نیاز به کنترل شیمیایی علف‌های هرز را کاهش داده و بدین طریق هم از مقاوم شدن علف‌های هرز به علفکش جلوگیری شده و هم از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌شود و همچنین تنوع زیستی در مزارع حفظ می‌گردد.

۱-۲- اهداف تحقیق

- گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد مناسب
- بررسی تاثیر ژنوتیپ‌های مختلف گندم بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی
- بررسی همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و تعیین بهترین شاخص ارزیابی لاین‌ها در برابر تنش خشکی.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- اکولوژی گندم

از نظر اکولوژیکی گندم در بین عرض‌های °۳۰ و °۶۰ شمالی و °۲۷ و °۴۰ جنوبی با بیشترین سطح زیر کشت روبروست. اما می‌تواند فراتر از این محدوده از منطقه قطبی تا ارتفاعات زیادتر در نزدیک استوا رشد کند. تحقیقات در دو دهه گذشته بیانگر این است که تولید گندم در مناطق بسیار گرم‌تر از نظر تکنولوژیکی نیز امکان‌پذیر است. از نظر ارتفاع از سطح دریا، گندم از سطح دریا تا ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر رشد می‌کند و حتی از ۴۵۷۰ متری از تبت گزارش شده است. صفر فیزیولوژیک گندم ۲ تا ۴ درجه است و درجه حرارت مطلوب رشد حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد با حداقل و حداکثر دمای به ترتیب ۴-۳ و ۳۲-۳۰ درجه سانتی‌گراد عنوان شده است. این محصول با دامنه وسیعی از شرایط رطوبتی از خشکی‌پسندی تا ساحلی سازگاری یافته است و حدود ۷۵ درصد زمین‌های تحت کشت گندم بطور متوسط ۳۷۵ تا ۸۷۵ میلی‌متر بارندگی سالیانه دریافت می‌کنند اما در اکثر مکان‌هایی که دامنه بارندگی از ۲۵۰ تا ۱۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد، قابل کشت می‌باشد(نورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

گندم اغلب در نواحی خشک و نیمه خشک با تغییرات زیاد آب و هوائی سالانه رشد می‌کند. ایران با میانگین بارندگی حدود ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره‌ی مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد که در این شرایط، مهم‌ترین عامل محدود کننده‌ی عملکرد این گیاه، تنش خشکی می‌باشد (جلالی‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر تولید گندم در ایران به حدود ۱۵ میلیون تن رسید. که از این میزان تولید، حدود ۴/۵ میلیون تن در اراضی دیم و ۱۰ میلیون تن در اراضی آبی تولید شد. وسعت اراضی دیم و وابستگی تولید در این عرصه‌ها به نزولات جوی که در کشور دارای نوسانات زیادی است، آسیب‌پذیری تولید گندم را به نحو بارزی افزایش داده است. عملکرد گیاهان زراعی اثر مشترکی از تمام عوامل محیطی، نوع ارقام و مدیریت زراعی است. در مناطق دیم نیمه گرمسیری

کشور، خشکی و گرمای آخر دوره رشد و زنگ زرد عوامل عمده محدود کننده عملکرد گندم می‌باشند (محمدی و حسینی، ۱۳۸۶).

۲-۲- تنش خشکی

وقوع خشکسالی‌های مداوم در سال‌های اخیر و به‌ویژه شرایط خشکسالی سال۸۷-۱۳۸۶ که پهنه‌ی عظیمی از کشور را تحت تأثیر قرار داد، زنگ خطر مکرری را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا در آورد. بنابراین لزوم توجه بیش از پیش به راهکارهای پایدار در تمام زمینه‌های تحقیقاتی و عملیاتی برای کاهش اثرات این عامل طبیعی را گوشزد می‌نماید (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۸).

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و برهمکنش آنها می‌باشد. اگرچه همه تنش‌های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند (ابرهارت و همکاران، ۱۹۹۶) ولی تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به‌حساب می‌آید (دی‌بیک و عبدالله، ۲۰۰۴). تنش خشکی نه تنها بر رشد و تکامل گیاه تأثیر می گذارد، بلکه در نهایت باعث کاهش عملکرد در تمام غلات می-شود، در نتیجه یکی از جدی ترین تهدیدات برای کشاورزی جهان است (سبحانی و همکاران، ۲۰۱۱). تحمل به خشکی صفتی کمی است و روش اندازه گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به خشکی می شود (تاکدا و ماتسوکا، ۲۰۰۸). تنش خشکی یکی از شایع‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و تولید را تحت تثیر قرار می‌دهد و موجب القای بسیاری از پاسخ‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و ملکولی در گیاهان می‌شود و گیاهان در جهت پاسخ به تنش، ساز و کارهای تحمل را توسعه می‌دهند (باکالووا و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۳- اثرات تنش کم‌آبی بر گیاه

کمبود آب و بروز تنش خشکی علاوه بر اثرات زیست محیطی باعث کاهش عملکرد محصول گیاهان زراعی می‌شود (ماهپارا و همکاران، ۲۰۱۴). تنش در نتیجه روند غیر عادی فرایندهای فیزیولوژیکی بوده و از تاثیر یک و یا مجموعه ای از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود (زهویو و همکاران، ۲۰۱۰). به عبارت دیگر تنش عبارت است از قرار گرفتن ارگانیسم تحت تاثیر شدتی از یک عامل محیطی که موجب افت ظاهری، بازده و یا ارزش آن می‌شود (اندرزیان، ۱۳۸۹). تنش خشکی فرآیندی تدریجی است، در حالی که تنش گرما اغلب ناگهانی بوده و موجب خسارت بیشتر عملکرد گیاه می‌شود (دلفیروس و همکاران، ۲۰۱۱). البته خسارت تنش خشکی بر روی صفات مختلف گیاه متفاوت است و میزان خسارت به گونه، ژنوتیپ و شرایط محیطی بستگی دارد (جها و همکاران، ۲۰۱۴ ؛ زانگ و همکاران، ۲۰۱۴). ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش گرمایی تدریجی یا شوک گرمایی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند و تظاهر صفات نیز با توجه به درجه تنش و ترکیب آن با سایر تنش ها، سن گیاه و محیط تغییر می‌کند، بنابراین جستجو برای دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر که افزایش و ثبات عملکرد در شرایط دیم را به دنبال داشته باشند بسیار حائز اهمیت است (محمدی، ۲۰۱۲).

در شرایط کم‌آبی، گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان تولید می‌شود و تجمع اکسیژن باعث خسارت اکسیداتیو و اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی سلول‌ها می‌شود (سوفو و همکاران، ۲۰۰۴) هر چند که اثر این کمبود رطوبت بر نمو دانه و عملکرد، به حساسیت مرحله رشد و نمو که گیاه در آن مرحله قرار دارد، بستگی دارد (سزار و همکاران، ۲۰۰۳). پژوهشگران بسیاری کاهش عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (امام و همکاران، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷).

محققین آزمایشاتی تحت هر دو شرایط تنش آبی و بدون تنش انجام دادند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین پاسخ را بدهد (بلوم، ۱۹۸۸). نیک سرشت و همکاران (۱۳۹۳) نسل F2 لاین‌های مختلف گندم نان را تحت شرایط

آبی و دیم مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که به‌طور کلی ژنوتیپ‌هـایی کـه در شـرایط دیـم بیشترین عملکرد را داشتند، در شرایط آبی نیز دارای عملکرد بالایی بودند.

متخصصین فیزیولوژی معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام متحمل به خشکی باید شاخص هائی را که در شناسائی پایداری عملکرد ارقام در شرایط تنش موثرند شناسائی نموده و آنها را علاوه بر عملکرد دانه بعنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرارداد (تاکدا و ماتسوکا، ۲۰۰۸). عملکرد در شرایط تنش بدلیل وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط نتوانسته است ملاک مناسب و دقیقی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشد و همواره هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی ارقامی بوده است که بطور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط محیطی یکسان افت عملکرد کمتری نشان دهند (ضابط و همکاران، ۱۳۸۲).

تحقیقات نشان داده است، زمانی که خشکی آخر دوره رشد تولید محصول را تهدید می کند، گـزینش ارقام و لاین های با قدرت رشد زیاد که بتوانند زمانی کـه رطوبـت قابـل اسـتفاده بیشـتری در خـاک موجود است، از مرحله رویشی وارد مرحله زایشی شوند، منجر به افزایش شاخص برداشـت و عملکـرد دانه خواهد شد. این ارقام و لاین ها فرصت استفاده بیشتری برای استفاده از رطوبت ذخیـره شـده در خاک قبل از وقوع خشکی آخر دوره را خواهند داشت (سلافر و اروس، ۱۹۹۸). وقتی گیاهان با تـنش خشکی مواجه می شوند میزان محتوی نسبی آب برگ و میزان کلروفیل برگ کاهش و مقـدار تجمـع پرولین در برگ و میزان هدایت الکتریکی برگ افزایش می‌یابد (کوک و همکاران، ۲۰۱۰).

خصوصیات محتوی نسبی آب برگ[1] (RWC)، پتانسیل آب برگ، مصرف و تعرق آب گیاه به عنوان شاخص‌های مدیریت آبی گیاهان هستند و برای ارزیابی [2]میزان تحمل به خشکی گیاهان مفید مـی-باشند (کرسا، ۲۰۰۸). کاهش RWC تحت تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه ای و جـذب CO_2

[1]- Relative water contents

و در نتیجه کاهش رشد گیاه می شود (لاولور، ۲۰۰۲). همچنین گـزارش شـده اسـت کـه بـا کـاهش محتوی نسبی آب برگ، میزان هدایت روزنه ای، فتوسنتز و فرآوری CO_2 کاهش پیدا می کند (لاولور و کورنیک، ۲۰۰۲). نتایج پژوهش های گذشته نشان داد که در شرایط تـنش خشـکی انتهـای فصـل، محتوی نسبی آب برگ در گیاه جو کاهش می یابد (واعظی و همکاران، ۲۰۱۰). محتـوی نسـبی آب برگ در واقع به عنوان شاخصی برای نشان دادن آسیب های ناشی از تنش خشکی محسوب می شود. محتوی نسبی آب برگ بیشتر، باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افـزایش عملکـرد در شـرایط تنش می شود لذا باید ارقامی از گندم را انتخاب نمود که در شرایط تنش رطوبتی، متحمل به تـنش بوده و محتوی نسبی آب بالایی داشته باشند (فرخ و همکاران، ۲۰۰۹). فرشادفر و همکـاران (۱۳۹۲) در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نـان بـرای تحمـل بـه خشـکی بـا اسـتفاده از صـفات آگروفیزیولوژیـک، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و محتـوی نسـبی آب بـرگ گـزارش کردنـد و اعـلام نمودند میزان محتوی نسبی آب برگ به عنوان یک صفت فیزیولوژیک موثر در عملکرد می‌باشد.

تحت شرایط تنش رطوبتی یکی از اولین بخش‌های گیـاهی کـه آسیب می‌بینـد غـشای پلاسـمایی اسـت زیـرا در شـرایط تـنش خشکی، تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن نظیـر رادیکـال‌هـای سوپراکـسید، هیدروژن پراکـسید و رادیکـال‌های هیدروکـسیل افزایش می‌یابـد. این ترکیبات به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌هـا، کربوهیـدرات‌هـا و اسـیدهای نوکلئیـک صـدمه می‌زنند و با تغییر ساختمان غـشاء، در اثـر پراکـسیداسیون چربـی‌هـا و پروتئین‌ها تراوایی غشای سلولی را افزایش مـی‌دهندکه منجـر به نشت الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون می‌شود و در نتیجه رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (لیانگ، ۲۰۰۹). بنـابراین یکـی از راهکارهای مهم در اصلاح برای افزایش مقاومت به خشکی این است که غشاء سلولی پس از مواجه شدن با تنش آبی انسجام خود را حفظ کند. به همین علت محققین ثبات غشاء سلولی تحت شرایط تنش رطوبتی را به عنوان یک جزء اصلی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم مطرح کرده‌اند کـه ایـن میـزان

خـــسارت وارده بـــه غشاهای سلولی توسط خ[1]شکی از طریق اندازه‌گیری نشت سلولی قابل ارزیابی است (موسوی‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). موسوی‌فر و همکاران (۱۳۸۸) طی آزمایشـی روی ژنوتیـپ‌هـای مختلف گلرنگ دریافتند که پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف در مواجه با تنش خشکی متفاوت است و صفت هدایت الکتریکی [۱] (EC) برای ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های متحمل به خشـکی دارای هـدایت الکتریکی (نشت الکترولیت) کمتر و ژنوتیپ‌های حساس به خشکی دارای هـدایت الکتریکـی (نشـت الکترولیت) بیشتری بودند. شاخص پایداری غشاء معیاری برای ارزیابی آسیب به پلاسـما اسـت و هـر چه آسیب به غشاء کمتر باشد میزان نشت یونی کمتر بوده و در نتیجه ویژگی نفوذپذیری انتخابی آن حفظ شده و از تنش کمتر متاثر می‌شود (عزیزپور و همکاران، ۲۰۱۰).

تنش باعث کاهش جذب آب و تبالات گازی در گیاهان می‌شود و منجر به وقوع اکسـیداتیو در سـلول گیاهی می‌شود که ناشی از افزایش تولید انواع اکسیژن فعال است. انواع اکسیژن فعال از احیای نـاقص اکسیژن اتمسفری در فرآیندهای حیاتی سلول نظیر فتوسنتر، تنفس و تنفس نوری تولید مـی‌شـود و سلول‌های گیاهی جهت مقابله با اثرات مخرب انواع اکسیژن فعال از یک سری مکانیسـم‌هـای دفـاعی برخوردار هستند که می‌توان به چرخه مهلر، گلوتاتیون – آسکوربات، تغییر حالت تیلاکوئیـد و تـنفس نوری اشاره کرد (ادروا، ۲۰۰۵). سلول‌های گیاهی با اجرای این مکانیسم‌ها سعی دارنـد کـه پتانسـیل ردوکس سلول را تعدیل نمایند و مکانیسم‌های مذکور این عمل را از طریـق ممانعـت از طریـق انـواع اکسیژن فعال و یا جمع‌آوری آنها عملی می‌کنند (احمد و همکاران، ۲۰۰۹).

یکی از واکنش‌های بسیار مهم گیاهان به تنش کاهش میزان فتوسنتز است و این کاهش ممکن اسـت ناشی از بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش باشد و همچنین این عمل می‌توانـد در پـی بـروز آسـیب بـه دستگاه‌های فتوسنتزی نظیر کاهش بیوسنتزی کلروفیل و یا افزایش تجزیه کلروفیل رخ دهد، بنابراین میزان کلروفیل برگ به عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در

[1]- Electrical conductivity

شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (عزیزپور و همکاران، ۲۰۱۰). پاک‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) طی بررسی اثر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل برگ گیاه سویا گزارش کردند که در اثر تنش خشکی، کلروفیل برگ تجزیه شده و میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. اسفندیاری و عنایتی (۱۳۹۱) در بررسی تنش روی گندم اعلام کردند که در اثر تنش میزان کلروفیل برگ به طور معنی-داری کاهش می‌یابد.

در شرایط تنش خشکی، همزمان با خشک شدن خاک، پتانسیل ماتریک آن منفی‌تر می‌شود. گیاهان تا زمانی قادر به ادامه جذب آب از خاک خواهند بود که پتانسیل آب آنها پایین‌تر از پتانسیل آب خاک باشد. لذا گیاهان آثار مضر تنش کم آبی را با افزایش متابولسیم و تنظیم اسمزی کاهش می دهند. گروهی از ترکیبات از جمله قندها (ساکاروز و فروکتان)، پلی اول‌ها (سوربیتول و مانیتول)، اسید آمینه (پرولین)، امینه‌های چهارگانه (گلیسین بتائین) و یون‌های غیرآلی (خصوصا k) در اثر تنش تغییر می‌کنند. تجمع یون‌ها در طی تنظیم اسمزی عمدتا محدود به واکوئل می‌شود و مواد تنظیم کننده دیگر در سیتوپلاسم تجمع می‌یابند تا تعادل پتاسیل آب بین دو بخش سلول برقرار شود (کافی و همکاران، ۲۰۱۰). از بین مواد مذکور، انباشت پرولین نقش بسیار موثری در تطابق و سازگاری گیاه در شرایط خشکی دارد. پرولین به عنوان یک اسمولیت سازگارکننده نقش مهمی در تنظیم اسمزی درون سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین‌ها و غشاء سلولی، جاروب کردن گونه‌های اکسیژن رادیکال، تنظیم‌کننده اسدیته سلولی و واکنش‌های اکسیداسیون و احیا، ایفا می‌کند (وربراگن و هرمونز، ۲۰۰۸). پیردشتی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که تنش خشکی در مراحل مختلف رشد ارقام برنج، سبب افزایش پرولین برگ شد. پردیا و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار در مقدار پرولین و فعالیت آنزیم پرولین کربوکسیلات ردوکتاز در برگ پنبه شد. آرزمجو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که با بالا رفتن تنش خشکی تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه در گیاه بابونه، بر میزان تجمع پرولین در برگ افزوده شد. باقری (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش بر

محتوی یون‌ها در چهار رقم گندم افزایش میزان پرولین در برگ‌ها را گزارش کـرد. آئـین (۱۳۹۱) در آزمایشی تغییرات میزان پرولین و کربوهیدارت‌های محلول در ژنوتیپ‌های مختلف کنجد تحت شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار داد. نتایج ایشان نشان داد که در اثر تنش خشکی تجمع میزان پرولین در برگ‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت.

۲-۴- شاخص های تحمل به خشکی

با وجود اینکه مطالعاتی برای ارزیابی و تشریح ژنتیک و فیزیولوژی واکنش به دمای بالا در گندم شده است اما برای ارزیابی تحمل به خشکی نیازمند شاخص‌های مبتنی بر عملکرد می‌باشد. برای تمایز ژنوتیپ های متحمل به خشکی در شرایط مزرعه، چندین شاخص انتخاب بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی پیشنهاد شده است. شاخص انتخاب مناسب، شاخصی است که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را از سایر ژنوتیپ‌ها متمایز کند (وحید و همکاران، ۲۰۰۷).

راسیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل[۱] (TOL) و شاخص میانگین بهره وری[۲] ((MP)) را پیشنهاد کردند. مقادیر بالای TOL نشان دهنده حساسیت نسبی ژنوتیپ ها به تنش است. شاخص MP نیز به طور متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می شود.

فرناندز (۱۹۹۲) شاخص تحمل تنش[۳] (STI) را به عنوان معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی پیشنهاد کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده تحمل به تنش و عملکرد بالقوه بالاست. فرناندز (۱۹۹۲) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط محیطی تنش و بدون تنش به چهار گروه A (عملکرد بالا در هر دو محیط)، گروه B (عملکرد خوب صرفا در شرایط بدون تنش)، گروه C

[1] - Tolerance

[2] - Mean Productivity

[3] – Stress Tolerance Index

(عملکرد بالا صرفا در شرایط تنش) و گروه D (عملکرد ضعیف در هر دو محیط) تقسیم کرد. این محقق اعلام کرد بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد زیرا پایداری در عملکرد ژنوتیپ‌های مربوط به این گروه بیشتر است.

شاخص دیگری که توسط فرناندز (۱۹۹۲) ارائه شد میانگین هندسی بهره وری[۱] (GMP) است. این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک ژنوتیپ ها از قدرت بالاتری برخوردار است. یکی دیگر از شاخص های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش[۲] (SSI) است که فیشر و مورر (۱۹۸۷) آن را پیشنهاد دادند. این محققین نشان دادند که ژنوتیپ هایی با SSI کمتر از واحد، به خشکی مقاوم تر هستند، بنابراین کاهش عملکرد آن ها در شرایط خشکی کمتر از کاهش عملکرد متوسط کل ژنوتیپ ها است. شاخص SSIبیشتر برای حذف ژنوتیپ های حساس مورد استفاده قرار می گیرد و بر اساس آن هر ژنوتیپی که مقادیر زیادتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد در برابر تنش حساستر خواهد بود (فیشر و مورر، ۱۹۸۷). همان طور که توسط بوسلاما و شاپاگ (۱۹۸۴) ذکر شده است، شاخص پایداری عملکرد[۳] (YSI) در شرایط تنش یک رقم را وابسته به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می کند و می تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به خشکی باشد. بنابراین ارقامی با YSI بالاتر انتظار می رود که در هر دو شرایط، عملکرد بالاتری داشته باشند. در مطالعه سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) ارقامی با YSI بالاتر حداقل عملکرد را در شرایط غیر تنش و بالاترین عملکرد را در شرایط تنش نشان دادند. شاخص عملکرد[۴] (YI) ارقام را فقط بر اساس عملکرد تنش رتبه بندی می کنند، بنابراین ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را تشخیص نمی دهد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶). محققین با ارزیابی یازده ژنوتیپ گندم نان گزارش کردند که در

[1]- Geometric Mean Productivity

[2] - Stress Susceptibility Index

[3] - Yield Stability Index

[4] - Yield Index

شرایط تنش ملایم شاخص های STI، MP و GMP برای شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش مناسب هستند.

فیشر و مورر (۱۹۸۷) طی تحقیقاتی به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر ژنوتیپ های مختلف گندم بومی و اصلاح شده به این نتیجه رسیدند که بین عملکرد در شرایط نرمال و شاخص حساسیت به خشکی همبستگی وجود دارد. اهدایی و همکاران (۱۳۷۳) گزارش کردند که شاخص برداشت تحت تاثیر عوامل نامناسب محیطی به ویژه خشکی کاهش می‌یابد. در غلات دانه‌ریز افزایش شاخص برداشت ممکن است باعث بهبود عملکرد در شرایط تنش گردد، بدون آنکه نیاز گیاه به آب افزایش یابد. کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله، تسریع در مراحل رشد و نمو و کاهش دوام آنها، کاهش عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن هزار دانه از تاثیرات مهمی هستند که در نتیجه بروز تنش خشکی در گندم ایجاد می‌شوند (اهدائی و همکاران، ۱۳۷۳). در آزمایشات انجام شده جلالی‌فر و همکاران (۱۳۹۱) زمان رسیدن دانه و وزن دانه در سنبله تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه داشتند. عملکرد دانه تحت تاثیر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و طول سنبله قرار نگرفت. نتایج بررسی های انجام شده ایشان نشان می دهد که برخورد مراحل رشد و نمو با تنش خشکی موجب کاهش در اکثر صفات وابسته به عملکرد در گندم می شود. نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰) جهت تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در لاین‌های گندم آزمایشی انجام دادند. در این آزمایش در ارزیابی ارقام از نظر مقاومت به خشکی، شاخص STI و GMP به عنوان بهترین شاخص ها انتخاب شدند. نامبردگان بیان کردند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام برتر در مناطق خشک و نیمه خشک می بایست بهترین معیارهای مقاومت به خشکی را شناخت. آنها برای این منظور، ۲۰ لاین گندم را در شرایط تنش خشکی (به صورت دیم) و بدون خشکی (چند بار آبیاری در مواقع بروز تنش خشکی) در شرایط مزرعه ارزیابی نمودند. در این بررسی ۵ شاخص مقاومت به خشکی شامل : شاخص SSI، شاخص TOL، MP، STI و شاخص GMP بر اساس عملکرد دانه ارقام

در محیط تنش و بدون تنش محاسبه نمودند. شاخصی که بر اساس آن، ارقام در محیط تنش و بدون تنش بیشترین عملکرد دانه را داشتند به عنوان شاخص مناسب تعیین گردید. نتایج آزمون جوانه زنی با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول با پتانسیل اسمزی ۰/۶- مگاپاسکال نشان داد که بین لاین ها از نظر شاخص تنش جوانه زنی (GSI) تنوع قابل ملاحظه ای وجود دارد. همچنین شاخص GSI همبستگی مثبت و معنی داری با شاخص های GMP و STI نشان داد (نورمند موید و همکاران، ۱۳۸۰).

نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰) اعلام کردند در بررسی یک سری لاین از نظر مقاومت به خشکی می توان قبل از آزمایش مزرعه ای لاین ها را در آزمایشگاه از نظر مقادیر بالای شاخص جوانه زنی (GSI) انتخاب کرد و در نتیجه حجم عملیات مزرعه ای را کاهش داد. در این تحقیق اندازه گیری برخی صفات گیاهچه نشان داد که شاخص GSI با طول کلئوپتیل و وزن ریشه های اولیه همبستگی مثبت دارد. بنابراین برای افزایش مقاومت به خشکی بایستی لاین هایی با طول کلئوپتیل و وزن ریشه های اولیه بالا انتخاب نمود. بر اساس نتایج آزمایش ایشان، بیشترین آسیب ناشی از اثر تنش خشکی در دوره دانه بستن به وجود آمد. در این آزمایش نتایج حاصل از همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت نشان داد که برای افزایش عملکرد در شرایط تنش، از بین اجزاء عملکرد دانه باید بر حسب اولویت به ترتیب تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله را افزایش داد تا کمبود عملکرد ناشی از کاهش وزن هزار دانه جبران شود. از طرفی برای افزایش عملکرد دانه در شرایط بدون تنش از بین اجزاء عملکرد دانه بر حسب اولویت ابتدا تعداد دانه در سنبله سپس به ترتیب تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه را بایستی افزایش داد.

گل‌پرور و همکاران (۱۳۸۵) در طی تحقیقی با استفاده از تجزیه و تحلیل ضرایب همبستگی و تجزیه به عامل‌ها، اعلام نمودند که به منظور بهبود ژنتیکی پتانسیل عملکرد دانه گیاه در شرایط بدون تنش،

بهتر است ژنوتیپ‌هایی گزینش شوند که صفات شاخص برداشت، سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و ارتفاع گیاه مطلوبی داشته باشند.

نبی‌پور و همکاران (۱۳۸۱) به منظور بررسی اثر خشکی روی برخی صفات مورفولوژیک گندم و نیز بررسی ارتباط این صفات با شاخص حساسیت به تنش خشکی ۸ ژنوتیپ گندم شامل رگه های بومی و ارقام تجارتی ایران، تحت شرایط دیم و فاریاب، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران کشت نمودند. در این آزمایش شاخص حساسیت به تنش برای هر ژنوتیپ بر اساس عملکرد دانه محاسبه شد. در این تحقیق صفات اندازه گیری شده شامل: طول سنبله، ارتفاع بوته، تعداد برگ در ساقه اصلی، طول ریشک، طول پدانکل، تعداد پنجه بارور، سطح برگ پرچم، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد روز تا سنبله دهی، شاخص برداشت و تراکم روزنه در سطوح زیرین و رویی برگ پرچم بودند. بین ژنوتیپ های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات ارزیابی شده به جز تعداد پنجه اختلاف معنی داری مشاهده شد. نتیجه اینکه بر اثر خشکی، تعداد روز تا سنبله دهی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، طول پدانکل، ارتفاع بوته و سطح برگ کاهش، ولی تراکم روزنه در سطح رویی برگ پرچم افزایش یافت. همچنین در بین اجزای عملکرد، تعداد سنبله در هر بوته کمتر از همه و تعداد دانه در سنبله بیشتر از همه تحت تاثیر خشکی قرار گرفتند. نتایج آزمایش بیانگر وجود ژرم پلاسم های مفید و متحمل به خشکی در کلکسیون گندم های ایران است.

بر اساس نتایج آزمایش شفازاده (۱۳۸۳) در بین تمام شاخص‌های مورد مطالعه شاخص MP، GMP و STI با عملکرد دانه گندم در محیط تنش‌زا و عادی همبستگی مثبت و بالایی داشتند و به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم توصیه شدند.

شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ های گندم زمستانه و بینابین نسبت به تنش خشکی، پژوهشی در سال های زراعی ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه به نژادی بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج انجام دادند. در این بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم امید بخش زمستانه و بینابین در دو آزمایش جداگانه (شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی آخر فصل) ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد دانه ژنوتیپ ها، اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. اثر متقابل ژنوتیپ × سال و ژنوتیپ × آبیاری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × آبیاری × سال غیر معنی دار شد. شاخص‌های STI، SSI، GMP، MP و TOI در ارقام مختلف بر پایه عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش محاسبه شد. در بین ۲۰ ژنوتیپ، ژنوتیپ ۸ pck/vee مطلوب ترین ژنوتیپ بود. عملکرد دانه این ژنوتیپ در شرایط بدون تنش ۹۳۲۰ و در شرایط تنش ۷۰۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین حسابی آن به مقدار ۸۲۰۰، میانگین هندسی به مقدار ۸۱۲۳ کیلوگرم در هکتار، شاخص تحمل به خشکی ۸۵٪ و شاخص حساسیت به خشکی این رقم ۹۸٪ محاسبه شد. برای تعیین روابط بین عملکرد دانه و شاخص ها، از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده گردید و مشخص شد که شاخص های STI، GMP، MP در هر دو شرایط، دارای همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه می باشند و می توانند جهت شناسایی ژنوتیپ های متحمل به خشکی و پرمحصول برای هر دو شرایط محیطی به کار روند.

منگ و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی ارقام مختلف گندم تحت شرایط آبیاری تکمیلی و شرایط تنش خشکی، همبستگی شاخص‌های STI، GMP، MP در هر دو شرایط با عملکرد دانه، مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند. افروز و همکاران (۲۰۱۴) نیز در طی آزمایشی بر روی گندم دوروم همبستگی عملکرد دانه و شاخص‌های STI، GMP، MP را مثبت و معنی‌دار اعلام نمودند.

مدرسی و همکاران (۱۳۹۰) در طی آزمایش تحمل به خشکی گندم، همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی را بررسی کردند. بالاترین همبستگی بدست آمده مربوط به شاخص YI, STI و GMP با عملکرد دانه تحت تنش بود.

موری و همکاران (۱۳۹۱) به منظور مطالعه تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزاء آن بر روی گندم، تحقیقی بر روی ژنوتیپ‌های گندم انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی پس از گلدهی سبب کاهش عملکرد دانه و اجزاء آن در تمام ژنوتیپ ها گردید و میانگین صفات در شرایط تنش خشکی کاهش معنی داری یافت، با این وجود کاهش تعداد سنبلچه در سنبله و سنبله در متر مربع معنی دار نبود. همچنین تجزیه همبستگی عملکرد دانه با اجزاء آن نشان داد که در شرایط تنش خشکی تعداد سنبله در متر مربع ($r = ۰/۷۵$) بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت. برای تعیین روابط بین عملکرد دانه و شاخص ها، از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده گردید و مشخص شد که شاخص های GMP , STI و MP در هر دو شرایط دارای همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه می باشند و می توانند جهت شناسایی ژنوتیپ های متحمل به خشکی و پر محصول برای هر دو شرایط محیطی به کار روند.

مردی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی در شرایط دیم بر روی گیاه گندم دریافتند که وزن هزار دانه با تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع ساقه، طول پدانکل، طول سنبله، طول ریشک، تعداد سنبلچه های تک بوته، تعداد برگ، بیوماس، وزن سنبله اصلی، وزن کل سنبله های یک بوته، عملکرد دانه در تک بوته، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری داشت اما با تعداد گره همبستگی منفی و معنی داری نشان داد. این محققین بیان نمودند در گیاه گندم رابطه عملکرد دانه در تک بوته با ارتفاع ساقه، طول پدانکل، سنبلچه های کل، سنبلچه های بارور، تعداد برگ، وزن سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت مثبت و معنی دار است. نتایج تجزیه علیت آزمایش آنها در شرایط فاریاب گندم نشان داد که اثر مستقیم بیوماس و شاخص برداشت بر روی عملکرد دانه در تک

بوته مثبت و بالا می باشد و در شرایط دیم بیوماس بیشترین اثر مستقیم را بر روی عملکرد دانه داشته است.

مردی و همکاران (۱۳۹۰) در گیاه گندم با استفاده از رگرسیون چند متغیره خطی نشان دادند که در شرایط فاریاب صفاتی نظیر شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد روز تا گلدهی ۹۸/۸ درصد از تغییرات موجود در عملکرد دانه در تک بوته را توجیه می کند و در شرایط دیم صفات متوسط تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، بیوماس و شاخص برداشت ۹۷/۷ درصد از تغییرات موجود در عملکرد تک بوته را توجیه می کند .

عزیزی‌نیا و همکاران (۱۳۸۴) به منظور شناسایی منابع مقاومت به استرس های زنده و غیره زنده در بین ارقام زراعی و گونه های وحشی و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در این گونه ها، تعداد ۳۱ ژنوتیپ مصنوعی گندم هگزاپلوئید به همراه ۹ شاهد از نظر برخی صفات مرفولوژیک مرتبط با مقاومت به خشکی در دو آزمایش جداگانه در حالت تنش و بدون تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین ارقام اختلاف معنی داری برای اکثر صفات وجود داشت و از نظر این صفات دارای تنوع بالایی بودند. تنش باعث کاهش در صفات اندازه گیری شده گردید و بیشترین کاهش در صفت عملکرد دانه مشاهده شد. تجزیه رگرسیون صفات مشخص کرد در محیط بدون تنش صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اهمیت بیشتری دارند. در محیط دارای تنش نیز صفات وزن سنبله ، تعداد روز تا گلدهی و تعداد سنبلچه بارور دارای اهمیت بیشتری بودند. بطور کلی در محیط دارای تنش صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا سنبله دهی بدلیل استفاده گیاه از مکانیسم فرار در برابر تنش اثر زیادی بر عملکرد داشته و اهمیت انتخاب گیاهان زودرس را نشان می دهد. همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد با اجزاء آن بر اهمیت اجزاء عملکرد در این ژنوتیپ ها تاکید دارد .

محمدی و همکاران (۱۳۸۵) به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات زراعی و ظاهری ۱۶ رقم گندم و همچنین معرفی ارقام متحمل و حساس به خشکی دو آزمایش مجزا اجرا نمودند. در آزمایش اول شرایط تنش خشکی اعمال شد و آبیاری فقط یکبار برای سبز شدن انجام گرفت. اما در آزمایش دوم تا آخر فصل رشد، آبیاری به صورت معمول منطقه انجام گرفت. در این تحقیق صفاتی از قبیل عملکرد و اجزای آن، ارتفاع، دوره رشد رویشی، طول پدانکل اندازه گیری شد. عکس العمل ارقام مختلف گندم در دو آزمایش متفاوت بود، به طوریکه تنش خشکی موجب کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی بویژه عملکرد دانه ۵۰/۳۷٪، عملکرد کاه ۴۹/۴۵ درصد و عملکرد بیولوژیک ۴۹/۸۴ درصد گردید. نتیجه اینکه در محیط تنش و نرمال، ژنوتیپ ها از نظر اکثر صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی داری با همدیگر داشتند. بنابراین پاسخ ژنوتیپ ها در هر دو محیط متفاوت و نشان دهنده تنوع بالای جمعیت مورد ارزیابی بود.

گل‌پرور و همکاران (۱۳۸۵) به منظور ارزیابی و طبقه بندی صفات مورفولوژیک و مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی ۵۶۷ ژنوتیپ در قالب طرح مشاهده‌ای با چهار تکرار کشت کردند. دو تکرار به عنوان محیط تنش و دو تکرار نیز به عنوان محیط بدون تنش در نظر گرفته شد. تجزیه به عامل ها بر اساس مؤلفه های اصلی و چرخش و واریماکس نشان داد که چهار عامل اول در محیط تنش روی هم رفته ۸۹/۶ درصد و در محیط بدون تنش ۸۷/۵ درصد از تغییرات متغیرهای مورد بررسی را توجیه می نمایند. هدف از این تحقیق بررسی روابط صفات مختلف در شرایط تنش و نرمال و شناسایی عوامل موثر در بهبود ژنتیکی عملکرد و مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم بود. بطور کلی نتایج نشان داد تاثیر عوامل محیطی مختلف بر عوامل استخراج شده، درصد توجیه تغییرات بین صفات توسط عوامل همبسته با هر عامل می باشد. این محققین همبستگی عملکرد دانه گیاه گندم با صفات وزن سنبله، تعداد دانه، طول سنبله، ارتفاع گیاه و طول پدانکل در محیط تنش مثبت و بسیار معنی‌دار گزارش نمودند. در محیط بدون تنش نیز

همبستگی عملکرد دانه گیاه با تمامی صفات به جز وزن سنبله مثبت و معنی‌دار بود. ایشان اعلام نمودند به منظور بهبود عملکرد دانه سنبله، می توان از شاخص برداشت گیاه، شاخص برداشت سنبله و تعداد در سنبله در محیط بدون تنش و صفات وزن سنبله، تعداد دانه در گیاه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در محیط تنش استفاده نمود. در هر دو محیط تنش و نرمال افزایش صفات تعداد دانه در گیاه و طول پدانکل می تواند منجر به بهبود انتقال آسیمیلات ها در ژنوتیپ‌های گندم نان شود (گل‌پرور و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۵- تجزیه ضرایب همبستگی

تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به عنوان معیارهای انتخاب، کمک فراوانی می‌کند (محمدی، ۱۳۹۲). اما با توجه به روابط پیچیده صفات با یکدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد (طوسی مجرد و بی همتا، ۲۰۰۷). تجزیه علیت توسط به نژادگران گیاهی متعددی جهت شناسایی صفاتی که به عنوان معیار گزینش مفید هستند و موجب بهبود عملکرد می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفته است (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۳). تجزیه علیت که در واقع روش رگرسیون جزء برای تفکیک واکنش‌های همبستگی با عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم است، اطلاعات سودمندی را برای دستیابی به سطوح بالای عملکرد گندم در مطالعات بعدی فراهم می‌آورد. لذا با کمک تجزیه علیت، به تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم پرداخته می-شود (توکلی و همکاران، ۱۳۹۳).

تعیین همبستگی بین صفات مختلف، به ویژه عملکرد دانه و اجزای آن و تعیین روابط علت و معلولی آنها، به به نژادگران این فرصت را می‌دهد که مناسب ترین ترکیب اجزاء را که منتهی به عملکرد بیشتر شود، انتخاب نمایند (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹).

با استفاده از تجزیه علیت مشخص می شود که همبستگی صفات با عملکرد دانه به علت اثر مستقیم آنها بر روی عملکرد و یا در نتیجه اثر غیر مستقیم از طریق صفات دیگر است. اگر همبستگی بین عملکرد و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطلب منعکس کننده یک رابطه واقعی بین آنهاست و لذا می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی اصولا به علت اثر غیرمستقیم صفت از طریق صفت دیگر باشد در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیرمستقیم شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

اقبال و همکاران (۲۰۰۷) همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص برداشت با عملکرد دانه در گندم گزارش کردند. یاگدی (۲۰۰۹) در گندم دوروم گزارش نمود که وزن دانه در سنبله اثر مستقیم مثبتی روی عملکرد دانه دارد و اثر غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات روی عملکرد نیز مثبت بود. تعداد دانه در سنبله و ارتفاع گیاه اثر مستقیم مثبتی روی عملکرد دانه داشتند.

الحانی و همکاران (۲۰۰۸) در نتایج خود به همبستگی مثبت و بسیار معنی دار بین عملکرد دانه با تعداد سنبله در بوته و نیز به اهمیت این صفت در افزایش عملکرد دانه اشاره داشتند. همچنین این محققین وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله را نیز گزارش کردند.

دنیز و همکاران (۲۰۰۹) در جو بهاره همبستگی منفی را بین عملکرد دانه با طول دوره رویشی و طول دوره پرشدن دانه گزارش نمودند. آنها اعلام نمودند که عملکرد دانه با تعداد سنبله در متر مربع همبستگی مثبت و معنی دار و با سایر صفات همبستگی منفی دارد. همچنین در این مطالعه تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه داشتند. در یک مطالعه تجزیه علیت معلوم شد که صفات ارتفاع گیاه و وزن دانه اثر مستقیم و مثبت و زمان سنبله رفتن اثر مستقیم و منفی بر روی عملکرد داشتند و این صفات ممکن است در انتخاب ژنوتیپ ها برای بهبود عملکرد مفید باشند (ایسیسک و یلدیریم، ۲۰۰۶). نتایج بررسی دریکوند و حسین پور (۲۰۰۸) نشان داد همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک مثبت و معنی دار است و

بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر روی عملکرد دانه مربوط به شاخص برداشت(r=۰/۵۴) بود در مطالعه ایروانی و همکاران (۱۳۸۷) در گیاه جو در شرایط آبیاری نرمال صفت ارتفاع بوته با صفات تعداد کل دانه (r=۰/۳۴۸) بیوماس(r=۰/۵۲۳) و عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود . صفت بیوماس و طول سنبله با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود. صفت بیوماس در بین صفاتی که دارای همبستگی معنی دار با عملکرد دانه بود، بیشترین ضریب همبستگی را داشت.

در پژوهشی بخشی پور و همکاران(۱۳۸۹) که بر روی لاین های امیدبخش برنج انجام دادند اعلام کردند که مؤثرترین صفات بر روی عملکرد دانه شامل طول خوشه، تعداد کل پنجه و تعداد دانه پر می باشد و صفات طول خوشه و تعداد دانه پر به دلیل دارا بودن اثرات مستقیم زیاد بر روی عملکرد می تواند به عنوان یک شاخص در جهت افزایش عملکرد دانه مطرح گردد. رحیمی و همکاران(۱۳۸۹) همبستگی منفی و معنی داری را بین عملکرد دانه برنج با صفات تعداد دانه پوک در خوشه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عرض برگ پرچم و دوره رشد زایشی را گزارش کردند .

ایروانی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تنوع و روابط میان صفات زراعی با عملکرد در لاین‌های پیشرفته جو به کمک تجزیه عامل نشان دادند که عملکرد دانه جو با تعداد سنبله در متر مربع بیشترین همبستگی را دارد و این صفت در رگرسیون گام به گام اولین صفتی بود که وارد مدل گردید.

آیسسیک و یلدیریم (۲۰۰۶)، وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته و وزن هزار دانه را بیان نمودند. صفات ارتفاع گیاه و وزن دانه در سنبله اثر مستقیم و مثبت و زمان سنبله رفتن اثر مستقیم و منفی بر روی عملکرد دارند و این صفات ممکن است در انتخاب ژنوتیپ ها برای بهبود عملکرد مفید باشند.

رشیدی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی همبستگی بین صفات مرتبط با سنبله در گندم، بیان داشتند که بین صفات وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه بارور در سنبلچه، تعداد

دانه در سنبله اصلی و وزن دانه در سنبله اصلی با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. عرض سنبله فقط با صفات وزن سنبله، تعداد گلچه بارور در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن دانه در سنبله اصلی همبستگی مثبت و معنی دار داشت. تعداد سنبله در بوته با صفات وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه بارو ر در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله اصلی همبستگی مثبت و معنی دار و با تراکم سنبلچه همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. وزن هزار دانه به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد، همبستگی مثبت و معنی داری با صفات وزن سنبله، وزن دانه در سنبله اصلی و همبستگی منفی و معنی داری با صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد سنبلچه در سنبله داشت. طول ریشک با تعداد گلچه بارور در سنبلچه همبستگی مثبت و با صفات تعداد گلچه نابارور در سنبلچه و تراکم سنبلچه همبستگی منفی و معنی دار داشت. لازم به ذکر است که صفت تراکم سنبلچه با طول سنبله نیز همبستگی منفی و معنی داری نشان داد. تعداد گلچه نا بارور در سنبلچه علاوه بر طول ریشک، با تعداد گلچه بارور در سنبلچه نیز همبستگی منفی و معنی دار داشت.

مقتدر و همکاران (۱۳۹۱) اظهار داشتند که همبستگی ساده صفات در شرایط دیم نشان داد که عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته (r=۰/۵۸*) ، طول پدانکل(r= ۰/۵۶*) رابطه مثبت و معنی داری داشت.

در مطالعات شهید و همکاران (۲۰۰۵)، تغییرات زیادی بین مقادیر ضرایب همبستگی ناقص و همبستگی ساده بین وزن هزار دانه در گندم با سایر صفات وجود داشت و در برخی موارد با تغییر علامت همراه بود. علت این امر آن است که صفات می توانند از طریق صفات دیگر نیز بر همدیگر تاثیرگذار باشند و چون در محاسبه همبستگی ساده دو صفت از اثرات غیر مستقیم روابط بین صفات چشم پوشی می شود، درک صحیحی از رابطه بین دو متغیر به دست نمی دهد بنابراین برای نتیجه گیری بهتر است از همبستگی ناقص استفاده گردد.

مرسینکو و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که در شش رقم جو پاییزه متوسط تعداد کل دانه با عملکرد دانه در سنبله و طول سنبله و همچنین وزن هزار دانه و تعداد کل دانه در سنبله با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری داشت. آنها نتیجه گرفتند که همبستگی منفی و معنی دار متوسط تعداد کل دانه با طول سنبله به دلیل این است که با طویل شدن سنبله، تعداد سنبلچه های نابارور در ابتدا و انتهای سنبله افزایش یافته و از این طریق باعث کاهش عملکرد شد.

احمدی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی همبستگی های ساده فنوتیپی بین صفات در ارقام مختلف گندم گزارش کردند که بیشترین همبستگی معنی دار و مثبت بین ارتفاع گیاه با عملکرد دانه مشاهده گردید. همچنین آنها مشاهده کردند که بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه همبستگی معنی داری وجود دارد.

داداشی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند که در جو لخت وزن هزار دانه با مدت زمان سبز شدن و عرض برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی دار و با ارتفاع بوته در زمان سنبله رفتن و ارتفاع بوته همبستگی منفی و معنی دار نشان داد. باقری و بایبوردی (۲۰۱۵) بیش ترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه را مربوط به صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه بارور و ارتفاع بوته دانسته اند. محمدی گنبدی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که کمترین اثر مستقیم و مثبت را ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله نشان دادند و بیشترین اثر مثبت و غیر مستقیم را بیوماس از طریق ارتفاع بوته از خود نشان داد.

رشیدی و همکاران (۱۳۹۲)، گزارش دادند که، براساس نتایج تجزیه علیت نیز، بیشترین اثرات مستقیم و غیر مستقیم در جهت افزایش عملکرد دانه، به ترتیب به صفات تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله اصلی تعلق داشت، بنابراین این صفات به عنوان مهمترین اجزای موثر بر عملکرد دانه شناخته شدند. مقتدر و همکاران (۱۳۹۱) اظهار داشتند که نتایج تجزیه علیت در شرایط دیم نشان داد که صفات گندم در مرحله ساقه دهی، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر

مستقیم مثبت را بر عملکرد داشتند. نیستانی و همکاران (۱۳۸۴) در تجزیه علیت جو تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را به عنوان صفات توجیه کننده عملکرد دانه دانستند. توکلی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که تجزیه علیت نشان داد که تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، میزان کاه و کلش و تعداد سنبله در متر مربع، مهمترین عوامل مؤثر در عملکرد دانه هستند. حیدری و همکاران (۲۰۰۷) طی تحقیقی در ارزیابی روابط بین عملکرد دانه و برخی صفات ارقام گندم از طریق تجزیه ضرایب مسیر نشان دادند که تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم و معنی‌دار بر عملکرد دانه داشت.

۲-۶- تاثیر علف‌های هرز بر گندم

علاوه بر کاهش عملکرد محصولات زراعی در اثر تنش خشکی، علف‌های‌هرز نیز یکی از عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشند که به دلیل سازگاری بیشتر با محیط به شدت با گیاه زراعی رقابت می‌کنند. در اکوسیستم کشاورزی، علف‌های هرز یکی از عوامل اصلی کاهش کمی و کیفی محصول می‌باشند که کشاورزان از این عامل خسارات فراوانی متحمل می‌شوند (امینی و همکاران، ۱۳۹۳).

تداوم حضور همه جانبه علف‌های‌هرز در مزارع مرهون توان سازگاری با اکوسیستم‌های دست نخورده، قدرت تولید بذر زیاد، سرعت رشد و تسخیر منابع می‌باشد. در زمین‌های زراعی که هر ساله زیر و رو می‌شوند، علف‌های‌هرز یکساله فراوان‌ترین گیاهان هستند. زیرا بذرهای فراوان آنها در بانک بذر خاک نقش پل ارتباطی بین نسل‌ها را ایفا می‌کنند و موجب تداوم حضور علف‌های‌هرز در سال‌های متمادی می‌باشند. علف‌های‌هرز یکساله خاصیت جوانه‌زنی، استقرار و بنیه خوبی دارند و رقیب جدی گیاهان زراعی محسوب می‌شوند و در رقابت منابع (آب، غذا، نور و...) بین گیاهان زراعی و علف‌های هرز از اهمیت زیادی برخوردار هستند و باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند (محمددوست چمن‌آباد، ۱۳۹۰).

علف‌های هرز با وجود شیوه‌های مختلف مبارزه و کنترل، هنوز هم مشکل جدی برای مزارع و زارعین می‌باشند. علف‌های هرز با رقابت بر سر منابع (آب، مواد غذایی، نور و...) مانع دسترسی مطلوب گیاه زراعی به این منابع شده و در نتیجه کاهش محصول و افزایش هزینه‌ها را موجب می‌شوند (نوروزی و همکاران، ۱۳۸۲). بر اساس گزارش محققین هر ساله در ایـالات متحـده امریکا علف‌های هرز ۱۲٪ باعث کاهش عملکرد محصولات می‌شوند (پیمنتال و همکاران، ۲۰۰۱). اورک و همکاران (۱۹۹۴) کاهش عملکرد جهانی گندم بر اثر علف های هرز را ۱۳٪ تخمـین زدنـد. میلبـــرگ و هـــالگرن (۲۰۰۴) خســـارت علفهای هرز به محصولات مختلف از جمله گندم در شرایط سـودان را ٪۳۱ برآورد نمودند. مطالعات نشان داده است که میانگین خسارت ناشی از رقابت علف های هرز در مزارع گندم در کشور ایران حدود ۳۰٪ است (منتظری و باغستانی، ۲۰۰۴) . در بررسی ترکیب گونه ای تراکم و برآورد خسارت علف های هرز مزارع گندم استان خراسان جنوبی ، میزان خسارت علف های هرز بر عملکرد گندم ۳۳٪ تعیین شد (حسینی، ۱۳۹۰).

محققین در ارزیابی پتانسیل آللوپاتیکی علف هرز پیچک بر گندم، میزان خسارت آن را بر درصد جوانه‌زنی، ارتفاع گندم، میزان کلروفیل برگ و عملکرد معنی‌دار گزارش کردند (قرنجیک و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج اکثر مطالعات انجام شده روی رقابت گیاهان زراعی و علف‌های هرز نشان می‌دهد که رقابت در هر دو محیط ریشه و اندام‌های هوایی رخ می‌دهد. اگر چه رقابت برای نور به عنوان اولین عامل برای کاهش محصولات زراعی شناخته شده است، ولی اندام‌های هوایی گیاه در بالای زمین تحت تاثیر جذب عناصر غذایی (به ویژه نیتروژن) در زیر زمین است، بنابراین میزان فراهمی نیتروژن می‌تواند گسترش رقابت علف‌های هرز را در اوایل فصل تحت تاثیر قرار دهد. به هنگام رقابت، معمولا نوعی اثر متقابل قوی بین مواد قابل دسترس و دیگر اعمال فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه بوجود می‌اید، به عنوان مثال، تغذیه مناسب برای ریشه، عاملی جهت تشدید رقابت برای نور می‌شود (رادوسویچ، ۲۰۰۷). محققین اعلام کردند که وقتی علف‌های هرز در رقابت با گیاهان زراعی قوی قرار

می‌گیرند، ماده خشک بیشتری به سیستم ریشه اختصاص می‌دهند تا توانایی جذب ریشه‌ها افزایش یابد (سرخی‌لله‌لو و همکارن، ۲۰۰۸). در آزمایش این محققین با افزایش تراکم یولاف وحشی و شدت یافتن رقابت، نسبت ریشه به ساقه در گندم و یولاف وحشی افزایش یافت که این امر نشانگر حساسیت بیشتر اندام‌های هوایی نسبت به سیستم ریشه‌ای در برابر رقابت بود. این محققین با مقایسه نسبت بیوماس ریشه به ساقه در گندم و یولاف سه نوع تداخل اندام‌های هوایی، تداخل ریشه‌ای و تداخل کامل را بررسی کردند و ملاحظه شد که در هر سه نوع تداخل، نسبت ریشه به ساقه در یولاف وحشی به مراتب بیشتر از گندم است و این امر بیانگر قدرت رقابت و ریشه‌دهی بیشتر یولاف وحشی نسبت به گندم بود. بنابراین می‌توان دریافت که در رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی، از بیوماس اندام‌های هوایی علف‌های هرز کاسته می‌شود (والکر و کینگ، ۲۰۰۸).

میزان خسارت گیاهان زراعی توسط علف‌های هرز در محیط دیم نسبت به محیط‌های مرطوب (آبی) کمتر است. دلیل این امر را می‌توان به کاهش بیوماس علف‌های هرز در محیط‌های خشک (کم آب) مربوط دانست. در نظام کشاورزی مرسوم، علف‌های هرز توسط علفکش‌ها کنترل می‌شوند اما این فعالیت نگرانی‌هایی را در مورد سلامت انسان و محیط زیست در پی‌داشته است. استفاده گسترده از علفکش‌ها یک مشکل جدید به نام علف‌های هرز مقاوم به علفکش بوجود آورده است و باعث از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود (برتولدسون و تاوسون، ۲۰۰۵). آزمایشات بین‌المللی زیادی برای ارزیابی توانایی آللوپاتی گندم در جلوگیری از رشد علف‌های هرز در جهان صورت گرفته است. اولین بررسی‌ها در اواخر دهه ۱۹۶۰ نشان داد که آللوپاتی بقایای گندم در بین ارقام متفاوت است (ویو ۲۰۰۵).

یکی از راه‌های موثر در کنترل علف‌های هرز در سیستم مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، استفاده از ارقامی است که از طریق استقرار زودتر، ارتفاع مناسب، سطح برگ مناسب و ... قدرت رقابت‌پذیری زیادی دارند. رقمی که توانایی رقابتی آن زیاد است، باید در رقابت با علف‌هرز ضمن حفظ عملکرد خود، رشد و تولید بذر علف‌هرز را نیز کاهش دهد (کریستنسن و همکاران، ۲۰۰۸). اثرات آللوپاتی،

ناشی از مواد بازدارنده‌ای است که بصورت مستقیم توسط گیاهان زنده به محیط وارد شده‌اند یا شامل تمامی ترشحات ریشه، مواد حاصل از آبشویی، تبخیر و بقایای گیاهی تجزیه شده، می‌باشد. استفاده از آللوپاتی برای کنترل علف‌های هرز مطالعات زیادی را در چند دهه گذشته بخود اختصاص داده است (ویو و همکاران، ۲۰۰۱).

آللوپاتی گیاهچه گندم بر روی علف‌های هرز مشخصی ارزیابی شده است. ترشحات ریشه گیاهچه های گندم حاوی ۵ بنزوکسازینون و ۷ فنولیک اسید می باشد. بالاترین غلظت ترکیبات آللوکمیکال در هر دو گروه شیمیایی در ۸ روز پس از جوانه زنی اتفاق افتاد که این با حداکثر بازدارندگی رشد چچم توسط ترشحات ریشه گندم در این دوره مشاهده شد که نشان داد مواد شیمیایی قوی آللوپاتیک بازدارنده، در ترشحات ریشه وجود دارد (ویو، ۲۰۰۵). محققین با بررسی خاصیت رقابتی توده های مختلف از گندم بر رشد یولاف وحشی و خاکشیر دریافتند که از ۱۹ توده، *Triticum. speltoids* بازدارنده رشد طولی ریشه یولاف وحشی است و ۲ تا از ۱۹ توده بازدارنده رشد طولی ریشه چه در خاکشیر می‌باشد (ویو و همکاران، ۲۰۰۱).

ویو و همکاران (۲۰۰۰) توانایی رقابتی ۴۵۳ توده گندم از ۵۰ کشور را بر رشد چچم یکساله بررسی کردند و تفاوت معنی‌داری از نظر بازدارندگی رشد ریشه چچم گزارش دادند که این حاکی از دخالت چند ژن برای بیان صفت آللوپاتی است. از ۴۵۳ توده، ۶۳ توده اثرات آللوپاتیک بسیار قوی داشتند که اثر بازدارندگی آنها بیش از ۸۱ درصد روی رشد ریشه چچم بود، در حالیکه ۲۱ توده اثر آللوپاتیکی ضعیفی داشتند و اثر بازدارندگی آنها کمتر از ۴۵ درصد بر روی چچم بود. میزان آللوپاتی گیاهچه گندم بطور معنی داری با کشور مبدا مرتبط است. توده های افغانستان، کانادا، لهستان دارای اثرات آللوپاتیک ضعیفی بودند، در حالیکه توده هایی از آلمان، مکزیک و آفریقای جنوبی اثر آللوپاتیکی بسیار قوی داشتند (ویو، ۲۰۰۰).

در آزمایش‌های انجام شده توسط رزوی و همکاران (۲۰۰۰) ، توده‌های گندم یک تفاوت ژنتیکی معنی‌دار بین ۱۰+ تا ۳۰- درصد نشان دادند. ارقامی مانند قدس، خزر۱، PI۴۵۱۲ به ترتیب موجب ۲۷/۹، ۲۸/۳ و ۳۰/۲ درصد کاهش در وزن خشک علف هرز (یولاف) شدند. ارقام بزوستایا ، نوید و نوید نژاد آللوپاتی مثبت داشتند و وزن خشک یولاف را به ترتیب ۶/۶، ۱۰/۹ و ۱۰/۴ درصد افزایش دادند. افزایش در تراکم بذر گندم بازدارندگی آللوپاتی یولاف را تقویت نمود اما باعث هیچ گونه خود مسمومی نشد. این نتایج نشان می دهد که بعضی از توده‌های گندم حامل ژن‌هایی برای صفات آللوپاتی (هم افزایش و هم بازدارندگی) هستند که می‌تواند برای اصلاح ارقام گندم دارای توانایی آللوپاتی به منظور کنترل علف های هرز مورد استفاده قرار گیرد (رزوی و همکاران، ۲۰۰۰).

در آزمایش سه ساله ای که ریزوی و همکاران (۲۰۰۵) انجام دادند، بیش از ۲۰۰ توده گندم مورد ارزیابی قرار گرفت که پس از غربال، ۲۹ توده امیدبخش انتخاب شدند و برای کنترل علف های هرز در شرایط مزرعه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفتند که دو رقم، باعث ۶۲ و ۷۵ درصد کاهش رشد علف هرز شدند. بنابراین، ارقامی از گندم وجود دارند که می توانند جمعیت علف هرز را به زیر سطح آستانه خسارت کاهش دهند (رزوی و همکاران، ۲۰۰۵). ویو و همکاران (۲۰۰۰)، توانایی آللوپاتی ۹۲ توده گندم را از نظر بازدارندگی رشد ریشه چچم یکساله بررسی کردند. توانایی آللوپاتی گندم، به زمان کاشت بذر چچم و تعداد گیاهچه گندم بستگی داشت. بین ارقام گندم در مرحله گیاهچه ای از نظر توانایی آللوپاتی بر رشد طولی ریشه چچم یکساله، تفاوت معنی داری بین ۹۰/۹۱ – ۲۳/۹۸ درصد وجود داشت. تداخل بین گیاه زراعی و علف هرز در اوایل مرحله جوانه زنی، بحرانی است و اگر رشد یک گونه علف هرز را بتوان با استفاده از آللوپاتی گیاهان زراعی در طی دوره استقرار متوقف کرد، گیاه زراعی بعدا برتری بیشتری نسبت به علف های هرز خواهد یافت (ویو و همکاران، ۲۰۰۰). ارقامی از گندم که دارای طول کلئوپتیل بلندتر باشند در عمق بیشتری کشت می شوند و دارای بنیه قوی تری هستند در نتیجه توان رقابتی بالایی دارند. ارقامی که دارای ارتفاع مناسب باشند به دلیل سایه اندازی

روی علف‌های هرز آنها را ضعیف کرده و باعث کاهش بیوماس علف‌های هرز می‌شوند و همچنین ارقامی که دارای خاصیت جوانه زنی بالاتری هستند زودتر مستقر می شوند و سرعت جذب آنها بیشتر است در نتیجه توان رقابتی آنها بیشتر از علف هرز می باشد (رستگار، ۱۳۸۱).

۲-۷- نقش ارقام گیاه زراعی در رقابت با علف های هرز

کنترل غیر شیمیایی علف‌های هرز بر اساس برنامه‌های کاربردی مبتنی بر علوم زیستی و تجربی، روشی بسیار موفق است که قدمت آن به ۱۱۵ سال می‌رسد (اسچوارزلادر و همکاران، ۲۰۱۸).

ارقام گیاهان زراعی با توجه به خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مختلف توانایی رقابت متفاوتی با علف‌های هرز دارند. بنابراین تاثیر منفی علف‌های هرز روی ارقام متخلف متفاوت خواهد بود (محمد دوست‌چمن‌آباد و همکاران، ۱۳۹۴). اولین قدم مهم در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز با تکیه بر کشاورزی پایدار، اصلاح و کشت ارقام با توانایی رقابت بالا است و در مطالعات مختلف وجود تنوع موجود در میان ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی از نظر تحمل تنش‌های زیستی (رقابت با علف‌های هرز) و غیرزیستی گزارش شده است (فریدنیا و همکاران، ۱۳۸۸). ارزیابی تفاوت‌ها در شرایط مختلف و تعیین صفاتی که موجب برتری آنها در چنین شرایطی می‌شود، اصلاح و توسعه ارقام متحمل یا رقیب علف‌های هرز را امکان‌پذیر می‌سازد (نعمتی و همکاران، ۲۰۱۲).

در مطالعه رقابت ارقام با علف‌های هرز علاوه بر توانایی حفظ عملکرد بالا در شرایط رقابت، لازم است توانایی رقابتی (شاخص رقابت) ارقام با علف‌های هرز نیز در نظر گرفته شود. ارقامی که شاخص رقابت بالایی دارند ضمن حفظ عملکرد بالا در شرایط رقابت، توانایی کاهش رشد و نمو و یا زادآوری علف‌های هرز را نیز دارند، بنابراین کشت این ارقام به مرور زمان جمعیت علف‌های هرز و در نتیجه مشکلات آنها را کاهش می‌دهد ولی در عین حال، شاخص‌های تحمل به

خشکی و رقابت با علف‌های هرز ممکن است لزوما در یک رقم وجود نداشته باشند (محمددوست چمن‌آباد، ۱۳۹۰).

فریدنیا و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که ارقام گندم نیک‌نژاد، آزادی و شیراز شاخص تحمل و رقابت بالایی داشتند. دیهیم‌فرد و همکاران (۱۳۸۴) رقابت هشت رقم گندم با علف‌هرز منداب را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که رقم کرج۲ به عنوان یک رقم قدیمی علی‌رغم داشتن عملکرد دانه پایین در شرایط عدم حضور علف‌هرز، به طور معنی‌داری باعث کاهش بیوماس و تولید بذر علف هرز منداب شد. زند (۱۳۸۲) در مقایسه ارقام گندم قدیم و جدید ایرانی در رقابت با علف‌های هرز یولاف وحشی در گزارش‌های خود به این نتیجه رسید که ارقام جدید بیشتر از ارقام قدیمی توانایی رقابت با یولاف وحشی را دارند.

مطالعه شاخص‌های تحمل و رقابت ارقام گیاهان زراعی با علف‌های هرز و تعیین ارقامی با ارتفاع مناسب، میزان کلروفیل برگ بالا، محتوی نسبی آب برگ بیشتر و ... که دارای توانایی تحمل و رقابت بالایی هستند ما را در اصلاح ارقام زراعی با قدرت رقابت بالا و یا حفظ عملکرد بالا در شرایط رقابت با علف‌های هرز کمک می نماید. تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های مختلف غیرزیستی انجام شده و به همین منظور نیز شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به این نوع تنش‌ها نیز پیشنهاد شده است (نعمتی، ۲۰۱۲).

از شاخص رقابتی CI می‌توان برای بررسی توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز استفاده کرد (محمد دوست چمن‌آباد و همکاران،۱۳۹۴)

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- مشخصات طرح آزمایشی

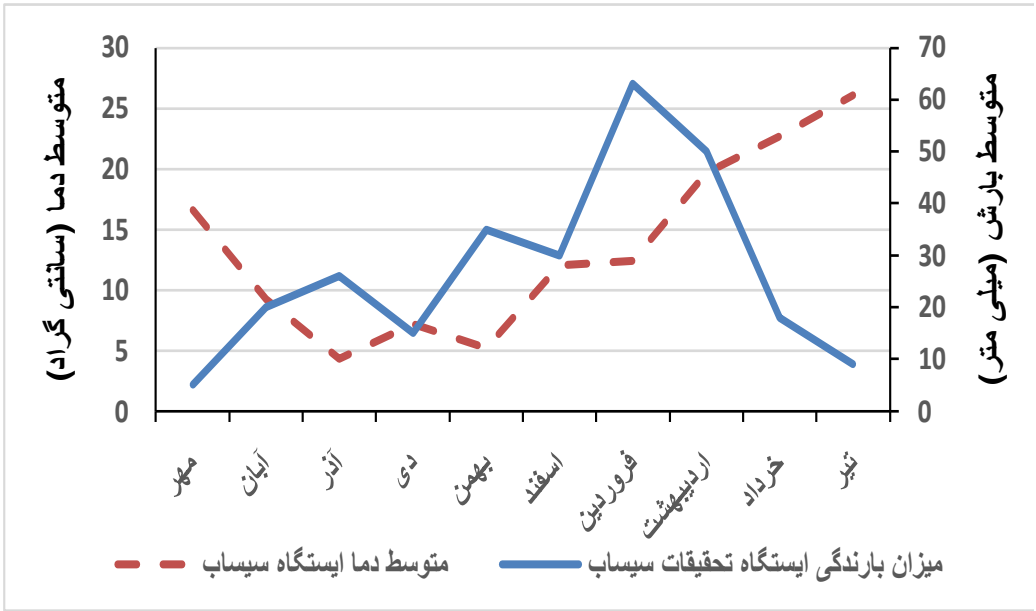
این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در یک سال و در دو مکان (در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شهرستان شیروان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیساب واقع در شهرستان بجنورد) در استان خراسان شمالی با ۲۰ لاین پیشرفته گندم دیم (جدول ۳-۳) به اجرا در آمد. زمین مورد نظر سال قبل آیش بود. در پاییز سال ۱۳۹۴ آماده سازی زمین انجام شد و در زمان کاشت، بر اساس آزمایش خاک مقدار ۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۲۵ کیلوگرم کود ازت استفاده گردید.

هر کرت شامل هشت ردیف به طول پنج متر و فواصل ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و مساحت هر کرت ۱۰ مترمربع بود مقدار بذر ۳۵۰ عدد برای هر مترمربع در نظر گرفته شد. کاشت در ۱۱ آبان ۱۳۹۴ انجام شد. روز بعد از کاشت (۱۲ آبان)، برای آزمایش غیر تنش در ایستگاه تحقیقات سیساب و در ایستگاه تحقیقات شیروان اولین آبیاری تکمیلی صورت گرفت. برای انجام آبیاری تکمیلی از سیستم آبیاری تحت فشار خطی ثابت توسط لوله‌هایی با قطر ۷۵ میلی‌متر استفاده گردید و آبپاش-هایی با پایه یک متر، به فواصل ۶ متر از یکدیگر بر روی لوله اصلی نصب شدند. مقدار آب داده شده در مسیر آبپاش‌ها، از محل استقرار آبفشان‌ها به وسیله قوطی‌های متعددی اندازه‌گیری شد. قطر قوطی‌ها ۱۰ سانتی‌متر و در جهت عمود بر آبپاش‌ها به فاصله دو متر از یکدیگر و در دو طرف آبپاش‌ها قرار داشتند. برای محاسبه تبخیر از سطح قوطی‌ها، از ابتدای شروع آبیاری، قوطی‌هایی با ارتفاع مشخص از آب در کنار کرت‌ها به عنوان شاهد برای تبخیر قرار داده شدند تا میزان تبخیر مشخص و در نهایت میزان تبخیر به مقدار هر قوطی اضافه شود. بدین طریق در هر مرحله آبیاری ۴۰ میلی‌متر آب استفاده شد. آبیاری تکمیلی نوبت دوم آزمایش بدون تنش در مرحله حساس زایشی (مرحله گرده افشانی) در دهه اول خرداد ماه ۹۵ (زمانی که بارندگی‌های موثر قطع شد) صورت گرفت. برای آزمایش

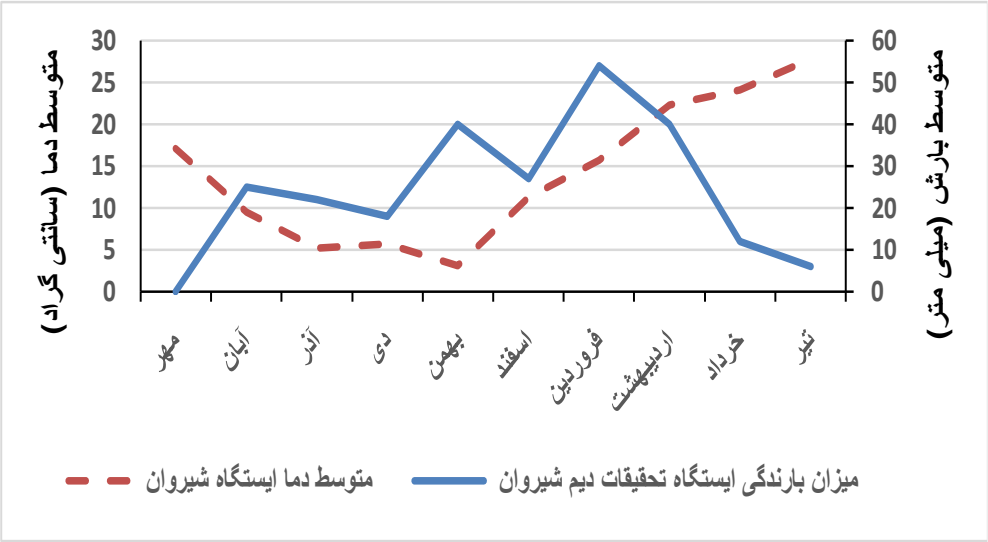
دیم هیچ گونه آبیاری صورت نگرفت. میزان بارندگی در طی فصل رشد در ایستگاه سیساب ۲۷۴ میلیمتر و در ایستگاه شیروان ۲۴۹ میلیمتر بود (جدول ۳-۱).

جدول ۳-۱- مقدار تجمعی بارندگی ماههای طول فصل رشد سال زراعی ۹۵-۹۴

ماههای طول فصل رشد	مقدار تجمعی بارندگی(میلیمتر) ایستگاه تحقیقات سیساب	مقدار تجمعی بارندگی(میلیمتر) ایستگاه تحقیقات شیروان
مهر	۵	۰
آبان	۲۵	۲۵
آذر	۵۱	۴۷
دی	۶۶	۶۵
بهمن	۱۰۱	۱۰۵
اسفند	۱۳۱	۱۳۲
فروردین	۱۹۴	۱۸۶
اردیبهشت	۲۳۶	۲۲۶
خرداد	۲۵۶	۲۳۸
تیر	۲۶۵	۲۴۴



شکل ۳-۱- منحنی آمبروترمیک ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیسساب



شکل ۳-۲- منحنی آمبروترمیک ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان

آزمایش کلی به صورت کرت های خرد شده (کنترل علف‌هرز فاکتور اصلی و لاین‌های گندم فاکتور فرعی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط دیم و در شرایط آبیاری تکمیلی (در هر دو مکان) اجرا گردید.

جهت محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی به جهت دوری از تاثیر سایر عوامل تاثیر گذار ، فاکتور علف‌های هرز از محاسبات این قسمت حذف شد. این شاخص‌ها در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی برآورد گردیدند. برای این منظور ابتدا کرت‌هایی (تیمار) که علف‌هرز داشت در نظر گرفته نشد و فقط کرت‌های (تیمار) بدون علف‌هرز در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در نظر گرفته شد و تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای (دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی برای دو مکان) انجام شد.

برای بررسی اثرات علف‌های هرز بر صفات مختلف گندم در دو شرایط دیم، آبیاری تکمیلی و دو مکان، تجزیه مرکب به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده انجام شد.

مشخصات محل‌های اجرای آزمایش

۳-۱-۱- ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان

این ایستگاه در استان خراسان شمالی و در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان شیروان قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا ۱۱۳۱ متر، طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۵۸°/۰۷ شرقی و ۳۷°/۱۹ شمالی می‌باشد. میانگین بارندگی دراز مدت ۲۴۰ میلی‌متر می‌باشد. آخرین بارندگی موثر در این منطقه معمولا اواخر اردیبهشت ماه اتفاق می افتد. این ایستگاه دارای آب و هوای سرد و خشک می‌باشد. میانگین عملکرد گندم دیم در این ایستگاه ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است.

۳-۱-۲- ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیساب

این ایستگاه در استان خراسان شمالی و در ۳۵ کیلومتری شرق شهرستان بجنورد قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر، طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۵۷° شرقی و ۳۷° شمالی می‌باشد. میانگین بارندگی دراز مدت ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. این ایستگاه دارای آب و هوای سرد و مرطوب می‌باشد. میانگین عملکرد گندم دیم در این ایستگاه ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است.

جدول ۳-۲ – خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان‌های مورد آزمایش

	ایستگاه شیروان	ایستگاه سیساب
درصد اشباع	۴۰/۳۲	۴۳/۴۲
هدایت الکتریکی	۰/۴۰	۰/۵۲
اسیدیته کل اشباع	۸/۱۱	۷/۵۳
درصد مواد خنثی شونده	۱۸/۲۴	۲۱/۴۲
کربن آلی	/۲۹	۰/۳۹
فسفر قابل جذب	۷/۸۹	۸/۷۸
پتاسیم قابل جذب	۱۶۵	۱۸۲
رس ٪	۳۶	۳۵
سیلت ٪	۴۳	۳۹
شن ٪	۲۱	۲۶
آهن(ppm)	۲/۸۶	۳/۳۴
منگنز(ppm)	۵/۹۸	۶/۷۶
روی(ppm)	۰/۷۳	۰/۹۳
مس(ppm)	۱/۲۴	۱/۴۸

صفات اندازه‌گیری شده

در طول دوره زراعی (دوره رشد) از صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد پنجه بارور و غیر بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله و طول پدانکل، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه یادداشت برداری‌های لازم به عمل آمد. همچنین در مرحله گرده افشانی، میزان پرولین برگ پرچمی، میزان سبزینگی برگ پرچمی(SPAD)، هدایت الکتریکی برگ پرچمی، محتوای نسبی آب برگ پرچمی اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری عملکرد گندم، بعد از رسیدگی کامل از وسط کرتها با در نظر گرفتن حاشیه‌ها با استفاده از کوادرات یک مترمربعی، سه نمونه به صورتی تصادفی انتخاب و سپس به صورت کف‌بر با داس برداشت شدند، بعد از کوبیدن وزن آنها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و وزن هزار دانه آنها با ترازوی حساس ۰/۰۱ تعیین گردید. مقادیر عملکرد دانه به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد.

در اواخر فروردین ۱۳۹۵ زمانی‌که علف‌های هرز در مرحله دو برگی بودند، تیمار از آزمایش که بدون علف هرز در نظر گرفته شده بود در ۱۵ فروردین ۹۵ با علفکش گرانستار(۱۵ گرم در هکتار) سمپاشی شد و بدین طریق با علف‌های هرز مبارز شد. ولی در تیمار دارای علف‌های بعد از اتمام سیکل زایشی گندم، تراکم و بیوماس علف‌های هرز در شرایط دیم و در شرایط آبیاری تکمیلی به تفکیک کرت‌های مختلف اندازه‌گیری شد و تأثیر علف‌های هرز بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد در لاین‌های مختلف در شرایط دیم و در شرایط آبیاری تکمیلی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور پنج علف هرز غالب مزرعه شامل بومادران(*Achillea millefolium* L.)، تلخه (*Acroptilon repens* L.)، ازمک (*Cardaria draba* L.)، گل گندم(*Centaurea triumfettii* L.) و پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و سایر علف‌های هرز که از جمعیت اندکی برخوردار بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. بدین منظور، در اواخر مرحله ساقه‌دهی گندم با استفاده از کوادرات یک متر مربعی سه

نمونه تصادفی از علف‌هرز برای تعیین تراکم و زیست‌توده در هر کرت انتخاب شد و سپس بوته ها به تفکیک گونه شناسایی و تراکم آنها ثبت گردید. سپس این بوته‌ها از قسمت طوقه با داس برداشت شدند و به اون ۸۰ درجه سانتی گراد منتقل شدند. پس از ۴۸ ساعت وزن خشک آنها با ترازوی حساس (۰/۰۱) اندازه‌گیری شد و به عنوان زیست توده برای هر گونه ثبت گردید.

در مرحله گرده افشانی گندم، صفات محتوای نسبی آب برگ، هدایت الکتریکی برگ، میزان سبزینگی و پرولین برگ به شرح ذیل اندازه‌گیری شدند

۳-۲- محتوی نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ پرچمی، بعد از حدوث خشکی در مرحله گرده افشانی، تعداد ۱۰ نمونه از هر واحد آزمایشی انتخاب و به آزمایشگاه ایستگاه تحقیقات دیم شیروان منتقل و بلافاصله وزن تر اولیه برگ‌ها (FW) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن آماس، برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در داخل آب مقطر قرار داده شدند و پس از اندازه‌گیری وزن آماس برگ‌ها یا وزن اشباع (TW)، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن خشک (DW) آن‌ها نیز اندازه‌گیری گردید و با استفاده از معادله ۱۰ میزان RWC محاسبه شد (Ritchie et al., 1990).

$$\text{Relative water content (\%RWC)} = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100 \quad \text{(معادله ۱۰)}$$

۳-۳- هدایت الکتریکی برگ

برای محاسبه هدایت الکتریکی برگ‌ها، ۱۰ برگ پرچمی به صورت تصادفی برداشت و به آزمایشگاه ایستگاه تحقیقات دیم شیروان منتقل و از نمونه‌های برگ برداشت شده برای هر لاین در تکرارهای مختلف، ۲۰ عدد دیسک دایره‌ای بوسیله پانچ تهیه و بلافاصله به داخل شیشه‌های درپوش‌دار حاوی ۱۰ سی‌سی آب مقطر منتقل شدند. سپس، به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفتند و پس از آن

هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (الکتروکانداکتیویمتر) اندازه‌گیری گردید (Hu et al., 2009).

۳-۴- عدد SPAD برگ

در مرحله گرده‌افشانی گندم، میزان سزینگی (SPAD) برگ پرچمی به روش غیر تخریبی و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (**SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter**) انجام شد. نحوه کار کلروفیل متر بدین ترتیب است که در قسمت اول، تولید کننده نور قرار دارد و نور قرمز و قرمز دور تولید می‌کند و نور پس از گذشتن از نمونه برگ به یک سری گیرنده رسیده که نور عبوری را به علایم الکتریکی آنالوگ تبدیل می‌کند. این علایم به وسیله یک آمپلی‌فایر تقویت شده و پس از آن به وسیله یک تبدیل کننده به علایم دیجیتال تبدیل می‌شود. سپس آن علایم در دستگاه تفسیر شده و عدد در صفحه نمایش نمایان شده و به صورت اتوماتیک در حافظه نگهداری می‌شود. باید توجه داشت که عدد SPAD به هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل است (بی نام، ۱۳۹۴). برای قرائت اعداد کلروفیل متر پس از روشن کردن، در ابتدا یکبار عدد دستگاه بدون قرار دادن برگ در محفظه برگ، قرائت شد تا دستگاه کالیبره شود و سپس ۵ برگ پرچمی از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و کار قرائت را از سه نقطه از پهنک هر برگ پرچمی انجام و بعد میانگین سه نقطه یادداشت شد.

۳-۵- اندازه‌گیری میزان پرولین

برای اندازه‌گیری پرولین آزاد برگ از روش اندازه‌گیری Bates استفاده شد (بیتس، ۱۹۷۳). برای این منظور در مرحله گرده افشانی از برگ پرچمی مقدار نیم گرم برگ تازه را به قطعات کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر بریده و همراه با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک ۳٪ در یک هاون چینی کوچک به‌مدت ۳ دقیقه سائیده شد. محلول هموژنیزه شده توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف شد. سپس ۲

میلی‌لیتر از محلول صاف شده با ۲ میلی‌لیتر از معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک در یک لولهٔ آزمایش ریخته شد و برای مدت یک ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرار داده شد. سپس به محلول واکنش در لولهٔ آزمایش پس از سرد شدن۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و لولهٔ آزمایش مربوطه برای مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به‌شدت هم زده شد. سپس جذب نوری محلول رویی واکنش از طریق دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (DR 6000 UV VIS Spectrophotometer with DR 6000 RFID Technology) با طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از محلول بلانک تولوئن خوانده شد. غلظت اسید آمینهٔ پرولین آزاد نمونه با استفاده از یک منحنی استاندارد پرولین خالص تعیین شد و میزان آن بر اساس رابطه زیر در گرم وزن تر نمونه محاسبه شد. مطابق با این روش میزان اسید آمینهٔ آزاد پرولین در برگ ژنوتیپ‌های مختلف گندم تعیین شد. اندازه‌گیری پرولین در آزمایشگاه دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

$$\text{میکرومول پرولین بر گرم وزن تر (معادله ۱۲)} = \frac{\text{میلی لیتر تولوین} \times \text{میکرو گرم پرولین بر میلی لیتر}}{\text{میکروگرم میکرو مول } 115.13} \Big/ \frac{\text{گرم نمونه}}{5}$$

بعد از برداشت گندم با استفاده از عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های مختلف تنش خشکی به شرح ذیل محاسبه گردید.

۳-۶- شاخص‌های مختلف ارزیابی تنش کم‌آبی

۱- شاخص حساسیت به خشکی فیشر (Fisher and Maurer, 1978).

$$\text{Stress susceptibility index= SSI} = (1- \frac{Ys}{Yp})/(1-(\frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}})$$

۲- شاخص تحمل به خشکی فرناندز (Fernandez, 1997).

$$\text{Stress tolerance index} = \text{STI} = (Ys \times Yp)/\overline{Y}\, p^2$$

۳- شاخص تحمل (Rosielle and Hamblin, 1981) .

Yp-Ys Tolerance =

۴- میانگین بهره‌وری (Rosielle and Hamblin, 1981).

Mean productivity = MP = (Ys+Yp)/2

۵- میانگین هندسی عملکرد (Fernandez, 1992).

Geometric mean productivity = GMP = $\sqrt{Ys \times Yp}$

۶- شاخص حساسیت به خشکی (Farshadfar and Javadinia, 2011).

Sensitivity drought index = SDI = (Yp-Ys)/Yp

۷- شاخص نسبی خشکی (Fisher and Maurer, 1978).

Relative drought index = RDI = (Ys/Yp)/(Ys/Yp)

۸- شاخص پایداری عملکرد (Bouslama and schapaugh, 1984).

Yield stability index = YSI = (Ys/Yp)

۹- شاخص عملکرد (Gavuzzi *et al*., 1997).

Yield index = YI = (Ys/$\overline{Y}$ s)

Ys = عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش Yp = عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش

$\overline{Y}s$ = میانگین عملکرد در شرایط تنش $\overline{Yp}$ = میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش

به طور کلی داده‌ها به سه گروه صفات مربوط به لاین‌های پیشرفته گندم (شامل ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ....)، شاخص‌های تحمل به خشکی (STI, SSI, TOL, GMP, MP, …) و صفات مربوط به علف‌های هرز (شامل تراکم ، بیوماس علف‌های‌هرز و شاخص رقابتی) دسته‌بندی شدند. در این آزمایش از شاخص رقابتی ذیل (CI) استفاده گردید.

Competitive Index I=[(Yi/Y) / (Wi/W]

که در آن،

عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط علف هرز = Yi میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط علف هرز = Y

زیست توده علف‌های هرز مربوط به هر ژنوتیپ = Wi میانگین زیست توده علف‌های هرز =W

می باشد(زند و همکاران، ۱۳۸۳).

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC تجزیه شدند. قبل از تجزیه مرکب، جهت تست یکنواختی واریانس ها، آزمون بارتلت انجام شد.

مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۵٪ صورت گرفت. شکل‌ها با Excel ترسیم شدند.

همبستگی صفات محاسبه و سپس تجزیه علیت با استفاده از نرم افزار Path analysis انجام شد و تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به روش Ward و فاصله متوسط اقلیدوسی انجام شد و خط برش به روش موجنا ترسیم شد (موجنا، ۱۹۷۷).

جدول ۳-۳- شجره ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم‌های مورد بررسی

No. Lines	Cross Name (Pedigree)	No. Lines	Cross Name (Pedigree)
۱	Azar-2 (Chek)	۱۱	VARDZIA/BEZOSTAIA
۲	Rijave	۱۲	MOB/NE94406(=NE86582//84MC29/NE 82583)//KS91H184/3*RIO BALANCO
۳	SABALAN/4/VRZ/3/OR F1.148/TDL//BLO	۱۳	SEAFALLH/BEZOSTAYA1 TCI03-000609-0AP-0AP-0ZA-3ZA-0ZA
۴	PANDION//FILIN/2*PASTOR/ 3/BERKUT	۱۴	Iranwinter#22/MINA TCI03-000601-0AP-0AP-0ZA-3ZA-0ZA
۵	F6 146P5-5/SABALAN F4(Mah: sel at karaj	۱۵	SABALAN/DANICA//E136-91K2 TCI03-000810-0AP-0ZA-2ZA-0ZA
۶	SABALAN/1-27-5614/4/NWT/3/TAST/SPRW//TAW12399.75 f4(Mah: sel at	۱۶	AZAMAH-3
۷	Anaz/3/pi/Hys/4/sefid/5/GK OTHALON F4(Mah:sel at karaj)-OSN	۱۷	SISABAN-4
۸	Tx90V6313//TX94V3724(TAM-2000BC41254-1-8-1)TX66V1405	۱۸	MISKEET-12
۹	WGRC10/3/KS93U69 sib/TA2455//KS93U69/4/JAGGER	۱۹	USHER-16
۱۰	SABALAN/DANICA//E136-91K2 TCI03-000810-0AP-0ZA-1ZA-0ZA	۲۰	SOKOLL//SUNCO/2*PASTOR

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- نتایج تجزیه‌های آماری

۴-۱-۱- تجزیه مرکب برای صفات اندازه‌گیری شده درگندم برای دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم و دو مکان ایستگاه شیروان و ایستگاه سیساب

تجزیه مرکب صفات اندازه‌گیری شده در گندم برای شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در دو مکان انجام شد. براساس تجزیه واریانس صورت گرفته، اثرات مکان، شرایط و ژنوتیپ برای صفت تعداد پنجه بارور در سطح ۵٪ و برای ارتفاع بوته، میزان سبزینگی (SPAD)، میزان پرولین، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، طول پدانکل، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص رقابت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). درحالیکه تعداد کل پنجه تنها تحت تاثیر اثرات ساده ژنوتیپ در سطح ۵٪ قرار نگرفت. اثر متقابل شرایط × مکان برای صفات تعداد پنجه بارور، ارفاع بوته، پرولین، روز نا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه در سطح ۵٪ و برای صفات میزان سبزینگی، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۱).

اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط برای صفات تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، میزان سبزینگی، پرولین، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، طول پدانکل در سطح ۵٪ و برای صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص رقابت (CI) در سطح ۱٪ معنی‌داری بود ولی تعداد کل پنجه تحت تاثیر اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ و مکان × ژنوتیپ قرار نگرفت (جدول ۴-۱). اثر متقابل مکان × شرایط × ژنوتیپ برای صفات کل پنجه، تعداد پنجه بارور، میزان سبزینگی، روز تا سنبله دهی و روز تا رسیدگی غیرمعنی‌دار، برای صفات ارتفاع بوته، میزان پرولین، طول پدانکل، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه در سطح ۵٪ و برای عملکرد دانه . شاخص رقابت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). اختلاف معنی‌دار اکثر صفات برای ژنوتیپ‌ها، نشان

دهنده وجود تنوع ژنتیکی در بین این ژنوتیپ‌ها می باشد. وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌ها دست به نژادگران را در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و انجام روش‌های به‌نژادی باز می‌گذارد (فارسی و باقری، ۱۳۹۳).

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در دو مکان و دو شرایط

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد کل پنجه	تعداد پنجه بارور	ارتفاع بوته	عدد SPAD	پرولین	روز تا سنبله-دهی
مکان	۱	۱۸^{ns}	۱۶*	۱۹۹۰**	۱۲۴۰**	۴۸**	۲۶۴**
شرایط	۱	۲۳^{ns}	۲۲*	۳۶۷۲**	۸۴۴۶**	۱۱۹۵۱**	۱۶۷۰**
مکان × شرایط	۱	۲/۳^{ns}	۳/۴*	۱۸*	۱۰۰۱**	۷۷۲**	۱/۱۲*
خطای ۱	۱۲	۰/۲۳	۰/۲۰	۱۱/۵۹	۳۵	۱۴	۳۲
ژنوتیپ	۱۹	۱/۳۶*	۰/۹۶*	۱۴۳۸**	۶۵۲**	۲۷۸۱**	۲۵۸**
ژنوتیپ × مکان	۱۹	۱/۱۲^{ns}	۱/۲۳*	۴/۸۳*	۱/۷۲**	۱/۳۳*	۱/۶۵*
ژنوتیپ × شرایط	۱۹	۰/۱۰^{ns}	۰/۱۲*	۴/۳۹*	۹/۶۸*	۴/۲۱*	۱/۷۳*
ژنوتیپ × مکان × شرایط	۱۹	۰/۲۴^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۲/۸۵*	۰/۹۲^{ns}	۲/۵۹*	۱/۴۳^{ns}
خطای ۲	۲۲۸	۰/۰۷	۰/۱۲	۷/۷۸	۷/۰۹	۸/۹۸	۵/۵۳
CV%		۶/۵۹	۸/۰۵	۱۲/۲۳	۶/۰۵	۵/۶۶	۶/۰۷

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

ادامه جدول ۴-۱- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در دو مکان و دو شرایط

منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا رسیدگی	طول پدانکل	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص رقابتی CI
				میانگین مربعات				
مکان	۱	۸۲۵**	۱۹۸**	۲۴۰۳**	۶۳۰**	۳۱۲**	۳۰۶۴۸۵۷**	۰/۰۰۱^{ns}
شرایط	۱	۳۲۳۸**	۲۲۵**	۴۵۱۰۱**	۳۲۷۰**	۵۸۸**	۴۰۸۶۷۵۸**	۰/۰۰۲^{ns}
مکان × شرایط	۱	۲۸*	۲۱۲**	۱۵*	۲/۲۷*	۱/۶۲*	۵۹۰۵۱**	۰/۰۰۱^{ns}
خطای ۱	۱۲	۴۷	۰/۲۹	۳۹	۷/۴۷	۷/۷۶	۴۳۰۲	۰/۰۰۴
ژنوتیپ	۱۹	۱۹۰**	۱۱۶**	۸۳۹۱۵**	۶۰۵**	۱۸۷**	۱۳۵۹۹۰۲**	۲/۴۳**
ژنوتیپ × مکان	۱۹	۲۹*	۱/۳۶*	۳*	۳/۳۶**	۲/۱۸*	۶۰۳۴**	۰/۰۰۲^{ns}
ژنوتیپ × شرایط	۱۹	۳۱*	۴/۴۳*	۲۵۵**	۴/۳۵**	۳/۸۴**	۱۰۸۲۷**	۰/۰۳**
ژنوتیپ × مکان × شرایط	۱۹	۳۲^{ns}	۲/۱۲*	۵*	۳/۵۴*	۱/۱۴*	۶۴۴۹**	۰/۰۱**
خطای ۲	۲۲۸	۳۷	۲/۳۷	۳۱	۵/۴۲	۳/۳۴	۳۰۰۲	۰/۰۰۲
CV%		۳/۱۱	۱۰/۵۴	۱۲/۲۳	۹/۵۴	۷/۶۵	۱۳/۳۶	۴/۷۵

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

۴-۱-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط بر صفات اندازه‌گیری شده در گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شیروان

- تعداد پنجه بارور

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که از لحاظ تعداد پنجه بارور، بین ژنوتیپ‌های گندم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). با مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط مشخص شد که به طور کلی تعداد پنجه بارور ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر است (جدول ۴-۲). ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۴/۴۷ و ۴/۴۵ پنجه بارور در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۴/۲۷ و ۴/۲۰ پنجه بارور در شرایط دیم نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند (جدول ۴-۲).

گندم مانند سایر غلات، ظرفیت پنجه‌زنی قابل توجهی دارد و می‌تواند از مقادیر مختلف بذر مصرفی و در شرایط مختلف، تعداد بوته در واحد سطح را متعادل کند. در صورت وجود رطوبت و سایر عوامل محیطی مساعد، تعداد پنجه گندم تا حدودی افزایش می‌یابد. البته باید در نظر داشت که ظرفیت پنجه‌زنی گندم تحت عوامل مختلف ژنتیکی و محیطی است. تعداد سنبله تابعی از تعداد پنجه بارور است (نیازی‌فرد، ۱۳۹۶). ذوالحسنی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی اثر تنش خشکی بر فرآیند پنجه-زنی در ارقام مختلف گندم، افزایش معنی‌دار تعداد پنجه بارور در شرایط بدون تنش را نسبت به شرایط تنش گزارش کردند.

بنابراین، کاهش ناچیز متوسط پنجه‌دهی ژنوتیپ‌های فوق در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به این دلیل است که وراثت‌پذیری صفت پنجه‌دهی بالاست و این صفت کمتر تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرد. در همین راستا، جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی بر روی اثر تنش و آبیاری تکمیلی بر ژنوتیپ‌های مختلف گندم، اعلام نمودند تعداد پنجه در شرایط تنش و آبیاری تکمیلی به طور معنی-

داری تغییر نمی‌کند و تعداد پنجه در ارقام اصلاح شده بیشتر ژنتیکی است و کمتر تحت تاثیر محیط قرار می گیرد.

-ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که از لحاظ ارتفاع بوته، بین ژنوتیپ‌های گندم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد و اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای صفت ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم از ارتفاع بیشتری برخوردار بودند (جدول ۴-۲). ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۹۴ و ۹۶ سانتیمتر در شرایط آبیاری تکمیلی و ۸۸ و ۸۹ سانتیمتر ارتفاع بوته در شرایط دیم، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۴-۲).

کاشیف و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه وراثت‌پذیری صفات مختلف در گندم دوروم، اعلام نمودند که صفت ارتفاع بوته در گندم تحت تاثیر اثر متقابل ژنتیک و محیط است. خلیلی و تقوی (۱۳۹۷) در بررسی تنوع ژنتیکی ارقام گندم بهاره از صفات فیزیولوژیک و زراعی تحت تنش خشکی، اثر تنش را برای صفت ارتفاع بوته گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار گزارش کردند و اعلام نمودند که در شرایط وجود رطوبت مناسب، ارتفاع بوته گندم تا حد مطلوبی افزایش می‌یابد.

- میزان سبزینگی (SPAD)

بر اساس تجزیه واریانس مرکب، ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفت عدد SPAD دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بودند و همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). براساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم از عدد SPAD بالاتری برخوردار بودند (جدول ۴-۲). بر اساس جدول مقایسه میانگین (۴-۲)، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ بیشترین عدد SPAD را دارا بودند. عدد SPAD

برگ پرچمی ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب از ۶۹ و ۶۸ در شرایط آبیاری تکمیلی به ۵۶ و ۵۷ در شرایط دیم کاهش یافت. کمترین میزان SPAD مربوط به ژنوتیپ ۱ با ۴۷ در شرایط آبیاری تکمیلی و ۳۳ در شرایط دیم بود (۴-۲). میزان رنگیزه فتوسنتزی کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفاظت ظرفیت فتوسنتزی است و دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش خشکی است. سایرام و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی، گیاه سویا را تحت تنش خشکی قرار دادند و اعلام نمودند که تنش رطوبتی با اثر روی میزان رنگیزه‌های برگ گیاه، باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل برگ می‌شود. باقری (۱۳۹۲) جهت بررسی تاثیر تنش بر میزان فتوسنتز، آزمایشی را بر روی گندم دوروم و گندم معمولی اجرا نمود و مشاهده نمود که میزان کلروفیل برگ‌ها در شرایط تنش به طور معنی‌داری کاهش یافت. این محقق، بیشترین کاهش کلروفیل a و b را در مرحله پر شدن دانه مشاهده کرد.

-پرولین

بر اساس تجزیه واریانس مرکب، ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ میزان پرولین در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌داری بودند و همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، به طور کلی ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی از میزان پرولین بیشتری برخوردار بودند (جدول ۴-۲).

در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ ۱۴ و ۱۵ با ۶۰ گرم و در شرایط دیم ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ به ترتیب با ۷۳ و ۷۲ میلی‌گرم در شرایط دیم بیشترین میزان پرولین را داشتند. در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ ۷ با ۱۸ گرم و در شرایط دیم ژنوتیپ ۲۰ با ۳۱ گرم پرولین،کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۴-۲) که این امر نشان دهنده حساس بودن این ژنوتیپ به تنش خشکی است. ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی جهت مقابله با تنش و حفظ بقای خود، با سازوکارهای مناسب فیزیولوژیکی،

اقدام به افزایش میزان پرولین در اندام‌های مختلف خود می‌کنند و با تجمع میزان پرولین بخصوص در برگ‌ها، شرایط بحرانی تنش را طی می‌کنند این ویژگی در ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ کاملا مشهود است. پرولین آزاد بسیاری از گیاهان در پاسخ به پتانسیل پایین آب (مثل خشکی، شوری و ...) به مقدار زیادی تجمع می‌یابد و در شرایط تنش، افزایش سریع پرولین با آغاز کاهش پتانسیل آبی برگ همزمان است به همین علت هر عاملی که باعث کاهش پتانسیل آبی شود، باعث تجمع پرولین می‌گردد و این نوع تنوع، بخش اساسی از پاسخ گیاهان به تنش محیطی و نیز سازگاری با شرایط محیطی است (کوک و همکاران، ۲۰۱۰). یلدیز و ترزی (۲۰۰۸) ارقام مختلف تتراپلوئید و هگزاپلوئید گندم را تحت تنش قرار دادند و در نتایج خود اعلام نمودند که میزان پرولین برگ‌ها در شرایط تنش افزایش یافت. بهبودی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثرات تنش‌های غیر زنده بر میزان و الگوی پروتئینی دو رقم گندم، افزایش میزان پرولین در اثر تنش را گزارش کردند. امیرجانی و همکاران(۱۳۹۴) در یک آزمایش، اثر تنش فلزات سنگین را در گیاه پریوش مورد بررسی قرار دادند و در نتایج خود اعلام نمودند که سرب به دلیل القا اکسیداتیو و افزایش تولید رادیکال آزاد سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتوای پرولین و پراکسیداسیون لیپید در کالوس گیاهان می‌شود.

- روز تا سنبله‌دهی

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفت تعداد روز تا سنبله‌دهی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ هستند و اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی از تعداد روز تا سنبله‌دهی کمتری برخوردار بودند (جدول ۴-۲). با توجه به تنش خشکی در شرایط دیم، ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی زودتر به گل رفتند. بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ (جدول ۴-۲)، ژنوتیپ ۳ با ۱۶۰ روز تا ظهور سنبله کمترین مقدار و ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۸ با ۱۷۲ روز تا ظهور سنبله، بیشترین مقادیر

را در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در شرایط آبیاری تکمیلی داشتند و در شرایط دیم نیز ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۸ به ترتیب با ۱۶۰ و ۱۶۱ روز تا ظهور سنبله بیشترین و ژنوتیپ ۱ با ۱۴۷ روز تا ظهور سنبله کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند.

گل‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲)، در طی بررسی تاثیر تنش خشکی بر تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ پرچمی گندم، اعلام نمودند که عدم وجود رطوبت در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی (سنبله‌دهی)، از طریق کاهش دوره پر شدن دانه‌ها، باعث کاهش عملکرد می‌شود به طوری‌که در چنین شرایطی، اختلال در میزان فتوسنتز برگ بوجود می‌آید و باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه شده و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

- تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

بر اساس تجزیه واریانس مرکب انجام شده، ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند و اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای صفت تعداد روز تا رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی از تعداد روز تا رسیدگی کمتری برخوردار بودند (جدول ۴-۲). در این آزمایش تنش خشکی آخر فصل در شرایط دیم، از طریق کاهش طول دوره رویشی باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی شد. ژنوتیپ‌های ۸، ۹ و ۱۱ با ۲۰۳ روز تا رسیدگی، بیشترین و ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۱۹۱ و ۱۹۲ روز تا رسیدگی، کمترین مقادیر را در شرایط آبیاری تکمیلی داشتند. در شرایط دیم نیز ژنوتیپ-های ۸ و ۹ با ۱۹۶ روز تا رسیدگی بیشترین و ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۱۸۷ و ۱۸۴ روز تا رسیدگی، کمترین تعداد روز تا رسیدگی را دارا بودند (جدول ۴-۲).

مزایای صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی در شرایط تنش و شرایط نرمال عکس یکدیگر می-باشند. در شرایط نرمال به دلیل وجود رطوبت کافی، هر چه طول دوره رشد گندم بیشتر شود گیاه فرصت بیشتری برای ساخت و ساز دارد در نتیجه افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود ولی در شرایط تنش به خاطر اجتناب از خشکی آخر فصل، زودرسی در گندم یک صفت مثبت تلقی می‌شود و ارقام زودرس به دلیل زود پر کردن دانه قبل از شروع خشکی، به تنش برخورد نمی‌کند و در نتیجه عملکرد مطلوبی حاصل می‌شود.

احدزاده و همکاران (۲۰۱۴) در آزمایشی رابطه بین تعداد روز تا رسیدگی با عملکرد دانه در شرایط نرمال را مثبت و معنی‌دار و در شرایط دیم منفی و معنی‌دار بدست آوردند. آنها اعلام نمودند که ژنوتیپ‌های زودرس با ارتفاع مناسب در دیمزارها دارای عملکرد مناسبی هستند و ژنوتیپ‌های دیررس به تنش خشکی آخر فصل برخورد می‌کنند و در نتیجه ارتفاع و عملکرد آنها کاهش می‌یابد. ابرناک و همکاران (۱۳۹۶) در آزمایشی بر روی ارقام جو در شرایط دیم، رابطه بین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه را منفی و معنی‌دار گزارش نمودند. آنها اعلام نمودند دیررسی باعث تاخیر در گرده‌افشانی و پر شدن دانه می‌شود و مرحله دانه‌بندی گیاه به تنش خشکی برخورد می‌کند و این امر روی دانه‌بندی اثر منفی گذاشته و باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود.

-طول پدانکل

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ طول پدانکل دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند و اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای صفت طول پدانکل معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، طول پدانکل در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی کاهش یافت (جدول ۴-۲). ژنوتیپ ۷ و ۱۲ به ترتیب با ۱۹/۷۵ و ۱۹/۵ سانتیمتر طول پدانکل در شرایط آبیاری تکمیلی و ۱۸ سانتیمتر طول پدانکل در شرایط دیم بیشترین و ژنوتیپ ۱۸ با

۱۰ سانتیمتر طول پدانکل در شرایط آبیاری تکمیلی و ژنوتیپ ۷ با ۷/۵ سانتیمتر طول پدانکل در شرایط دیم کمترین مقدار را دارا بودند (جدول ۴-۲).

صابری و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی تنوع و شناسایی صفات موثر بر عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش گندم نان تحت تنش، طول پدانکل را دارای تنوع و تفاوت معنی‌دار در ژنوتیپ‌ها گزارش نمودند. آنها همبستگی طول پدانکل با عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار بدست آوردند.

گلستانی‌فر و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه اثر رقابت درون و برون گونه‌ای بر صفات مختلف گندم تحت تنش، اثر تنش خشکی بر طول پدانکل گندم در سطح ۱٪ را معنی‌دار گزارش کردند. این محققین اعلام کردند با افزایش تنش خشکی از ۲۰ درصد به ۶۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی خاک، طول پدانکل گندم به میزان ۲۶ درصد کاهش یافت.

-تعداد دانه در سنبله

بر اساس تجزیه واریانس مرکب انجام شده، تعداد دانه در سنبله برای ژنوتیپ‌ها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌داری بود و اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای این صفت معنی‌دار بدست آمد (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، صفت تعداد دانه در سنبله در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر بود (جدول ۴-۲).

ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۵۰ و ۵۱ دانه در سنبله در شرایط آبیاری تکمیلی و ۴۵ و ۴۷ دانه در سنبله در شرایط دیم نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲۰ با ۳۱ دانه در سنبله و در شرایط دیم ژنوتیپ‌های ۵، ۷، ۱۳، ۱۵، ۱۹ و ۲۰ به ترتیب با ۲۶، ۲۶، ۲۴، ۲۶، ۲۵ و ۲۴ دانه در سنبله کمترین مقادیر را داشتند (جدول ۴-۲). دلیل این امر وجود رطوبت مناسب و افزایش تعداد گلچه‌های بارور و زمان بیشتر برای افزایش طول سنبله است. با توجه به این‌که طول سنبله با تعداد دانه در سنبله رابطه مستقیمی دارد، لذا با افزایش طول سنبله، تعداد دانه در

سنبله افزایش می‌یابد. اگر تنش خشکی در مراحل اولیه رشد گیاهی باشد با کاهش تعداد پنجه و خودتنکی، باعث کم شدن عملکرد می‌شود ولی اگر تنش خشکی قبل از ظهور سنبله اتفاق بیفتد باعث کاهش طول سنبله می‌شود و تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد و در نهایت عملکرد دانه افت می‌کند. محققین ارقام مختلف جو را با رژیم‌های مختلف رطوبتی مورد بررسی قرار دادند، بین ارقام از نظر تعداد دانه در سنبله و تنش آخر فصل تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ و اثر متقابل رقم × تنش در سطح ۵٪ مشاهده شد (دریکواند و همکاران، ۲۰۱۱). چو و همکاران (۲۰۱۰) در طی بررسی رابطه تنش با اجزای عملکرد، کاهش تعداد دانه در سنبله را معنی‌دار گزارش کردند. این محققین علت کاهش تعداد دانه در سنبله را، کاهش تعداد گلچه‌های بارور در سنبلچه و کم شدن طول سنبله عنوان نمودند.

- تعداد سنبله در مترمربع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که از لحاظ تعداد سنبله در مترمربع، بین ژنوتیپ‌های گندم اختلاف معنی‌داری وجود دارد و همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای صفت تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). با مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، مشخص شد که تعداد سنبله در مترمربع در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر است (جدول ۴-۲).

ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۴۸۸ و ۴۸۳ سنبله در مترمربع در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۴۴۸ و ۴۵۳ تعداد سنبله در مترمربع در شرایط دیم، بیشترین مقادیر را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند و ژنوتیپ ۳ با ۲۵۸ تعداد سنبله در مترمربع در شرایط آبیاری تکمیلی و ۲۲۷ تعداد سنبله در مترمربع در شرایط دیم کمترین مقدار را داشت (جدول ۴-۲). البته این کاهش در تمام ژنوتیپ‌ها در مقادیر مختلف مشاهده شد. کاهش تعداد سنبله در مترمربع در این آزمایش به دلیل

تنش کمبود رطوبت در شرایط دیم بود. زمانی که استقرار اولیه گیاه با تاخیر انجام شود این امر باعث کاهش تعداد پنجه بارور می‌شود و در نتیجه تعداد سنبله در مترمربع کاهش می‌یابد. با توجه به این‌که در سایت آبیاری تکمیلی، در زمان مناسبی آبیاری صورت گرفت و استقرار اولیه گیاه زودتر انجام شد، لذا تراکم مناسب بوته حفظ شد و باعث افزایش تعداد سنبله‌های بارور شد. در همین راستا صابری و همکاران (۱۳۹۰) گندم پاییزه را در تاریخ‌های مختلف کشت کردند و اجزای عملکرد را بررسی نمودند. آنها در نتایج خود اعلام نمودند تعداد سنبله در مترمربع در تاریخ کشت مناسب اولیه به دلیل استقرار زودتر و افزایش بنیه قوی اولیه بوته، نسبت به سایر تاریخ‌های کشت افزایش یافت. اوتسون و همکاران(۲۰۰۸) در بررسی گندم تحت تنش گزارش کردند تعداد سنبله در مترمربع در تنش رطوبتی کاهش یافت. آنها اعلام نمودند هر چند تعداد سنبله در مترمربع تابعی از میزان بذر مصرفی، تراکم و ژنتیک است ولی شرایط نامناسب آب و هوایی در مراحل اولیه از طریق کاهش تراکم بوته و تعداد پنجه بارور و در مرحله ساقه رفتن، با کاهش تعداد ساقه بارور، باعث کم شدن تعداد سنبله در مترمربع می‌شود. چاین و ویچمن (۲۰۰۸) در آزمایشی بر روی گندم، تعداد سنبله در مترمربع را برای ارقام مختلف معنی‌دار بدست آوردند. آنها دلیل این اختلاف معنی دار را واکنش مختلف ارقام به تنش خشکی مرتبط دانستند و اعلام نمودند برخی از ارقام به خاطر داشتن ویژگی‌های مناسب در برابر تنش خشکی مقاومت نشان می‌دهند و اجزای عملکرد آنها در اثر تنش خشکی، کاهش محسوسی از خود نشان نمی‌دهند.

-وزن هزار دانه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، از لحاظ صفت وزن هزار دانه، بین ژنوتیپ‌های گندم اختلاف معنی‌داری وجود داشت و اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). با مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، مشخص شد که وزن هزار دانه در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر است (جدول ۴-۲).

ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۴۵ و ۴۵ گرم وزن هزار دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۴۳ و ۴۲ گرم وزن هزار دانه در شرایط دیم، بیشترین مقادیر را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند (جدول ۴-۲). وزن هزار دانه یکی از اجزاء عملکرد است. با افزایش وزن هزار دانه، عملکرد افزایش می‌یابد یا به عبارت دیگر همبستگی بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه مستقیم و مثبت است. وزن هزاردانه یک صفت کمی است که وراثت‌پذیری آن کم است و بیشتر تحت تاثیر محیط قرار می-گیرد. البته وراثت‌پذیری این صفت در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. در اثر تنش خشکی، بذرها چروکیده و لاغر می‌شوند و به تبع آن عملکرد دانه کاهش می‌یابد که این موضوع در مورد ژنوتیپ ۲۰ مورد آزمایش صدق می‌کند. ژنوتیپ ۲۰ کمترین وزن هزار دانه را در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در شرایط دیم داشت. وزن هزار دانه ژنوتیپ ۲۰ از حدود ۳۵ گرم در شرایط آبیاری تکمیلی به ۳۰ گرم در شرایط دیم تقلیل یافت (جدول ۴-۲). این کاهش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه باعث کاهش عملکرد این ژنوتیپ شد.

سعیدی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی، اثر تنش آخر فصل را در گندم مرودشت و زاگرس ارزیابی کردند و در گزارش خود، میزان کاهش عملکرد گندم مرودشت را ۵۷٪ و کاهش عملکرد دانه گندم زاگرس را ۳۰٪ اعلام نمودند. این محققین بیان نمودند که اختلاف میزان کاهش عملکرد این دو رقم، مربوط به پاسخ متفاوت این ارقام به تنش خشکی است. همچنین آنها گزارش نمودند که تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی از طریق تشدید پیری برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه، سبب کاهش متوسط وزن دانه و کاهش عملکرد می‌شود.

گوندوز و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعات خود روی گندم نان، بیان کردند که بیشترین کاهش عملکرد در گندم، هنگام وقوع تنش خشکی در زمان گرده‌افشانی بدست می‌آید. آنها میزان کاهش عملکرد دانه را در آزمایش خود، در ارقام مختلف به دلیل واکنش متفاوت به تنش خشکی، از ۳۰ ٪ تا ۷۰٪ گزارش

کردند و اعلام نمودندکه علت این کاهش عملکرد تحت تنش آخر فصل، به خاطر کاهش وزن هزار دانه از طریق کاهش طول پدانکل و کاهش تعداد گلچه‌های بارور می‌باشد.

- **عملکرد دانه**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از لحاظ عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ هستند. همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط نیز برای عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ، عملکرد دانه تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر بود (جدول ۴-۲). وجود تنش آخر فصل در شرایط دیم باعث کاهش عملکرد ژنوتیپ‌ها شد. ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ به ترتیب با ۲۶۹۸ و ۲۳۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۲۳۴۱ و ۲۲۲۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط دیم، بیشترین مقادیر را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند و ژنوتیپ ۲۰ با ۱۲۵۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۱۰۷۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط دیم، کمترین مقدار را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۴-۲). به دلیل واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی متفاوت بود (جدول ۴-۲). کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی، به دلیل تنش خشکی آخر فصل در شرایط دیم بود. این تنش خشکی از طریق کاهش ارتفاع بوته، کاهش طول سنبله، کاهش طول پدانکل، کاهش تعداد گلچه‌های بارور و در نهایت کاهش وزن هزار دانه باعث کاهش عملکرد دانه شد (جدول ۴-۲). میزان افزایش عملکرد محصول بستگی به تعداد دفعات آبیاری در زمان مناسب و

پتانسیل ارقام دارد و ارقام مختلف با توجه به ساختار ژنتیکی و فیزیولوژیکی خود به عوامل محیطی مانند رطوبت و تنش‌ها، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند.

فروزانفر و همکاران (۱۳۹۰)، در ارزیابی ارقام گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی، اثر متقابل ژنوتیپ×شرایط را برای عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بدست آوردند. این محققین در این پژوهش واکنش ارقام مختلف گندم آبی (گاسپارد، پیشتاز و الوند) و گندم دیم (سرداری و آذر ۲) را در شرایط تنش و شرایط نرمال بررسی کردند. آنها اعلام کردند که در شرایط نرمال عملکرد ارقام آبی بیشتر از ارقام دیم بود و در شرایط تنش، ارقام دیم از عملکرد بالایی برخوردار بودند ولی اختلاف عملکرد گندم پیشتار در شرایط نرمال و شرایط تنش بسیار ناچیز بود. علت این اختلافات عملکرد، به دلیل پاسخ متفاوت ارقام به عوامل محیطی بود که تابعی از عوامل ژنتیکی و ساختار فیزیولوژیکی گیاه است.

تاتاری و همکاران (۱۳۹۰) با انجام یک بار آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی گندم در ایستگاه تحقیقات دیم شیروان، حداکثر افزایش عملکرد دانه را ۲۰ ٪ اعلام کردند.

هادی و همکاران (۱۳۹۶)، با بررسی ریسک کاشت و تعیین زمان مناسب آبیاری تکمیلی گندم دیم، میزان افزایش تولید با یک بار آبیاری تکمیلی را در مرحله زایشی، ۱۲٪ بدست آوردند. آبیاری تکمیلی زمانی انجام می‌شود که بارندگی نتواند رطوبت ضروری را برای بهبود و پایداری عملکرد تامین نماید. در واقع آبیاری تکمیلی یک مداخله موقت است و به نحوی طراحی می‌شود، تا زمانی‌که تعرق طبیعی گیاه بالاست و بارندگی موثر برای رشد گیاه وجود ندارد، صورت گیرد. این یکی از راهکارهای صرفه-جویی آب در اراضی فاریاب و تخصیص آب با اراضی دیم است (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۱). در غرب آسیا و شمال آفریقا متوسط عملکرد گندم یک تن در هکتار است ولی با آبیاری تکمیلی آن را تا دو تن نیز افزایش داده‌اند. در کشور سوریه نیز به دلیل کاهش بارندگی و نامنظم بودن پراکنش ۴۰ درصد اراضی دیم، آبیاری تکمیلی می‌شوند (اویس و همکاران، ۲۰۰۴). توکلی (۱۳۹۲) در آزمایشی بر روی

گندم، با قطع یک بار آبیاری از اراضی فاریاب و اختصاص آن به اراضی دیم، باعث صرفه‌جویی ۲۲٪ آب در شرایط فاریاب بدون کاهش معنی‌دار عملکرد و همچنین باعث افزایش ۵٪ عملکرد در اراضی دیم شد.

دهقانی و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثر دما و توزیع بارش روی گندم در منطقه شمال شرق ایران پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که تغییرات بارش در مدت سال‌های مورد مطالعه بر روی عملکرد تاثیر معنی‌داری داشت. همچنین آنها وقوع بارش ۲۸ میلی‌متر و دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد در مرحله گرده‌افشانی را بسیار تاثیرگذار بر عملکرد گندم دیم گزارش نمودند.

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین برای اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه شیروان

شرایط	شماره ژنوتیپ‌ها	تعداد پنجه بارور	ارتفاع بوته (cm)	عدد SPAD	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	روز تا سنبله‌دهی
آبیاری تکمیلی	۱	۲/۷۵^{nopq}	۸۷/۵۰^{cdef}	۴۷/۲۵^{lmno}	۴۵/۲۴^{nop}	۱۵۸^{ijkl}
	۲	۳/۱۵^{hijklmn}	۸۹/۰۰^{bcd}	۵۵/۲۵^{efgh}	۴۲/۵۲^{p}	۱۶۳^{defg}
	۳	۳/۵۷^{bcdefgh}	۹۱/۷۵^{abc}	۶۲/۰۰^{b}	۵۳/۲۸^{jkl}	۱۶۰^{ghij}
	۴	۳/۷۰^{bcdefg}	۷۵/۲۵^{kl}	۴۸/۷۵^{klmn}	۳۲/۶۱^{r}	۱۶۱^{efgh}
	۵	۳/۸۲^{bc}	۹۰/۰۰^{abcd}	۵۰/۵۱^{ijkl}	۵۵/۶۹^{jk}	۱۶۵^{bcd}
	۶	۳/۳۷^{efghijkl}	۹۰/۵۰^{abcd}	۴۸/۴۸^{klmn}	۵۵/۱۸^{jk}	۱۵۶^{klmn}
	۷	۳/۹۷^{b}	۸۶/۰۰^{defg}	۵۷/۷۵^{cdef}	۱۸/۵۴^{t}	۱۶۳^{defgh}
	۸	۳/۹۵^{b}	۷۰/۵۰^{mn}	۵۷/۷۳^{cdef}	۲۹/۹۱^{r}	۱۷۲^{a}
	۹	۳/۷۷^{bcde}	۶۹/۲۵^{n}	۵۹/۵۰^{bcd}	۵۴/۴۴^{jkl}	۱۶۷^{bc}
	۱۰	۳/۸۷^{bc}	۷۶/۵۰^{kl}	۴۹/۷۵^{jklm}	۵۸/۱۹^{hij}	۱۶۲^{defgh}
	۱۱	۳/۵۷^{bcdefgh}	۹۰/۷۵^{abc}	۵۷/۰۰^{cdefg}	۵۵/۳۳^{jk}	۱۷۲^{a}
	۱۲	۴/۴۷^{a}	۹۴/۰۰^{a}	۶۹/۵۱^{a}	۵۹/۵۳^{lm}	۱۶۱^{efghi}
	۱۳	۳/۳۰^{fghijklm}	۸۸/۵۰^{bcde}	۵۸/۰۰^{cdef}	۵۵/۹۴^{ij}	۱۶۵^{bcd}
	۱۴	۲/۹۵^{lmnopq}	۸۲/۲۵^{ghi}	۵۷/۷۵^{cdef}	۶۰/۳۳^{fghi}	۱۵۹^{hijk}
	۱۵	۳/۸۵^{bcdefg}	۸۴/۵۰^{efgh}	۵۰/۰۰^{jklm}	۶۰/۹۹^{fg}	۱۶۰^{fghij}
	۱۶	۳/۷۰^{bcdefgh}	۸۹/۷۵^{abcd}	۶۰/۷۵^{bc}	۳۱/۹۲^{r}	۱۶۴c^{def}
	۱۷	۴/۴۵^{a}	۹۶/۲۵^{a}	۶۸/۰۰^{a}	۵۱/۰۱^{klm}	۱۶۵^{bcd}
	۱۸	۳/۷۲^{bcdef}	۶۵/۵۰^{n}	۵۸/۲۵^{bcde}	۴۸/۷۲^{mn}	۱۶۴^{cde}
	۱۹	۳/۹۷^{b}	۶۹/۷۵^{n}	۵۴/۰۰^{fghi}	۲۴/۱۴^{s}	۱۶۶^{bcd}
	۲۰	۳/۵۲^{cdefghij}	۶۴/۷۵^{op}	۵۳/۰۰^{ghij}	۳۰/۲۹^{r}	۱۶۴^{cde}

۱	۱/۹۷^{r}	۷۹/۵۰^{ijk}	۳۳/۰۰^{u}	۶۰/۵۷^{fgh}	۱۴۷st	دیم
۲	۳/۱۰^{jklmno}	۸۲/۷۵^{ghi}	۴۲/۵۰^{pqr}	۵۷/۹۷^{ghij}	۱۵۳^{nopq}	
۳	۳/۰۷^{klmno}	۸۶/۰۰^{defg}	۵۲/۵۰^{hijk}	۶۸/۵۶^{cde}	۱۴۹^{qrst}	
۴	۲/۷۵^{klmnop}	۶۷/۲۵^{no}	۳۴/۲۵^{u}	۴۸/۰۰^{mno}	۱۵۱^{opqr}	
۵	۲/۸۲^{nopq}	۸۴/۰۰^{fgh}	۳۶/۲۵^{stu}	۷۱/۶۹^{bcd}	۱۵۵^{lmn}	
۶	۳/۱۲^{ijklmn}	۸۹/۵۰^{abcd}	۳۴/۷۵^{u}	۷۰/۲۷^{cd}	۱۴۶^{t}	
۷	۳/۵۵^{bcdefghi}	۷۸/۰۰^{jkl}	۴۴/۰۰^{op}	۳۲/۰۷^{r}	۱۵۲^{nopqr}	
۸	۳/۴۵^{cdefghijk}	۶۲/۲۵^{pq}	۴۴/۰۰^{op}	۴۵/۹۱^{nop}	۱۶۰^{fghij}	
۹	۲/۷۷^{nopq}	۶۳/۰۰^{pq}	۴۵/۰۰^{nop}	۷۰/۳۹^{cd}	۱۵۷^{jklm}	
۱۰	۲/۸۷^{mnopq}	۶۹/۷۵^{n}	۳۵/۵۰^{tu}	۷۱/۶۹^{bcd}	۱۵۲^{nopqr}	
۱۱	۲/۶۷^{opq}	۸۴/۰۰^{fgh}	۴۳/۲۵^{opq}	۷۱/۱۶^{bcd}	۱۶۱^{efghi}	
۱۲	۴/۲۷^{b}	۸۸/۰۰^{ab}	۵۶/۲۵^{defgh}	۷۲/۷۱^{a}	۱۵۷^{jklm}	
۱۳	۲/۱۷^{r}	۸۰/۷۵^{hij}	۴۳/۰۰^{pq}	۷۱/۹۴^{ab}	۱۵۵^{lmn}	
۱۴	۲/۱۲^{r}	۷۴/۲۵^{lm}	۴۳/۲۵^{opq}	۶۸/۶۹^{bc}	۱۴۹^{rst}	
۱۵	۲/۶۵^{pq}	۷۶/۲۵^{kl}	۳۴/۷۵^{u}	۶۷/۷۶^{ab}	۱۴۹^{pqrs}	
۱۶	۲/۹۰^{mnopq}	۸۶/۲۵^{defg}	۴۶/۲۵^{mnop}	۴۳/۹۲^{mno}	۱۵۳^{mnop}	
۱۷	۴/۲۰^{b}	۸۹/۵۰^{b}	۵۷/۵۰^{defgh}	۷۳/۰۳^{a}	۱۵۳^{mnop}	
۱۸	۲/۹۲^{mnopq}	۶۰/۲۵^{qr}	۴۳/۷۵^{op}	۶۴/۱۷^{ef}	۱۵۴^{lmno}	
۱۹	۲/۹۷^{lmnopq}	۶۱/۵۰^{pq}	۳۵/۷۵^{rst}	۳۷/۶۸^{op}	۱۵۵^{lmno}	
۲۰	۲/۶۰^{q}	۵۶/۵۰^{r}	۳۹/۵۰^{qrd}	۳۱/۳۲^{q}	۱۵۵^{lmno}	

ادامه جدول ۴-۲- مقایسه میانگین برای اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه شیروان

شرایط	شـــــماره ژنوتیپ‌ها	روز تا رسیدگی	طول پدانکل (cm)	تعداد دانه در سنبله	سنبله در مترمربع	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری تکمیلی	۱	۱۹۳^{hijklm}	۱۷/۵۰^{abcdef}	۴۵^{bcd}	۳۱۰^{p}	۴۱/۵۰^{bc}	۱۵۲۴^{mnop}
	۲	۱۹۸^{bcef}	۱۷/۵۰^{abcdef}	۳۹^{fg}	۴۳۷^{f}	۳۹/۲۵^{cde}	۱۸۷۰^{ef}
	۳	۱۹۶^{defgh}	۱۷/۵۰^{abcdef}	۴۶^{bc}	۲۵۸^{t}	۳۶/۵۰^{efghij}	۱۷۶۰^{gh}
	۴	۱۹۷^{bcdefg}	۱۰/۲۵^{lmn}	۴۲^{def}	۲۷۵^{s}	۳۶/۰۰^{fghijk}	۱۸۷۸^{ef}
	۵	۱۹۹^{bcd}	۱۹/۰۰^{abc}	۳۴^{jk}	۴۳۰^{fgh}	۳۳/۵۰^{jklmno}	۱۶۵۵^{ijk}
	۶	۱۹۸^{nop}	۱۷/۰۰^{bcdefg}	۴۲^{cdef}	۳۵۹^{n}	۳۸/۰۰^{efg}	۱۸۵۳^{f}
	۷	۱۹۸^{bcde}	۱۹/۷۵^{a}	۳۴^{ijk}	۴۷۵^{bc}	۴۲/۵۰^{ab}	۱۹۸۰^{d}
	۸	۲۰۱^{ab}	۱۰/۲۵^{lmn}	۴۱^{efg}	۴۲۸^{f}	۳۵/۰۰^{ghijklm}	۱۸۳۰^{fg}
	۹	۲۰۱^{ab}	۱۱/۵۰^{klm}	۳۲^{jk}	۴۳۷^{f}	۳۴/۷۵^{hijklmn}	۱۴۷۳^{pq}
	۱۰	۱۹۶^{defghi}	۱۴/۷۵^{ghij}	۴۲^{cdef}	۳۲۹^{o}	۳۹/۰۰^{cde}	۱۸۷۸^{ef}
	۱۱	۲۰۳^{a}	۱۶/۲۵^{defgh}	۴۱^{def}	۳۹۸^{hi}	۳۹/۲۵^{cde}	۱۷۱۹^{hi}
	۱۲	۱۹۳^{hijklm}	۱۹/۵۰^{ab}	۵۰^{a}	۴۸۸^{a}	۴۵/۰۰^{a}	۲۳۲۰^{b}
	۱۳	۲۰۰^{abc}	۱۶/۷۵^{cdefg}	۳۴^{jk}	۴۷۹^{b}	۴۱/۰۰^{bcd}	۱۶۸۸^{hij}
	۱۴	۱۹۵^{efghij}	۱۵/۰۰^{fghi}	۴۲^{def}	۴۴۵^{e}	۱۳/۲۵^{efghi}	۱۸۶۰^{f}
	۱۵	۱۹۶^{defgh}	۱۹/۲۵^{abc}	۳۳^{jk}	۴۴۸^{e}	۴۱/۰۰^{bcd}	۱۹۴۵^{de}
	۱۶	۱۹۸^{bcde}	۱۸/۵۰^{abcd}	۳۷^{ghi}	۴۴۷^{e}	۳۶/۰۰^{fghijk}	۱۶۲۸^{jk}]
	۱۷	۱۹۱^{klmnop}	۱۸/۲۵^{abcde}	۵۱^{a}	۴۸۳^{a}	۴۴/۷۵^{a}	۲۴۹۸^{a}
	۱۸	۱۹۸^{bcde}	۱۰/۰۰^{mn}	۳۹^{fgh}	۴۷۱^{cd}	۳۳/۷۵^{fghijk}	۱۵۰۴^{nop}
	۱۹	۲۰۰^{abc}	۱۱/۲۵^{klm}	۳۱^{k}	۳۰۵^{pq}	۳۵/۲۵^{fghijkl}	۱۶۰۳^{klm}
	۲۰	۱۹۹^{bcde}	۱۰/۵۰^{lmn}	۳۱^{k}	۴۰۸^{j}	۳۴/۲۵^{ijklmno}	۱۲۵۶^{s}

۱	۱۸۷^{pq}	۱۷/۰۰^{bcdefg}	۴۰^{fg}	۲۸۵^{r}	۳۹/۲۵^{cde}	۱۲۸۳^{s}
۲	۱۹۰^{klmnop}	۱۶/۷۵^{cdefgh}	۳۲^{jk}	۴۳۱^{fg}	۳۸/۲۵^{def}	۱۴۱۸^{or}
۳	۱۸۹^{lmnop}	۱۶/۰۰^{defgh}	۴۱^{def}	۲۲۷^{v}	۳۳/۵۰^{jklmno}	۱۵۴۱^{mnop}
۴	۱۹۰^{klmnop}	۷/۰۰^{o}	۳۶^{hij}	۲۴۸^{u}	۳۳/۲۵^{klmno}	۱۵۶۴^{lmno}
۵	۱۹۳^{hijklm}	۱۶/۲۵^{abcd}	۲۶^{l}	۴۰۳^{jk}	۳۱/۵۰^{no}	۱۴۱۵^{qr}
۶	۱۹۲^{r}	۱۵/۰۰^{fghi}	۳۵^{jk}	۳۳۲^{o}	۳۵/۲۵^{fghijk}	۱۵۹۰^{klm}
۷	۱۹۱^{klmnop}	۱۸/۰۰^{abcde}	۲۶^{l}	۴۴۱^{abc}	۳۹/۵۰^{cde}	۱۵۷۴^{klmn}
۸	۱۹۳^{ghijkl}	۷/۲۵^{o}	۳۳^{jk}	۴۴۰^{abc}	۳۱/۵۰^{no}	۱۵۷۳^{klmn}
۹	۱۹۴^{fghijk}	۷/۷۵^{o}	۲۴^{l}	۴۰۹^{j}	۳۲/۰۰^{mno}	۱۲۶۴^{s}
۱۰	۱۸۹^{mnop}	۱۲/۵۰^{jkl}	۳۵^{ij}	۲۹۸^{q}	۳۵/۷۵^{fghjik}	۱۵۹۹^{klm}
۱۱	۱۹۶^{cdefgh}	۱۳/۲۵^{ijk}	۳۵^{ijk}	۳۹۳^{l}	۳۶/۵۰^{efghij}	۱۴۹۰^{opq}
۱۲	۱۸۷^{opq}	۱۶/۷۵^{cdefg}	۴۵^{bcd}	۴۴۸^{e}	۴۳/۰۰^{ab}	۲۲۲۱^{c}
۱۳	۱۹۳^{ghijkl}	۱۴/۰۰^{hij}	۲۶^{l}	۴۴۲^{d}	۳۷/۲۵^{efghi}	۱۴۷۵^{pq}
۱۴	۱۸۸^{nop}	۱۲/۵۰^{jkl}	۳۴^{ijk}	۴۲۱^{i}	۳۳/۵۰^{jklmno}	۱۵۷۵^{klmn}
۱۵	۱۸۹^{mnop}	۱۷/۲۵^{abcde}	۲۶^{l}	۴۲۴^{ghi}	۳۷/۷۵^{efgh}	۱۵۸۱^{klmn}
۱۶	۱۹۱^{jklmn}	۱۶/۰۰^{defgh}	۳۱^{k}	۴۱۹^{i}	۳۲/۵۰^{lmno}	۱۴۱۰^{qr}
۱۷	۱۸۴^{qr}	۱۵/۷۵^{efgh}	۴۷^{b}	۴۵۴^{e}	۴۳/۰۰^{ab}	۲۳۴۱^{b}
۱۸	۱۹۲^{ijklmn}	۷/۰۰^{o}	۳۳^{jk}	۴۴۶^{e}	۳۲/۰۰^{no}	۱۲۹۰^{s}
۱۹	۱۹۳^{hijklm}	۸/۲۵^{no}	۲۵^{l}	۳۷۸^{m}	۳۳/۰۰^{lmno}	۱۳۸۰^{r}
۲۰	۱۹۱^{klmnop}	۷/۵۰^{o}	۲۴^{l}	۲۷۵^{s}	۳۰/۱۲^{o}	۱۰۷۳^{t}

دیم

۴-۱-۳- اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط بر صفات اندازه‌گیری شده گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیساب

بر اساس تجزیه واریانس مرکب (۴-۱)، اثرات ساده ژنوتیپ و شرایط به غیر از صفت تعداد پنجه برای همه صفات مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی دار بود. اثرات متقابل ژنوتیپ × شرایط نیز تاثیر معنی-داری بر صفات تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، میزان سبزینگی، میزان پرولین، تعداد روز تا سنبله دهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول پدانکل در سطح ۵٪ و تعداد تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص رقابت در سطح ۱٪ داشت (جدول ۴-۱). معنی‌داری اکثر صفات برای ژنوتیپ‌ها به معنی وجود تنوع ژنتیکی در آنهاست. در برنامه‌های به‌نژادی، اغلب به دلیل کاربرد ارقام تجاری، تنوع ژنتیکی به تدریج در حال کاهش است که این وضعیت منجر به آسیب‌پذیری بیشتر ارقام نسبت به تنش‌های غیرزیستی همچون خشکی، سرما، علف‌های هرز و ... می‌گردد. بنابراین توجه بیشتر به بهره‌برداری موثر از تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم برای دسترسی به ارقام مناسب، از طریق گزینش بسیار موثر است و بررسی ابعاد مختلف تنوع ژنتیکی ارقام گندم، متخصصین اصلاح نباتات را در شناسایی ظرفیت ژنتیکی صفات مرتبط با اهداف اصلاحی یاری می-نماید (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷).

بر اساس مقایسه میانگین‌های مرکب اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه سیساب، به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ هم در شرایط آبیاری تکمیلی و هم در شرایط دیم، از لحاظ تعداد پنجه، ارتفاع بوته، عدد SPAD، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند (جدول ۴-۳). معمولا صفات مختلف گندم به صورت مستقیم یا غیر مستقیم بر عملکرد دانه تاثیر می‌گذارند. برخی از پژوهشگران نتیجه گرفتند که تعداد پنجه بارور مناسب و ارتفاع مناسب از طریق توانایی بالا جهت رقابت برای کسب مواد غذایی، نور، رقابت با علف-های هرز و ... باعث افزایش عملکرد در گندم می‌شوند (نواب‌پور و کاظمی، ۱۳۹۲).

بر اساس جدول مقایسه میانگین (۴-۳)، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ در شرایط دیم نسبت به سایر ژنوتیپ ها زودرس‌تر بودند. سطح معقولی از زودرسی می‌تواند یک سیاست اصلاحی موثر در افزایش پایداری عملکرد گندم در مناطق خشک باشد. عملکرد بیشتر دانه در چنین مناطقی می‌تواند با استفاده از ژنوتیپ‌های زودرس که تاریخ سنبله‌دهی آنها همزمان با پایان فصل بارندگی باشد بدست آید. در چنین مناطقی کاهش عملکرد به دلیل تنش خشکی به مقدار زیادی بستگی به این دارد که تنش در چه مرحله‌ای از رشد گیاه و چه مدت و با چه شدتی اتفاق بیفتد در چنین شرایطی زودرسی گیاه یک صفت بسیار مهم جهت فرار از تنش آخر فصل محسوب می‌شود (فداکار و احمدی، ۱۳۹۴). بر اساس جدول مقایسه میانگین (۴-۳)، میزان پرولین ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی افزایش یافت و از نظر میزان پرولین در شرایط دیم، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۴-۳).

گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی مکانیسم دفاعی مختلفی دارند، تحت تنش خشکی تجمع مواد محلول در سلول باعث افزایش اسمولاریته سلول شده و می‌تواند جریان آبی را هدایت و میزان خروج آن را کاهش دهد این ترکیبات باعث فشار اسمزی و همچنین باعث تثبیت ساختار پروتئین و غشا تحت تنش می‌شوند که نقش مهمی در سازگاری سلول به استرس‌های مختلف دارند. پرولین یکی از مهم‌ترین این نوع ترکیبات است، تجمع پرولین در زمان تنش، باعث افزایش تحمل به خشکی گیاه می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷).

بر اساس جدول مقایسه میانگین (۴-۳)، عدد SPAD ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر بود. ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط دیم، بیشترین مقادیر SPAD را به خود اختصاص دادند(جدول ۴-۳).

فتوسنتز جاری برگ‌ها، به‌ویژه برگ پرچم، به عنوان مهم‌ترین منبع فتوسنتزی جهت پر شدن دانه-های در حال رشد گندم مورد توجه است. آثار تنش خشکی در گیاه مشتمل بر پیری برگ ناشی از تغییرات متابولیک، بازدارندگی بیوسنتز کلروفیل بوده که موجب تسریع در پیری و تسریع در تجزیه اجزاء تیلاکوئیدی می‌شود. به همین لحاظ پایداری سبزینه‌ای برگ به عنوان صفتی مرتبط با عملکرد در شرایط تنش خشکی به شمار می‌رود. پیری برگ پرچم، ابتدا از تغییرات ساختاری در کلروپلاست شروع و متعاقب آن با تخریب آوندی و در نهایت کاهش کارکرد غشاء پلاسمایی همراه است، تاخیر در بیان ژن‌های مرتبط با پیری برگ موجب پایداری سبزینگی برگ و تداوم فتوسنتز می‌شود (کوسانی و رینولذز، ۲۰۱۲).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل شرایط × ژنوتیپ نشان داد (جدول ۴-۳) که در شرایط آبیاری تکمیلی، اکثر صفات به دلیل اینکه با کمبود جدی رطوبت مواجه نشدند نسبت به شرایط بدون تنش (دیم) مطلوبتر بودند و ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ در شرایط آبیاری تکمیلی و در شرایط دیم از لحاظ صفات تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد آزمایش برتری داشتند (جدول ۴-۳). در بسیاری از مزارع، تنش‌های چندگانه به طور همزمان یا پی در پی در مقیاس‌های زمانی متفاوت نقش بازدارندگی را در رشد و نمو محصولات زراعی ایفا می‌کنند که در بین آنها تنش خشکی مهم‌ترین عامل بازدارندگی به شمار می‌رود و گیاهان در اثر خشکی، علاوه بر واکنش‌های فیزیولوژیک، تغییرات مرفولوژیک نیز از خود نشان می‌دهند. تنش خشکی صفات مختلف گیاه مانند ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه و ... را تحت تاثیر قرار می‌دهد (امام، ۱۳۸۶).

انجام آبیاری تکمیلی می‌تواند به عملکرد پایدار و رضایت‌بخش در دیمزارها منجر شود. سیستم آبیاری تکمیلی معمولا در مناطقی استفاده می‌شود که میزان بارندگی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر باشد ولی پراکنش باران متناسب با دوره رشد گیاه نباشد. در چنین مناطقی، عملکرد دانه به دلیل کمبود

رطوبت کاهش می‌یابد، به همین دلیل آبیاری تکمیلی برای تولید مطلوب گندم دیم توصیه می‌شود. منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تامین شود (توکلی و اویسی، ۲۰۰۲). تدین و امام (۱۳۸۶) در آزمایشی با دو بار آبیاری تکمیلی در ارقام دیم گندم، میزان افزایش عملکرد را به میزان ۲۳ درصد اعلام نمودند.

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه سیساب

شرایط	شماره ژنوتیپ‌ها	تعداد پنجه بارور	ارتفاع بوته (cm)	میزان سبزینگی (SPAD)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)	روز تا سنبله-دهی
آبیاری تکمیلی	۱	۲/۹۵^{nopqr}	۹۱/۵۰^{cdefgh}	۴۸/۰۰^{klm}	۴۷/۰۶^{lm}	۱۶۲^{ijk}
	۲	۳/۵۷^{fghijk}	۹۳/۲۵^{abcdef}	۵۶/۲۵^{fgh}	۴۵/۶۱^{mn}	۱۶۸^{cdefgh}
	۳	۳/۶۲^{fghijk}	۹۳/۷۵^{abcdef}	۶۲/۲۵^{cd}	۵۵/۷۱^{fghi}	۱۶۴^{hij}
	۴	۴/۲۲^{abc}	۸۰/۰۰^{lm}	۵۰/۲۵^{ijkl}	۳۵/۴۲^{pq}	۱۶۶e^{fgh}
	۵	۴/۳۰^{ab}	۹۵/۰۰^{abcd}	۵۱/۲۵^{ijkl}	۵۷/۹۷^{fghi}	۱۷۱^{bcd}
	۶	۳/۴۲^{fghijklmn}	۹۵/۵۰^{abcd}	۴۹/۵۰^{jkl}	۵۷/۰۱^{ghij}	۱۶۱^{jkl}
	۷	۳/۵۰^{efghi}	۹۰/۵۰^{defghi}	۵۷/۵۰e^{fgh}	۲۱/۳۳^{t}	۱۶۸^{cdefg}
	۸	۴/۳۰^{ab}	۷۵/۰۰^{no}	۵۵/۲۵^{efgh}	۳۲/۷۶^{qr}	۱۷۶^{a}
	۹	۴/۱۰^{abcde}	۷۴/۰۰^{nop}	۶۰/۵۰^{cdef}	۵۶/۱۷^{ghij}	۱۷۱^{bc}
	۱۰	۴/۳۲^{ab}	۸۱/۰۰^{lm}	۵۰/۷۵^{ijkl}	۵۸/۱۶^{fgh}	۱۶۷^{defgh}
	۱۱	۳/۸۲^{defgh}	۹۴/۰۰^{abcde}	۵۶/۵۰^{fgh}	۵۷/۹۸^{fghi}	۱۷۵^{a}
	۱۲	۴/۲۰^{ab}	۹۷/۵۰^{a}	۶۶/۰۰^{a}	۵۲/۵۳^{jk}	۱۶۲^{jkl}
	۱۳	۳/۶۲^{fghijk}	۹۴/۰۰^{abcde}	۵۸/۷۵^{defg}	۵۷/۹۴^{fghi}	۱۷۰^{bcde}
	۱۴	۳/۳۲^{ijklmnop}	۸۷/۲۵^{hij}	۵۸/۵۰^{defg}	۶۲/۶۹^{def}	۱۶۴^{ghij}
	۱۵	۳/۶۲^{fghijk}	۸۹/۷۵^{efghij}	۵۱/۰۰^{ijkl}	۶۲/۹۹^{de}	۱۶۳^{ghij}
	۱۶	۳/۸۲^{defgh}	۹۵/۰۰^{abcd}	۶۱/۲۵^{cde}	۳۳/۹۲^{q}	۱۶۷^{defgh}
	۱۷	۴/۵۰^{a}	۹۶/۲۵^{ab}	۶۵/۰۰^{ab}	۵۳/۰۱^{ijk}	۱۶۲^{jkl}
	۱۸	۳/۹۰^{bcdef}	۷۴/۷۵^{no}	۵۷/۲۵^{efgh}	۵۰/۷۲^{kl}	۱۶۸^{bcdef}
	۱۹	۴/۱۷^{abcd}	۷۴/۰۰^{nop}	۵۴/۲۵^{ghi}	۲۶/۸۳^{s}	۱۷۰^{bcde}
	۲۰	۳/۸۵^{cdefg}	۷۰/۵۰^{opqr}	۵۴/۲۵^{ghi}	۳۳/۳۵^{qr}	۱۶۸^{cdef}

۱	۲/۸۷^{pqrs}	۸۵/۵۰^{jk}	۴۰/۷۵^{n}	۵۷/۲۵^{ghij}	۱۵۱^{pq}
۲	۳/۰۵^{mnopqr}	۸۷/۰۰^{hij}	۴۹/۲۵^{jkl}	۵۳/۱۹^{hijk}	۱۵۵^{mno}
۳	۳/۰۷^{lmnopqr}	۸۹/۰۰^{fghij}	۶۰/۲۵^{cdef}	۶۴/۲۹^{cde}	۱۵۳^{op}
۴	۳/۲۷^{jklmnopq}	۷۲/۷۵^{nopq}	۴۴/۵۰^{n}	۴۴/۰۵^{mno}	۱۵۵^{mno}
۵	۳/۳۵^{hijklmno}	۸۸/۰۰^{ghij}	۴۳/۵۰^{mn}	۶۷/۹۲^{c}	۱۵۹^{klm}
۶	۳/۰۲^{mnopqr}	۹۲/۵۰^{bcdefg}	۴۲/۵۰^{n}	۶۶/۵۳^{cd}	۱۵۰^{q}
۷	۳/۸۰^{defghi}	۸۲/۰۰^{kl}	۵۱/۲۵^{ijkl}	۲۸/۸۸^{rs}	۱۵۶^{mno}
۸	۳/۵۷^{fghijk}	۶۹/۲۵^{qrs}	۵۱/۵۰^{ijk}	۴۲/۰۱^{no}	۱۶۴^{hij}
۹	۳/۵۲^{fghijkl}	۷۰/۰۰^{pqr}	۵۳/۲۵^{hij}	۶۶/۶۱^{cd}	۱۶۱^{jkl}
۱۰	۳/۴۵^{fghijklm}	۷۶/۷۵^{mn}	۴۲/۲۵^{n}	۶۸/۰۸^{c}	۱۵۶^{mno}
۱۱	۳/۱۵^{klmnopq}	۸۷/۲۵^{hij}	۵۰/۲۵^{ijkl}	۶۷/۴۷^{cd}	۱۶۵^{fghi}
۱۲	۴/۳۷^{ab}	۹۴/۳۳^{abcdef}	۶۴/۰۰^{bc}	۷۱/۶۵^{ab}	۱۵۷^{jkl}
۱۳	۲/۶۲^{rs}	۸۶/۰۰^{ijk}	۴۹/۷۵^{ijkl}	۶۵/۴۶^{cde}	۱۵۹^{klm}
۱۴	۲/۴۵^{s}	۷۹/۷۵^{lm}	۵۱/۵۰^{ijkl}	۶۶/۵۹^{cde}	۱۵۳^{opq}
۱۵	۲/۸۵^{qrs}	۸۱/۷۵^{kl}	۴۱/۷۵^{n}	۶۸/۶۵^{c}	۱۵۴^{nop}
۱۶	۳/۰۲^{mnopqr}	۸۸/۵۰^{defghi}	۵۳/۲۵^{hij}	۴۴/۸۳^{mn}	۱۵۷l^{mn}
۱۷	۳/۹۰^{abc}	۹۲/۵۳^{abcdef}	۶۴/۲۵^{bc}	۷۳/۴۵^{a}	۱۵۴^{lmn}
۱۸	۲/۹۷^{mnopqr}	۶۷/۲۵^{rs}	۵۱/۵۰^{ijk}	۶۱/۱۲^{efg}	۱۵۸^{lm}
۱۹	۳/۳۷^{ghijklmno}	۷۱/۳۴^{opqr}	۴۶/۷۵^{lm}	۳۹/۱۹^{qr}	۱۵۸^{lm}
۲۰	۲/۸۵^{pqrs}	۶۵/۵۳^{s}	۴۶/۵۲^{klm}	۳۲/۵۶^{op}	۱۶۰^{kl}

دیم

ادامه ۴-۳- جدول مقایسه میانگین برای اثرات متقابل ژنوتیپ×شرایط در ایستگاه سیساب

شرایط	شماره ژنوتیپ-ها	روز تا رسیدگی	طول پدانکل (cm)	تعداد دانه در سنبله	سنبله در مترمربع	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری تکمیلی	۱	۱۹۷^{abcde}	۲۰/۲۵^{abcd}	۴۵^{bc}	۳۱۶^{o}	۳۹/۲۵^{defghi}	۱۶۸۱^{m}
	۲	۲۰۱^{abcd}	۱۸/۰۰^{defg}	۴۲^{cdef}	۴۳۶^{ef}	۳۹/۷۵^{defghi}	۲۰۲۵^{de}
	۳	۲۰۰^{abcde}	۱۹/۷۵^{abcd}	۴۵^{bc}	۲۶۴^{s}	۳۸/۵۰^{efghij}	۱۹۳۳^{fgh}
	۴	۲۰۱^{abcd}	۱۴/۰۰^{klmn}	۴۴^{bc}	۲۸۱^{r}	۳۹/۲۵^{defghi}	۲۰۴۱^{de}
	۵	۲۰۳^{abc}	۲۱/۲۵^{a}	۳۶^{hijkl}	۴۳۵^{efg}	۳۵/۵۰^{jklmno}	۱۸۱۴^{ijk}
	۶	۱۹۹^{abcde}	/۰۰ ۱۹^{abcde}	۴۵^{bc}	۳۶۵^{m}	۴۱/۲۵^{cdef}	۲۰۳۰^{de}
	۷	۲۰۲^{abcd}	۲۱/۲۵^{a}	۳۷^{hijkl}	۴۸۰^{bc}	۴۳/۵۰^{bc}	۲۱۵۸^{c}
	۸	۲۰۴^{abc}	۱۲/۷۵^{no}	۴۲^{cdef}	۴۹۰^{a}	۳۷/۰۰^{ijklmn}	۲۰۰۸^{ef}
	۹	۲۰۵^{ab}	۱۴/۰۰^{klmn}	۳۵^{ijkl}	۴۴۲^{e}	۳۷/۵۰^{hijklmn}	۱۶۵۵^{mno}
	۱۰	۲۰۱^{abcde}	۱۷/۰۰^{efghi}	۴۵^{bc}	۳۳۴^{n}	۴۱/۵۰^{cde}	۲۰۵۳^{de}
	۱۱	۲۰۷^{a}	۱۷/۷۵^{defg}	۴۴^{bcd}	۴۲۷^{gh}	۴۰/۵۰^{cdefgh}	۱۸۷۸^{ghij}
	۱۲	۱۹۵^{abcde}	۲۰/۲۵^{abcd}	۵۳^{a}	۴۸۸^{a}	۴۷/۲۵^{a}	۲۴۹۶^{b}
	۱۳	۲۰۳^{abc}	۱۸/۷۵^{bcde}	۳۶^{hijkl}	۴۷۴^{c}	۴۲/۲۵^{bcd}	۱۸۵۸^{hijk}
	۱۴	۲۰۱^{abcde}	۱۷/۲۵^{efgh}	۴۴^{bcd}	۴۵۰^{d}	۳۹/۷۵^{defghi}	۲۰۳۵^{de}
	۱۵	۲۰۱^{abcde}	۲۱/۰۰^{ab}	۳۶^{ijkl}	۴۵۲^{d}	۴۳/۵۰^{bc}	۲۱۰۳^{cd}
	۱۶	۲۰۲^{abcd}	۲۰/۰۰^{abcd}	۴۰^{efgh}	۴۵۲^{d}	۳۸/۲۵^{fghijk}	۱۷۸۸^{jkl}
	۱۷	۱۹۴^{abcde}	۲۰/۷۵^{abc}	۵۵^{a}	۴۸۵^{b}	۴۸/۵۱^{a}	۲۶۶۳^{a}
	۱۸	۲۰۲^{abcd}	۱۳/۵۰^{lmn}	۴۲^{cdef}	۴۷۶^{c}	۳۷/۷۵^{ghijkl}	۱۶۷۰^{mn}
	۱۹	۲۰۲^{abcd}	/۵۰ ۱۴^{jklmn}	۳۴^{l}	۳۱۴^{o}	۳۷/۵۱^{hijklm}	۱۷۷۹^{kl}
	۲۰	۲۰۴^{abc}	۱۳/۲۵^{mn}	۳۴k^{l}	۴۱۱^{i}	۳۶/۰۰^{jklmno}	۱۴۲۵^{r}

۱	۱۹۱ cdef	۱۸/۵۰ cde	۴۳ cde	۲۹۱ q	۴۰/۷۵ cdefg	۱۴۷۶ qr
۲	۱۹۳ bcdef	۱۸/۰۰ defg	۳۵ jkl	۴۳۹ e	۴۰/۰۰ defghi	۱۸۴۴h ijk
۳	۱۹۴ abcde	۱۸/۲۵ def	۴۱ defg	۲۳۵ u	۳۶/۰۰ jklmno	۱۷۲۳ lm
۴	۱۹۴ abcde	۱۲/۵۰ p	۳۹ fghi	۲۵۳ t	۳۵/۵۰ jklmno	۱۸۴۱ hijk
۵	۱۹۴ abcde	۱۸/۵۲ cde	۲۹ m	۴۰۸ ij	۳۵/۷۵ o	۱۵۸۴ nop
۶	۱۹۶ ef	/۰۰ fghijk ۱۶	۳۷ ghijk	۳۳۹ n	۳۷/۵۰ hijklm	۱۸۲۷ ijk
۷	۱۹۴ abcde	/۲۵ abcde ۱۹	۳۰ m	۴۵۷ d	۴۰/۷۵ cdefg	۱۹۶۵ efg
۸	۱۹۷ abcde	۱۱/۰۰ p	۳۶ ijkl	۴۷۲ p	۳۳/۵۰ o	۱۷۷۵ kl
۹	۱۹۷ abcde	۱۳/۰۰ op	۲۸ m	۴۱۳ i	۳۴/۰۰ no	۱۴۲۹ r
۱۰	۱۹۴ abcde	/۷۵ ijklmn ۱۴	۳۹ ghij	۳۰۵ p	۳۸/۰۰ ghijkl	۱۸۵۰ hijk
۱۱	۱۹۹ abcde	/۲۵ hijklmn ۱۵	۳۷ ghij	۳۹۸ k	۳۷/۰۰ ghijkl	۱۶۵۵ mno
۱۲	۱۸۵ bcdef	۱۸/۰۰ defg	۴۷ b	۴۷۹ ab	۴۴/۵۱ b	۲۴۱۸ b
۱۳	۱۹۷ abcde	/۷۵ ghijklm ۱۵	۳۱ m	۴۷۳ c	۳۹/۲۵ defghi	۱۶۴۰ mno
۱۴	۱۹۲ bcdef	/۷۵ ijklmn ۱۳	۳۷g hijk	۴۲۵ h	۳۴/۵۰ jklmno	۱۸۲۰ ijk
۱۵	۱۹۲ bcdef	۱۸/۲۵ def	۳۰ m	۴۲۹ fgh	۳۹/۷۵ defghi	۱۸۹۸ ghi
۱۶	۱۹۵ abcde	/۷۵ efghij ۱۶	۳۳ l	۴۲۳ h	۳۵/۲۵ klmno	۱۵۷۵ op
۱۷	۱۸۷ def	۱۸/۷۶ efgh	۴۸ b	۴۸۱ ab	۴۵/۲۱ ab	۲۵۸۵ a
۱۸	۱۹۵ abcde	۱۰/۲۵ p	۳۷ hijkl	۳۴۸ l	۳۴/۲۵ no	۱۴۵۵ r
۱۹	۱۹۷ abcde	۱۰/۷۵ p	۲۸ m	۲۸۶ r	۳۵/۰۰ lmno	۱۵۴۵ pq
۲۰	۱۹۴ abcde	۱۰/۱۲ p	۲۸ m	۲۸۱ r	۳۴/۲۳ mno	۱۲۱۴ s

دیم

۴-۱-۴- اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای اجزای عملکرد گندم

اثر متقابل مکان × شرایط برای صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ × مکان (جدول ۴-۴)، ژنوتیپ‌های مورد بررسی، در ایستگاه سیساب از لحاظ صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به ایستگاه شیروان مطلوبتر بودند. ژنوتیپ-های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۴۹۲ و ۴۸۸ عدد سنبله در مترمربع، ۴۸ و ۴۹ عدد دانه در سنبله، ۴۶ و ۴۴ گرم وزن هزار دانه و ۲۴۵۷ و ۲۶۲۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در ایستگاه سیساب نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند (جدول ۴-۴).

در ایستگاه تحقیقات شیروان نیز ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۴۸۴ و ۴۵۲ عدد سنبله در مترمربع، ۴۴ و ۴۵ عدد دانه در سنبله، ۴۴ و ۴۴ گرم وزن هزار دانه و ۲۲۷۱ و ۲۴۱۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بیشترین مقادیر را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند (جدول ۴-۴). روز بعد از کاشت (۱۲ آبان)، برای آزمایش غیر تنش در ایستگاه تحقیقات سیساب و در ایستگاه تحقیقات شیروان اولین آبیاری تکمیلی صورت گرفت، درحالی‌که برای آزمایش دیم هیچ گونه آبیاری صورت نگرفت. آبیاری تکمیلی نوبت دوم آزمایش بدون تنش در مرحله حساس زایشی (مرحله گلدهی) در دهه اول خرداد ماه ۹۵ (زمانی که بارندگی‌های موثر قطع شد) صورت گرفت. تنش رطوبتی آخر فصل در ایستگاه شیروان از ایستگاه سیساب بیشتر بود (جدول ۳-۱). افزایش مقدار بارندگی، بالا بودن رطوبت نسبی و خنک بودن هوا، در ایستگاه سیساب (جدول ۳-۱)، باعث بهبود یافتن صفات مختلف ژنوتیپ‌های گندم در این مکان شد. جین و همکاران(۲۰۱۸) اجزای موثر در کارایی مصرف آب گندم را تبخیر و تعرق واقعی و عملکرد دانه ذکر کردند. تبخیر و تعرق نیز خود تابع دمای محیط می باشد، بنابراین دمای کمتر محیط باعث کاهش تبخیر و تعرق شده و در چنین شرایطی اثر منفی کمبود آب برای گیاه کاهش می یابد. به هرحال رطوبت نسبی بالاتر و دمای کمتر محیط توانسته است سبب

کاهش تبخیر و تعرق گیاه شده و رشد و عملکرد ان را در شرایط سیساب نسبت به شیروان بهبود بخشد. زمانی که ریزش نزوالات آسمانی متوقف شده باشد و کمبود رطوبت در خاک رخ دهد، می‌توان با اعمال آبیاری تکمیلی مقداری آب در اختیار گیاه قرار داد تا امکان رشد بوته‌ها و در نتیجه افزایش دانه فراهم گردد. با این حال، لازم است آبیاری تکمیلی طوری برنامه‌ریزی شود که آب در زمان حداکثر نیاز (مرحله حساس) در اختیار گیاه قرار بگیرد که معمولا بهترین مرحله، مرحله زایشی است (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۱). اثر کمبود رطوبت بر واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان بسته به شدت، طول دوره تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است. سرعت رشد گیاهان زراعی در زمان تامین رطوبت بیشتر می‌شود که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد خاک می‌باشد. وقتی که میزان نور کافی باشد در مراحل اولیه سرعت رشد کند ولی با نمو گیاه و توسعه برگ سرعت رشد افزایش می‌یابد و بنیه گیاه قوی می‌شود (خرسندی و همکاران، ۱۳۹۲).

انتخاب بر اساس صفات وابسته به عملکرد دانه مانند اجزای عملکرد به دلیل راحت بودن اندازه‌گیری، روشی سریع و مطمئن برای گزینش جوامع گیاهی برای بهبود عملکرد دانه است (نواب‌پور و کاظمی، ۱۳۹۲). شناسایی اجزای عملکرد و رابطه آنها با عملکرد دانه می‌تواند در انتخاب واریته‌های پر محصول موثر واقع شود و شناخت صفات موثر بر تولید و عملکرد می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و مدیریت مزرعه کاربرد مهمی داشته باشد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۱).

زبرجدی و همکاران (۱۳۹۲) در آزمایشی به منظور بررسی عملکرد و برخی صفات زراعی در گندم اعلام کردند که صفاتی از قبیل عملکرد و اجزای عملکرد می‌توانند به عنوان شاخصی برای ارزیابی مقاومت به خشکی در گیاهان مورد استفاده قرار گیرند. تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از اجزای مهم عملکرد می‌باشند، ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ این سه شاخص برتر باشند قطعا از عملکرد دانه بالاتری برخوردار خواهند بود (حبیب اله خان و همکاران، ۲۰۱۰).

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ × مکان برای اجزای عملکرد گندم

مکان	شماره ژنوتیپ‌ها	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
	۱	۳۰۴^{w}	۴۴/۰۰^{c}	۴۰/۰۰^{abcdefghi}	۱۵۷۹^{t}
	۲	۴۳۷^{gh}	۳۹/۰۰^{fghij}	۳۹/۸۸^{abcdefghi}	۱۹۳۴^{h}
	۳	۲۵۰^{z}	۴۳/۲۵^{cd}	۳۷/۲۵^{cdefghij}	۱۸۲۸^{j}
	۴	۲۶۷^{z}	۴۲/۰۰^{cde}	۳۷/۳۸^{cdefghij}	۱۹۴۱^{gh}
	۵	۴۲۱^{kl}	۳۳/۱۳^{no}	۳۴/۶۳^{fghij}	۱۶۹۷^{o}
ایستگاه	۶	۳۵۲^{s}	۴۱/۵۰^{cdef}	۳۹/۳۸^{abcdefghij}	۱۹۲۸^{h}
سیساب	۷	۴۶۹^{de}	۳۳/۲۵^{no}	۴۳/۱۳^{abcde}	۲۰۶۱^{e}
	۸	۴۶۸^{de}	۳۹/۳۸^{efghi}	۳۵/۲۵^{efghij}	۱۸۹۱^{i}
	۹	۴۲۸^{ij}	۳۱/۶۳^{nop}	۳۵/۷۵^{efghij}	۱۵۴۲^{v}
	۱۰	۳۱۹^{u}	۴۲/۰۰^{cde}	۳۹/۷۵^{abcdefghij}	۱۹۵۱^{g}
	۱۱	۴۱۳^{mno}	۴۱/۰۰^{defg}	۳۹/۲۵^{abcdefghij}	۱۷۶۶^{k}
	۱۲	۴۹۲^{a}	۴۸/۰۰^{a}	۴۵/۸۸^{ab}	۲۴۵۷^{b}
	۱۳	۴۷۸^{bc}	۳۳/۳۸^{no}	۴۰/۷۵^{abcdefg}	۱۷۴۹^{lm}
	۱۴	۴۳۸^{gh}	۴۱/۰۰^{defg}	۳۷/۶۳^{cdefghij}	۱۹۲۸^{h}
	۱۵	۴۴۱^{g}	۳۲/۸۸^{no}	۴۱/۶۳a^{bcdefg}	۲۰۰۰^{f}
	۱۶	۴۳۸^{gh}	۳۶/۶۳^{jkl}	۳۶/۷۵^{defghij}	۱۶۸۱^{p}
	۱۷	۴۸۸^{ab}	۴۹/۲۴^{a}	۴۶/۲۵^{a}	۲۶۲۴^{a}
	۱۸	۴۶۳^{ef}	۳۹/۶۳^{efgh}	۳۶/۰۰^{efghij}	۱۵۶۳^{u}
	۱۹	۲۹۷^{x}	۳۰/۸۸^{op}	۳۶/۲۵^{efghij}	۱۶۶۲^{q}
	۲۰	۳۹۸^{p}	۳۱/۵۰^{nop}	۳۵/۲۵^{efghij}	۱۳۱۹^{z}

ایستگاه شیروان	۱	۲۹۷^{x}	۴۲/۵۰^{cd}	۳۹/۳۸^{abcdefgh}	۱۴۰۳^{y}
	۲	۴۳۴^{hi}	۳۵/۸۸^{lm}	۳۸/۷۵^{cdefghij}	۱۶۴۴^{r}
	۳	۲۴۳^{z}	۴۳/۷۵^{c}	۳۵/۰۰^{efghij}	۱۶۵۱^{qr}
	۴	۲۶۲^{z}	۳۹/۰۰^{fghij}	۳۴/۶۳^{fghij}	۱۷۲۱^{n}
	۵	۴۱۶^{lm}	۲۹/۵۰^{pq}	۳۲/۵۰^{j}	۱۵۳۵^{v}
	۶	۳۴۵^{t}	۳۸/۷۵^{ghijk}	۳۶/۶۳^{efghij}	۱۷۲۱^{n}
	۷	۴۶۳^{ef}	۳۰/۰۰^{pq}	۴۱/۰۰^{abcdefg}	۱۷۷۷^{k}
	۸	۴۶۷^{ef}	۳۶/۸۸^{ijkl}	۳۳/۲۵^{hij}	۱۷۰۱^{o}
	۹	۴۲۳^{ik}	۲۸/۲۵^{q}	۳۳/۳۸^{hij}	۱۳۶۸^{z}
	۱۰	۳۱۴^{v}	۳۸/۸۸^{fghijk}	۳۳۷/۳۸^{cdefghij}	۱۷۳۸^{m}
	۱۱	۴۰۷^{o}	۳۸/۰۰^{hijkl}	۳۷/۸۸^{cdefghij}	۱۶۰۳^{s}
	۱۲	۴۸۴^{ab}	۴۴/۲۵^{b}	۴۴/۲۱^{abc}	۲۲۷۱^{d}
	۱۳	۴۷۱^{cd}	۳۰/۰۰^{pq}	۳۹/۳۲^{bcdefghij}	۱۵۸۱^{t}
	۱۴	۴۳۳^{hi}	۳۸/۰۰^{hijkl}	۳۵/۳۸^{efghij}	۱۷۸۱^{n}
	۱۵	۴۳۶^{gh}	۲۹/۷۵^{pq}	۳۹/۳۸^{abcdefghij}	۱۷۶۳^{kl}
	۱۶	۴۳۳^{hi}	۳۴/۰۰^{mn}	۳۴/۲۵^{ghij}	۱۵۱۹^{w}
	۱۷	۴۵۲^{abc}	۴۵/۰۰^{ab}	۴۳/۸۸^{abcd}	۲۴۱۹^{c}
	۱۸	۴۴۷^{f}	۳۶/۲۵^{klm}	۳۳/۸۸^{ghij}	۱۳۹۷^{y}
	۱۹	۳۹۳^{pq}	۲۸/۰۰^{q}	۳۳/۴۳^{ghij}	۱۴۹۱^{x}
	۲۰	۲۹۰^{y}	۲۷/۲۳^{q}	۳۱/۰۰^{ij}	۱۱۶۴^{z}

۴-۱-۵- تجزیه مرکب برای شاخص‌های تحمل به خشکی

تجزیه مرکب برای شاخص‌های تحمل به خشکی در هر دو مکان برای تیمار بدون علف‌هرز صورت گرفت (جدول ۴-۵). بر اساس تجزیه واریانس مرکب صورت گرفته اثر مکان برای شاخص‌های SDI, RDI, YSI, YI, WRC, EC, SSI, STI, TOL, MP, GMP در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. این امر نشان دهنده این است که تاثیر مکان‌ها بر عملکرد ژنوتیپ‌ها متفاوت بوده است. همچنین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نیز از لحاظ عملکرد دانه و شاخص‌های SDI, RDI, YSI, YI, WRC, EC, SSI, STI, TOL, MP, GMP در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار بودند(جدول ۴-۵). این بدین معناست که ژنوتیپ-های مورد آزمایش از تنوع ژنتیکی کافی برخوردار بودند. وقتی که ژنوتیپ‌های مختلف دارای ساختار ژنتیکی متفاوتی باشند معمولا اثرات محیطی نیز روی صفات مختلف آنها متفاوت خواهد بود یا به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه در یک محیط تا حدودی از لحاظ برخی صفات با یکدیگر متفاوت خواهند بود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۴).

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در دو مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		میانگین هندسی عملکرد (GMP)	میانگین بهره-وری (MP)	شاخص تحمل (TOL)	شاخص تحمل به خشکی (STI)	شاخص حساسیت به خشکی (SSI)
مکان	۱	۱۵۷۲۵۱۸**	۱۵۳۱۵۴۸**	۱۱۸۱۰۲**	۱/۶۴**	۳/۹۸**
خطا	۶	۴۰۵۳	۴۰۶۳	۹۸۹	۰/۰۴	۰/۰۲
ژنوتیپ	۱۹	۶۸۳۰۹۶**	۶۸۰۰۲۰**	۲۱۶۵۴**	۰/۸۲**	۰/۵۲**
ژنوتیپ ×مکان	۱۹	۳۵۷۸*	۳۰۱۳*	۱۲۸۹۹**	۰/۰۱**	۰/۲۲**
خطای آزمایش	۱۱۴	۲۵۳۳	۲۵۵۹	۱۷۸۳	۰/۰۲	۰/۰۳
CV%		۷/۸۷	۹/۸۸	۱۸/۶۸	۶/۲۶	۱۶/۹۳

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

ادامه جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در دو مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد در شرایط تنش(Ys)	عملکرد در شرایط بدون تنش(Yp)	هدایت الکتریکی برگ (EC)	محتوی نسبی آب برگ (RWC)	شاخص عملکرد (YI)
مکان	۱	۱۹۸۷۳۷۶**	۱۱۳۶۵۳۲**	۱۹۳۲**	۱۷۴۲**	۰/۷۴**
خطا	۶	۳۹۸۷	۴۶۱۷	۵/۶۵	۳۵/۲۸	۰/۰۱
ژنوتیپ	۱۹	۷۳۴۴۱۳**	۶۳۶۳۱۶**	۱۴۶۴**	۷۰/۸۶**	۰/۲۷**
ژنوتیپ ×مکان	۱۹	۱۲۳۳۸**	۱۴۶^{ns}	۴/۲۷*	۰/۶۶*	۰/۰۰۵**
خطای آزمایش	۱۱۴	۲۴۲۹	۳۵۷۵	۸/۳۶	۴/۱۲	۰/۰۰۱
CV%		۱۵/۱۲	۱۳/۲۱	۱۳/۸۳	۹/۷۹	۱۳/۱۲

* و **به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

ادامه جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در دو مکان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص نسبی خشکی(RDI)	شاخص حساسیت به خشکی (SDI)
مکان	۱	۰/۰۶**	۰/۰۷**	۰/۰۶**
خطا	۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
ژنوتیپ	۱۹	۰/۰۰۸**	۰/۰۱**	۰/۰۸**
ژنوتیپ ×مکان	۱۹	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۱**
خطای آزمایش	۱۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱
CV%		۹/۴۱	۱۲/۴۱	۱۶/۹۴

* و **به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشند.

۴-۱-۶- مقایسه میانگین برای شاخص‌های تحمل به خشکی

بر اساس مقایسه میانگین مرکب صورت گرفته، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ به ترتیب با ۲۷۸۰ و ۲۶۰۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۲۲۶۳ و ۲۱۱۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط دیم، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند (جدول ۴-۶). اختلاف عملکرد این دو ژنوتیپ در شرایط آبیاری تکمیلی و در شرایط دیم در حداقل بود، این نتایج نشان دهنده این است که عملکرد این ژنوتیپ‌ها (با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی و ژنتیکی خاص، مانند زودرسی، پایداری غشاء سیتوپلاسمی ، محتوای آب نسبی برگ بالا و ... که در آزمایش بدست آمد)، کمتر تحت تاثیر محیط قرار گرفت و اگر هم تحت شرایط تنش قرار گرفته باشند چون متحمل به خشکی هستند افت عملکرد در آنها اندک است. ژنوتیپ ۲۰ با ۱۵۴۱ کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار در شرایط آبیاری تکمیلی و با ۸۳۹ کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار در شرایط دیم کمترین عملکرد دانه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۴-۶). در همین راستا، پژوهشگران گزارش کرده‌اند که عملکرد در شرایط تنش بدلیل وجود اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط نمی‌تواند ملاک مناسب و دقیقی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشد و همواره هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی ارقامی بوده است که بطور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها، تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط محیطی یکسان افت عملکرد کمتری نشان دهند (اهدایی، ۲۰۰۸).

ارزیابی ارقام بر اساس شاخص پایداری عملکرد (YSI) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ در گروه ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های ۷ ، ۲۰ و ۲ در گروه ژنوتیپ‌های حساس به خشکی قرار گرفتند (جدول ۴-۶). شاخص YSI در شرایط تنش با عملکرد رابطه مثبت و در شرایط بدون تنش با عملکرد رابطه معکوس دارد (بوسلاما و اسچاپاگ، ۱۹۸۴). شاخص YSI، عملکرد در شرایط تنش یک رقم را وابسته به عملکرد غیر تنش آن بررسی می‌کند، بنابراین ارقامی با YSI بالاتر انتظار می‌رود که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی داشته باشند. در مطالعه سی و سه مرده

و همکاران (۲۰۰۶)، ارقامی که YSI بالاتری داشتند حداقل عملکرد را در شرایط غیر تنش و بیشترین عملکرد را در شرایط تنش نشان دادند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین، ژنوتیپ ۱۷ و ۱۲ کمترین مقدار شاخص حساسیت به خشکی (SSI) و ژنوتیپ‌های ۲ ، ۲۰ و ۷ بیشترین مقادیر SSI را داشتند و حساس به خشکی بودند (جدول ۴-۶). بر اساس این شاخص، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از تحمل به خشکی بالاتری برخوردار بودند.

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به خشکی ۲۰ ژنوتیپ گندم

شماره ژنوتیپ‌ها	هدایت الکتریکی برگ (EC)	محتوی نسبی آب برگ (RWC)	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص نسبی خشکی (RDI)	شاخص حساسیت به خشکی (SDI)	میانگین هندسی عملکرد (GMP)
۱	۱۱۷/۴^{bc}	۴۹/۷۵^{e}	۰/۸۳۹۰^{i}	۰/۸۶۰۱^{kl}	۰/۹۷۷۴^{bc}	۰/۱۳۹۹^{cd}	۱۴۸۶^{k}
۲	۹۸/۳۸^{fg}	۵۰/۱۱^{e}	۰/۹۹۱۹^{f}	۰/۸۳۴۹^{n}	۰/۹۴۸۸^{c}	۰/۱۶۵۱^{a}	۱۷۸۰^{fg}
۳	۹۵/۷۵^{g}	۵۴/۶۳^{bc}	۰/۹۹۲۶^{f}	۰/۸۸۳۷^{c}	۱/۰۰۴^{b}	۰/۱۱۶۳^{l}	۱۷۳۶^{g}
۴	۱۱۷/۶^{b}	۵۶/۳۸^{b}	۱/۰۳۶^{de}	۰/۸۶۷۸^{hi}	۰/۹۸۶۱^{b}	۰/۱۳۲۲^{fg}	۱۸۲۶^{def}
۵	۱۱۸/۶^{b}	۵۲/۵۱^{cd}	۰/۹۱۰۹^{h}	۰/۸۶۳۲^{jk}	۰/۹۸۰۹^{bc}	۰/۱۳۶۸^{de}	۱۶۱۲^{ij}
۶	۹۷/۳۸^{g}	۵۳/۱۳^{cd}	۱/۰۳۹^{de}	۰/۸۷۹۲^{d}	۰/۹۹۹۱^{b}	۰/۱۲۰۸^{k}	۱۸۲۱^{ef}
۷	۹۶/۷۵^{g}	۵۳/۲۵^{cd}	۱/۰۷۶^{c}	۰/۸۵۲۸^{m}	۰/۹۶۹۱^{bc}	۰/۱۴۷۲^{b}	۱۹۱۲^{c}
۸	۸۷/۵۱^{hij}	۵۲/۱۳^{d}	۱/۰۱۸^{ef}	۰/۸۷۲۲^{fg}	۰/۹۹۱۱^{b}	۰/۱۲۷۸^{hi}	۱۷۹۲^{ef}
۹	۸۵/۸۸^{ijk}	۵۳/۷۵^{cd}	۰/۸۱۸۵^{i}	۰/۸۶۰۵^{kl}	۰/۹۷۷۸^{bc}	۰/۱۳۹۵^{cd}	۱۴۵۱^{k}
۱۰	۱۰۰/۶^{f}	۴۸/۵۱^{e}	۱/۰۴۹^{cde}	۰/۸۷۶۶^{de}	۰/۹۹۶۲^{b}	۰/۱۲۳۴^{jk}	۱۸۴۰^{de}
۱۱	۸۹/۲۵^{h}	۵۳/۷۵^{cd}	۰/۹۵۶۵^{g}	۰/۸۷۴۴^{ef}	۰/۹۹۳۶^{b}	۰/۱۲۵۶^{ij}	۱۶۸۲^{h}
۱۲	۸۵/۱۳^{jk}	۵۸/۸۸^{a}	۱/۴۱۱^{b}	۰/۹۶۳۰^{a}	۱/۰۹۴^{a}	۰/۰۳۶۹^{n}	۲۳۶۳^{b}
۱۳	۸۸/۷۵^{hi}	۵۴/۱۳^{cd}	۰/۹۴۷۴^{g}	۰/۸۷۸۵^{d}	۰/۹۹۸۳^{b}	۰/۱۲۱۵^{k}	۱۶۶۱^{hi}
۱۴	۹۸/۷۵^{fg}	۵۲/۶۳^{cd}	۱/۰۳۳^{de}	۰/۸۷۰۸^{gh}	۰/۹۸۸۳^{b}	۰/۱۲۹۲^{gh}	۱۸۱۸^{ef}
۱۵	۱۱۳/۴^{d}	۴۸/۸۸^{e}	۱/۰۵۸^{cd}	۰/۸۵۸۲^{l}	۰/۹۷۵۱^{bc}	۰/۱۴۱۸^{c}	۱۸۷۵^{cd}
۱۶	۱۰۷/۳^{e}	۵۳/۲۵^{cd}	۰/۹۰۹۷^{h}	۰/۸۷۳۸e^{fg}	۰/۹۹۳۰^{b}	۰/۱۲۶۲^{hij}	۱۵۹۶^{j}
۱۷	۸۳/۸۸^{k}	۵۹/۱۳^{a}	۱/۴۹۸^{a}	۰/۹۵۴۴^{b}	۱/۰۸۵^{a}	۰/۰۴۵۶^{m}	۲۵۲۱^{a}
۱۸	۱۱۶/۵^{bc}	۵۲/۶۳^{cd}	۰/۸۳۴۹^{i}	۰/۸۶۴۸^{ij}	۰/۹۸۲۸^{bc}	۰/۱۳۵۲^{ef}	۱۴۷۶^{k}
۱۹	۱۲۷/۸^{a}	۵۲/۳۸^{cd}	۰/۸۸۹۶^{h}	۰/۸۶۵۵^{ij}	۰/۹۸۳۵^{bc}	۰/۱۳۴۵^{ef}	۱۵۷۲^{j}
۲۰	۱۱۴/۵^{cd}	۴۸/۳۸^{e}	۰/۶۹۴۹^{j}	۰/۸۵۲۳^{m}	۰/۹۶۸۵^{bc}	۰/۱۴۷۷^{b}	۱۲۳۸^{l}

ادامه جدول ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی ۲۰ ژنوتیپ گندم

شماره ژنوتیپ‌ها	میانگین بهره‌وری (MP)	شاخص تحمل (TOL)	شاخص تحمل به خشکی (STI)	شاخص حساسیت به خشکی (SSI)	عملکرد در شرایط تنش (Ys)	عملکرد در شرایط بدون تنش(Yp)
۱	۱۴۹۱^{j}	۶۲۳^{de}	۰/۶۳۵۰^{k}	۱/۱۶۲۰^{bc}	۱۱۷۹^{i}	۱۸۰۳^{j}
۲	۱۷۸۹^{e}	۷۱۶^{a}	۰/۹۱۴۰^{ef}	۱/۳۷۱۰^{a}	۱۴۳۱^{f}	۲۱۴۸^{e}
۳	۱۷۳۹^{f}	۶۱۴d^{e}	۰/۸۶۴۹^{fg}	۰/۹۶۶۳^{c}	۱۴۳۲^{f}	۲۰۴۶^{f}
۴	۱۸۳۱^{de}	۶۵۶^{bcd}	۰/۹۵۹۱^{de}	۱/۰۹۸۰^{bc}	۱۵۰۳^{de}	۲۱۵۹^{e}
۵	۱۶۱۶^{hi}	۶۳۶^{de}	۰/۷۴۶۰^{ij}	۱/۱۳۷۰^{bc}	۱۲۹۸^{h}	۱۹۳۴^{hi}
۶	۱۸۲۵^{e}	۶۳۲^{de}	۰/۹۵۲۸^{e}	۱/۰۰۳۰^{c}	۱۵۰۸^{de}	۲۱۴۱^{c}
۷	۱۹۱۹^{c}	۶۹۹^{ab}	۱/۰۵۳۰^{c}	۱/۲۲۳۰^{ab}	۱۵۶۹^{c}	۲۲۶۹^{c}
۸	۱۷۹۶^{e}	۶۴۵^{cde}	۰/۹۲۲۱^{e}	۱/۰۶۲۰^{bc}	۱۴۷۴^{ef}	۲۱۱۹^{e}
۹	۱۴۵۵^{j}	۶۱۸^{de}	۰/۶۰۴۹^{k}	۱/۱۵۸۹^{bc}	۱۱۴۶^{i}	۱۷۶۴^{j}
۱۰	۱۸۴۵^{de}	۶۴۰^{cde}	۰/۹۷۳۴^{de}	۱/۰۲۵۰^{bc}	۱۵۲۴^{cde}	۲۱۶۵^{de}
۱۱	۱۶۸۵^{g}	۶۲۵^{de}	۰/۸۱۸۳^{gh}	۱/۰۳۸۰^{bc}	۱۳۷۳^{g}	۱۹۹۸^{fg}
۱۲	۲۳۶۴^{b}	۴۸۸^{f}	۱/۶۰۴۰^{b}	۰/۳۰۷۱^{d}	۲۱۱۹^{b}	۲۶۰۸^{b}
۱۳	۱۶۶۵^{gh}	۶۱۵^{de}	۰/۷۹۲۴^{hi}	۱/۰۰۹۰^{c}	۱۳۵۸^{g}	۱۹۷۳^{gh}
۱۴	۱۸۲۳^{e}	۶۵۰^{cd}	۰/۹۴۹۶^{e}	۱/۰۷۳۰^{bc}	۱۴۹۸^{de}	۲۱۴۸^{e}
۱۵	۱۸۸۲^{cd}	۶۸۴^{abc}	۱/۰۱۲۰^{cd}	۱/۱۷۸۰^{bc}	۱۵۳۹^{cd}	۲۲۲۴^{cd}
۱۶	۱۶۰۰^{i}	۶۱۵^{de}	۰/۷۳۱۵^{j}	۱/۰۴۸۰^{bc}	۱۲۹۳^{h}	۱۹۰۸^{i}
۱۷	۲۵۲۲^{a}	۵۱۷^{f}	۱/۸۲۳۰^{a}	۰/۳۷۸۵^{d}	۲۲۶۳^{a}	۲۷۸۰^{a}
۱۸	۱۴۸۰^{j}	۶۱۴^{de}	۰/۶۲۶۲^{k}	۱/۱۲۲۰^{bc}	۱۱۷۳^{i}	۱۷۸۷^{j}
۱۹	۱۵۷۷^{i}	۶۲۸^{de}	۰/۷۱۰۵^{j}	۱/۱۱۷۰^{bc}	۱۲۶۳^{h}	۱۸۹۱^{i}
۲۰	۱۲۴۲^{k}	۷۰۲^{e}	۰/۴۴۰۳^{l}	۱/۲۲۷۰^{ab}	۸۳۹^{j}	۱۵۴۱^{k}

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب ، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای تمام شاخص‌های تحمل به خشکی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۵). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان ×

ژنوتیپ (جدول ۴-۷)، ژنوتیپ ۱۲ و ۱۷ از لحاظ شاخص‌های STI ,GPM, RWC در هر دو مکان سیساب و شیروان نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. این ژنوتیپ‌ها در هر دو مکان دارای عملکرد بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد آزمایش بودند ولی میزان عملکرد دانه آنها در ایستگاه سیساب بیشتر از ایستگاه شیروان بود (جدول ۴-۷). دلیل این افزایش عملکرد به خاطر بارش‌های بیشتر، رطوبت بالا و خنک بودن هوا در ایستگاه سیساب نسبت به ایستگاه شیروان بود (جدول ۳-۱). روز بعد از کاشت (۱۲ آبان)، آزمایش غیر دیم در ایستگاه تحقیقات سیساب و در ایستگاه تحقیقات شیروان آبیاری شد. چهار روز بعد از کاشت (۱۵ آبانماه)، در ایستگاه سیساب ۲۵ میلیمتر و در ایستگاه شیروان ۲۰ میلیمتر بارندگی اتفاق افتاد. حدود سه هفته بعد (۵ آذر ماه)، هر دو آزمایش (آبیاری تکمیلی و دیم) در هر دو ایستگاه (سیساب و شیروان) به طور کامل سبز شدند. بنابراین به خاطر این که این آزمایش در هر دو مکان (ایستگاه سیساب و شیروان) در زمان‌های حساس (زمان گلدهی و پر شدن دانه)، آبیاری شد و آزمایش غیر دیم در هر دو مکان با کمبود رطوبت مواجه نشد، لذا عملکرد ژنوتیپ‌ها در آبیاری تکمیلی در دو مکان اختلاف معنی‌داری نداشتند، درحالیکه در شرایط دیم بین دو مکان تفاوت معنی دار در عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۴-۵). به عبارت دیگر عملکرد دیم یک مکان با عملکرد دیم مکان دیگر متفاوت بود. در همین راستا جین و همکاران(۲۰۱۸)، گزارش کردند که اختلاف اندکی در کارایی مصرف آب گندم در شرایط آبی و دیم بدون تنش وجود داشت و با افزایش شدت تنش در شرایط دیم، کارایی مصرف آب گندم نسبت به کاشت آبی آن افزایش پیدا کرد. در شرایط تنش خشکی که وراثت پذیری صفت عملکرد به دلیل اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط به میزان زیادی کاهش می‌یابد، دستیابی به ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط محدودیت آب (تنش) و کم آبیاری تحمل بیشتری به تنش خشکی آخر فصل داشته باشند و کاهش عملکرد در آنها کمتر باشد، کمک شایانی به افزایش تولید در واحد سطح خواهد کرد (اهدایی، ۲۰۰۸).

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان × ژنوتیپ برای شاخص های تحمل به خشکی در گندم

مکان	شماره ژنوتیپ‌ها	هدایت الکتریکی برگ (EC)	محتوی نسبی آب برگ (RWC)	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص نسبی خشکی(RDI)	شاخص حساسیت به خشکی (SDI)	میانگین هندسی عملکرد (GMP)
	۱	۱۱۴^{fgh}	۵۲/۷۵^{fghij}	۰/۸۹۸۰^{no}	۰/۸۷۸۱^{hi}	۰/۹۹۷۹^{cdefgh}	۰/۱۲۱۹^{pq}	۱۵۷۵^{opqr}
	۲	۹۵^{l}	۵۲/۷۵^{fghij}	۱/۱۲۲۰^{fg}	۰/۹۱۱۰^{d}	۱/۰۳۵۰^{bc}	۰/۰۸۹۰^{u}	۱۹۳۲^{ef}
	۳	۹۰^{mnop}	۵۷/۷۵^{cd}	۱/۰۴۸۰^{hi}	۰/۸۹۱۴^{f}	۱/۰۱۳۲^{cdef}	۰/۱۰۸۶^{s}	۱۸۳۲^{gh}
	۴	۱۱۴^{fg}	۵۹/۵۰^{bc}	۱/۱۲۱۱^{fg}	۰/۹۰۱۸^{e}	۱/۰۲۵۰^{bcd}	۰/۰۹۸۱^{t}	۱۹۳۹^{ef}
	۵	۱۱۶^{efg}	۵۶/۰۰^{def}	۰/۹۶۱۱^{jkl}	۰/۸۷۱۳^{jk}	۰/۹۹۰۱^{cdefgh}	۰/۱۲۸۶^{mno}	۱۶۹۳^{ijklm}
	۶	۹۴^{lmn}	۵۶/۵۰^{cde}	۱/۱۱۱۲^{fg}	۰/۸۹۹۸^{e}	۱/۰۲۳۱^{bcde}	۰/۱۰۰۲^{t}	۱۹۲۶^{ef}
	۷	۹۳^{lmno}	۵۶/۷۵^{cd}	۱/۱۹۵۰^{e}	۰/۹۱۰۸^{d}	۱/۰۳۵۴^{bc}	۰/۰۸۹۲^{u}	۲۰۵۹^{d}
ایستگاه	۸	۸۵^{qrs}	۵۵/۷۵^{defg}	۱/۰۸۰۰^{gh}	۰/۸۸۴۳^{g}	۱/۰۰۵۱^{cdefg}	۰/۱۱۵۷^{r}	۱۸۸۷^{fg}
سیساب	۹	۸۳^{rs}	۵۷/۲۵^{cd}	۰/۸۶۹۱^{op}	۰/۸۶۳۴^{lm}	۰/۹۸۱۲^{cdefgh}	۰/۱۳۶۶^{jkl}	۱۵۳۸^{qrs}
	۱۰	۹۵^{l}	۵۲/۲۵^{hijkl}	۱/۱۲۵۰^{fg}	۰/۹۰۱۳^{e}	۱/۰۲۴۳^{bcd}	۰/۰۹۸۷^{t}	۱۹۴۹^{ef}
	۱۱	۸۵^{qrs}	۵۷/۲۵^{cd}	۱/۰۰۷۰^{ij}	۰/۸۸۱۵^{gh}	۱/۱۰۰۱^{cdefgh}	۰/۱۱۸۵^{qr}	۱۷۶۳^{hi}
	۱۲	۸۱^{s}	۶۲/۰۰^{ab}	۱/۴۷۰۱^{b}	۰/۹۶۸۵^{a}	۱/۱۹۷۱^{a}	۰/۰۳۱۵^{x}	۲۴۵۷^{b}
	۱۳	۸۵^{qrs}	۵۷/۵۰^{cd}	۰/۹۹۷۶^{jk}	۰/۸۸۲۹^{gh}	۱/۰۰۳۰^{cdefg}	۰/۰۱۷۱^{r}	۱۷۴۵^{ij}
	۱۴	۹۵^{lm}	۵۶/۰۰^{def}	۱/۱۰۷۰^{fg}	۰/۸۹۴۳^{f}	/۰۱۶۰^{bcdefgh} ۱	۰/۱۰۵۷^{jkl}	۱۹۲۵^{ef}
	۱۵	۱۰۹^{hi}	۵۲/۵۰^{ghijk}	۱/۱۵۴۰^{ef}	۰/۹۰۲۵^{e}	۱/۰۲۶۰^{bcd}	۰/۰۹۷۰^{t}	۱۹۹۷^{de}
	۱۶	۱۰۳^{jk}	۵۶/۵۰^{cde}	۰/۹۵۸۰^{jkl}	۰/۸۸۱۲^{gh}	۱/۰۰۱۰^{cdefgh}	۰/۱۱۸۹^{qp}	۱۶۷۸^{jklmn}
	۱۷	۸۱^{s}	۶۴/۵۰^{a}	۱/۵۷۲۱^{a}	۰/۹۷۱۰^{a}	۱/۱۷۶۲^{a}	۰/۰۲۹۰^{x}	۲۶۲۴^{a}
	۱۸	۱۱۳^{fgh}	۵۵/۷۵^{defg}	۰/۸۸۵۰^{op}	۰/۸۷۱۳^{jk}	۰/۹۹۰۱^{cdefgh}	۰/۱۲۸۷^{no}	۱۵۵۹^{pqrs}
	۱۹	۱۲۴^{b}	۵۵/۰۰^{defgh}	۰/۹۳۸۳^{lmn}	۰/۸۶۹۲^{k}	۰/۹۸۷۷^{cdefgh}	۰/۱۳۰۸^{mn}	۱۶۵۸^{klmn}

	۲۰	۱۱۳^{gh}	۵۱/۷۵^{ijklm}	۰/۷۳۷۵^{q}	۰/۸۵۰۷^{pq}	۰/۹۶۶۷^{fghi}	۰/۱۴۹۳^{fg}	۱۳۱۴^{u}
ایستگاه شیروان	۱	۱۲۲^{bcd}	۴۶/۷۵^{op}	۰/۷۸۰۱^{q}	۰/۸۴۲۱^{r}	۰/۹۵۶۹^{ghi}	۰/۱۵۷۹^{e}	۱۳۹۸^{t}
	۲	۱۰۱^{k}	۴۷/۲۵^{nop}	۰/۸۶۲۲^{op}	۰/۷۵۸۹^{v}	۰/۸۶۲۴^{k}	۰/۲۴۱۱^{a}	۱۶۲۸^{mnop}
	۳	۱۰۲^{k}	۵۱/۵۰^{ijklm}	۰/۹۳۷۵^{lmn}	۰/۸۷۵۹^{ij}	۰/۹۹۵۴^{cdefgh}	۰/۱۲۴۰^{op}	۱۶۴۷^{lmno}
	۴	۱۲۱^{bcd}	۵۳/۲۵^{efghi}	۰/۹۵۱۲^{klm}	۰/۸۳۳۸^{s}	۰/۹۴۷۴^{hij}	۰/۱۶۶۳^{d}	۱۷۱۳^{ijkl}
	۵	۱۲۲^{bc}	۴۹/۰۰^{lmno}	۰/۸۶۰۳^{op}	۰/۸۵۵۰^{op}	۰/۹۷۱۲^{defghi}	۰/۱۴۵۰^{gh}	۱۵۳۰^{qps}
	۶	۱۰۱^{k}	۴۹/۷۵^{lmno}	۰/۹۶۷۱^{jkl}	۰/۸۵۸۶^{mno}	۰/۹۷۵۷^{defghi}	۰/۱۴۱۶^{hij}	۱۷۱۶^{ijkl}
	۷	۱۰۱^{k}	۴۹/۲۵^{jklmno}	۰/۹۵۷۲^{jkl}	۰/۷۹۴۸^{u}	۰/۹۰۳۲^{jk}	۰/۲۰۵۲^{b}	۱۷۶۵^{hi}
	۸	۸۹^{nopq}	۴۸/۵۰^{mno}	۰/۹۵۶۵^{jkl}	۰/۸۶۰۱^{mn}	۰/۹۷۷۳^{defghi}	۰/۱۴۰۰^{ij}	۱۶۹۸^{ijklm}
	۹	۸۸^{opq}	۵۰/۲۵^{ijklmn}	۰/۷۶۸۰^{q}	۰/۸۵۷۵^{no}	۰/۹۷۴۴^{defghi}	۰/۱۴۲۵^{hi}	۱۳۶۳^{tu}
	۱۰	۱۰۶^{ij}	۴۴/۷۵^{p}	۰/۹۷۲۵^{jkl}	۰/۸۵۲۰^{pq}	۰/۹۶۸۲^{efghi}	۰/۱۴۸۰^{fg}	۱۷۳۲^{ijk}
	۱۱	۹۳^{opq}	۵۰/۲۵^{ijklmn}	۰/۹۰۶۳^{mno}	۰/۸۶۷۳^{kl}	۰/۹۸۵۵^{cdefgh}	۰/۱۳۲۷^{lmn}	۱۶۰۰^{nopq}
	۱۲	۸۸^{ij}	۵۶/۷۵^{defg}	۱/۳۵۱۲^{d}	۰/۹۵۷۶^{b}	۱/۰۸۸۰^{a}	۰/۰۴۲۰^{w}	۲۲۷۰^{c}
	۱۳	۹۲^{lmno}	۵۰/۷۵^{ijklm}	۰/۸۹۷۲^{no}	۰/۸۷۴۱^{ij}	۰/۹۹۳۳^{cdefgh}	۰/۱۲۵۹^{op}	۱۵۷۸^{opqr}
	۱۴	۱۰۲^{jk}	۴۹/۲۵^{klmno}	۰/۹۵۸۱^{jkl}	۰/۸۴۷۴^{q}	۰/۹۶۲۶^{fghi}	۰/۱۵۲۶^{f}	۱۵۱۳^{ijkl}
	۱۵	۱۱۷^{def}	۴۵/۲۵^{p}	۰/۹۶۱۸^{jkl}	۰/۸۱۳۲^{t}	۰/۹۲۴۶^{ij}	۰/۱۸۶۳^{c}	۱۷۵۴^{hij}
	۱۶	۱۱۲^{gh}	۵۰/۰۰^{ijklmno}	۰/۸۵۷۷^{op}	۰/۸۶۶۵^{kl}	۰/۹۸۴۷^{cdefgh}	۰/۱۳۳۵^{klm}	۱۵۱۷^{rs}
	۱۷	۸۶^{pqr}	۵۷/۷۵^{defg}	۱/۴۲۳۰^{c}	۰/۹۳۷۸^{c}	۱/۱۳۲۴^{ab}	۰/۰۶۲۱^{v}	۲۴۱۸^{b}
	۱۸	۱۱۹^{cde}	۴۹/۵۰^{jklmno}	۰/۷۸۴۷^{q}	۰/۸۵۸۵^{no}	۰/۹۷۹۳^{defgh}	۰/۱۴۱۶^{hi}	۱۳۹۳^{t}
	۱۹	۱۱۷^{cdef}	۴۸/۷۵^{jklmno}	۰/۸۳۹۴^{p}	۰/۸۶۱۹^{mn}	۰/۹۱۰۴^{defghi}	۰/۱۳۸۲^{ijk}	۱۴۸۷^{s}
	۲۰	۱۳۱^{a}	۴۵/۰۰^{p}	۰/۶۵۲۴^{r}	۰/۸۳۴۱O^{p}	۰/۹۰۱۴^{defghij}	۰/۱۵۶۱^{gh}	۱۱۶۱^{v}

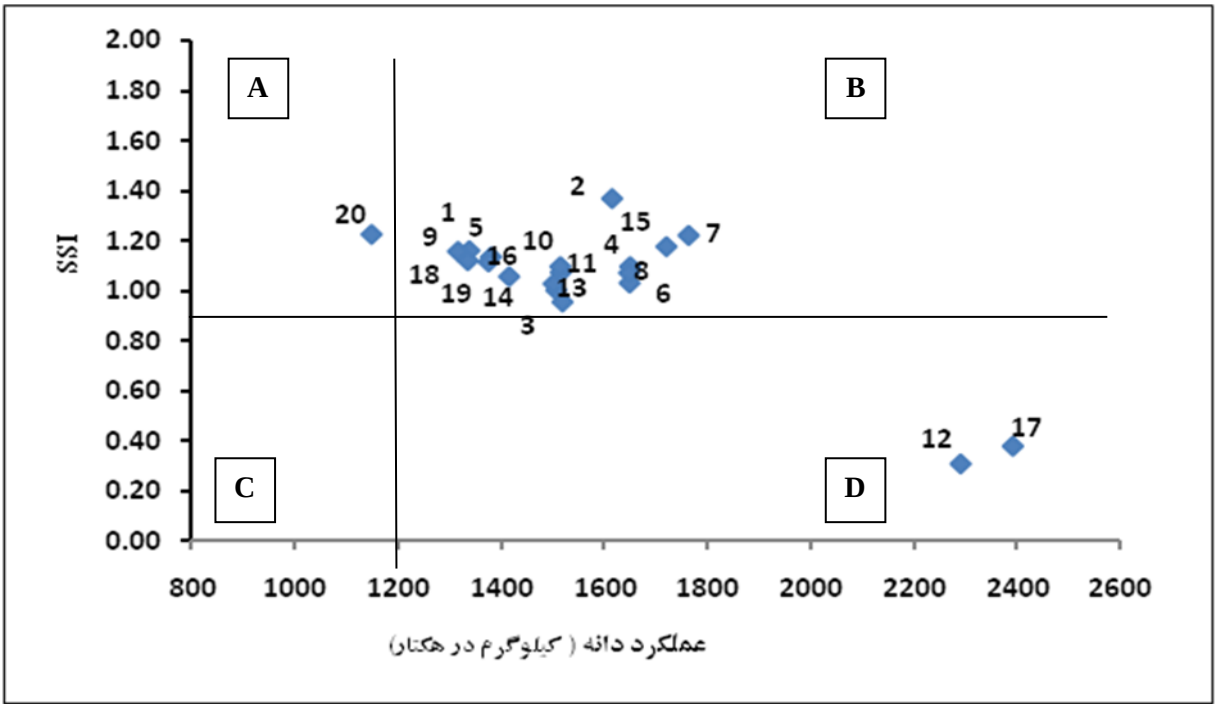
ادامه جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان × ژنوتیپ برای شاخص های متحمل به خشکی در گندم

مکان	شماره ژنوتیپ‌ها	میانگین بهره-وری (MP)	شاخص تحمل (TOL)	شاخص تحمل به خشکی (STI)	شاخص حساسیت به خشکی (SSI)	عملکرد در شرایط تنش (Ys)	عملکرد در شرایط بدون تنش(Yp)
ایستگاه سیساب	۱	۱۵۷۹^{nop}	۲۰۵^{fghij}	۰/۷۱۰۵^{opqrs}	۱/۰۱۲۰^{efghijk}	۱۴۷۶^{no}	۱۶۸۱^{mno}
	۲	۱۹۳۵^{ef}	۱۸۱^{ij}	۱/۰۶۹^{ef}	۰/۷۳۹۴^{kl}	۱۸۴۴^{fg}	۲۰۲۵^{efgh}
	۳	۱۸۲۸^{gh}	۲۱۰^{fghij}	۰/۹۵۳۲^{gh}	۰/۹۰۲۲^{hijk}	۱۷۲۳^{hi}	۱۹۳۳^{hi}
	۴	۱۹۴۱^{ef}	۲۰۱^{ghij}	۱/۰۷۷۰^{ef}	۰/۸۱۵۶^{jk}	۱۸۴۱^{fg}	۲۰۴۱^{efg}
	۵	۱۶۹۷^{ijkl}	۲۳۳^{efghi}	۰/۸۲۱۱^{ijklm}	۱/۰۶۹۰^{efghij}	۱۵۸۰^{jkl}	۱۸۱۴^{jk}
	۶	۱۹۲۹^{ef}	۲۰۳^{ghij}	۱/۰۶۲۳^{ef}	۰/۸۳۲۲^{jk}	۱۸۲۷^{fg}	۲۰۳۰^{efg}
	۷	۲۰۶۱^{d}	۱۹۲^{ghij}	۱/۲۱۴۲^{d}	۰/۷۴۱۲^{kl}	۱۹۹۵^{e}	۲۱۵۸^{d}
	۸	۱۸۹۱^{fg}	۲۳۲e^{fghi}	۱/۰۲۰۰^{fg}	۰/۹۶۰۸^{ghijk}	۱۷۷۵^{gh}	۲۰۸۸^{efgh}
	۹	۱۵۴۲^{opq}	۲۲۶e^{fghij}	۰/۶۷۷۳^{qrs}	۱/۱۳۴۵^{defghi}	۱۴۲۹^{op}	۱۶۵۵^{no}
	۱۰	۱۹۵۱^{ef}	۲۰۲^{ghij}	۱/۹۸۷۰^{ef}	۰/۸۲۰۰^{jk}	۱۸۵۰^{fg}	۲۰۵۳^{ef}
	۱۱	۱۷۶۶^{hi}	۲۲۲e^{fghij}	۰/۹۰۳۰^{hi}	۰/۹۷۴۴^{fghijk}	۱۶۵۵^{ij}	۱۸۷۸^{ij}
	۱۲	۲۴۵۷^{b}	۷۸^{l}	۱/۷۳۰۰^{b}	۰/۲۶۲۱^{mn}	۲۴۱۸^{b}	۲۴۹۶^{b}
	۱۳	۱۷۴۹^{ij}	۲۱۷^{efghij}	۰/۸۷۲۲^{hijk}	۰/۹۷۲۸^{fghijk}	۱۶۴۰^{jk}	۱۸۵۸^{ij}
	۱۴	۱۹۲۸^{ef}	۲۱۵e^{fghij}	۱/۰۶۱۰^{ef}	۰/۸۷۷۶^{ijk}	۱۸۲۰^{fg}	۲۰۳۵^{efg}
	۱۵	۲۰۰۰^{de}	۲۰۵^{fghij}	۱/۱۴۴۳^{de}	۰/۸۰۸۸^{jk}	۱۸۹۸^{ef}	۲۱۰۳^{de}
	۱۶	۱۶۸۱^{jklm}	۲۱۲^{efghij}	۰/۸۰۶۱^{jklmn}	۰/۹۸۷۱^{fghijk}	۱۵۷۵^{jkl}	۱۷۸۸^{jkl}
	۱۷	۲۶۲۴^{a}	۷۶^{l}	۱/۹۷۲۱^{a}	۰/۲۴۰۹^{n}	۲۵۸۵^{a}	۲۶۶۳^{a}
	۱۸	۱۵۶۳^{opq}	۲۱۵^{efghij}	۰/۶۹۶۲^{pqrs}	۱/۰۶۹۷^{efghij}	۱۴۵۵^{op}	۱۶۷۰^{mno}
	۱۹	۱۶۶۲^{klm}	۲۳۳^{efghi}	۰/۷۸۷۳^{klmno}	۱/۰۸۷۶^{defghij}	۱۵۴۵^{lmn}	۱۷۷۹^{jkl}
	۲۰	۱۳۱۹^{s}	۲۱۲^{efghij}	۰/۴۹۴۷^{u}	۱/۲۴۰۱^{defg}	۱۲۱۳^{r}	۱۴۲۵^{r}

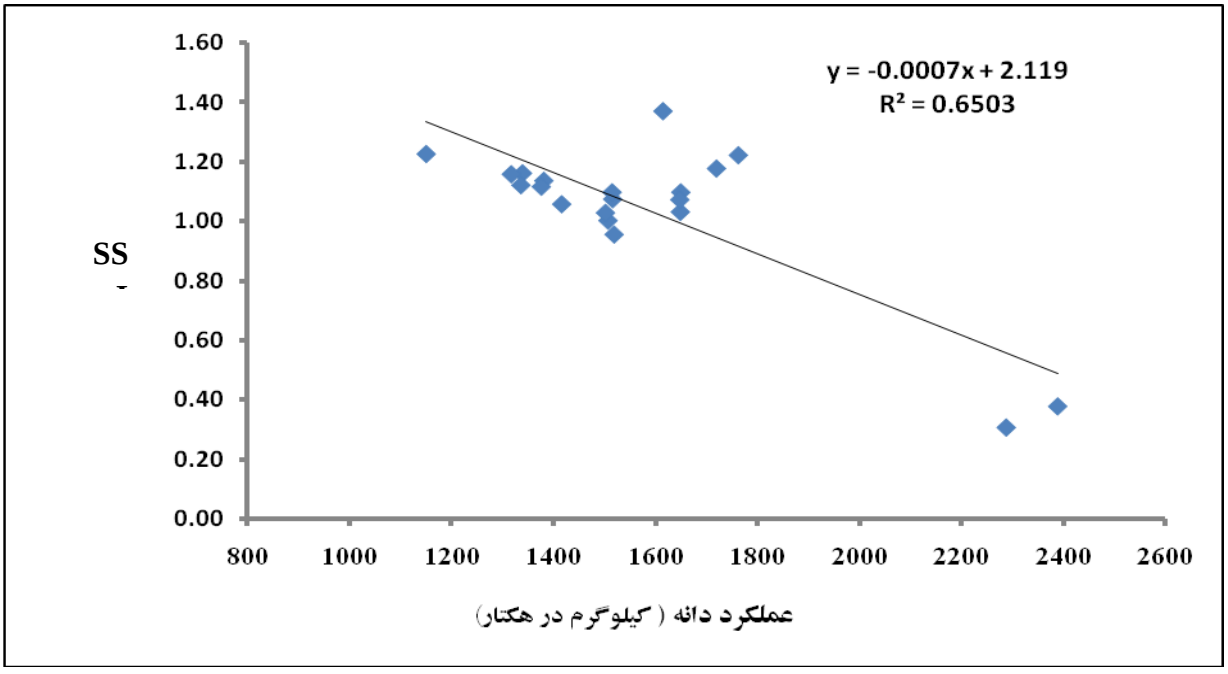
ایستگاه شیروان	۱	۱۴۰۳^{r}	۲۴۱^{efghi}	۰/۵۵۹۳^{tu}	۱/۳۱۲۲^{cde}	۱۲۸۳^{qr}	۱۵۲۴^{pq}
	۲	۱۶۴۴^{lmn}	۲۵۲^{efghi}	۰/۷۵۸۸^{mnopq}	۱/۰۰۳۰^{a}	۱۴۱۸^{op}	۱۸۷۰^{ij}
	۳	۱۶۵۱^{lmn}	۲۱۸^{efghij}	۰/۷۷۶۶^{lmnop}	۱/۰۳۰۰^{efghijk}	۱۵۴۱^{lmn}	۱۷۶۰^{klm}
	۴	۱۷۲۱^{ijkl}	۳۱۳^{cd}	۰/۸۴۰۸^{ijklm}	۱/۳۸۱۲^{cd}	۱۵۶۴^{klm}	۱۸۷۸^{ij}
	۵	۱۵۳۵^{opq}	۲۴۰^{efghi}	۰/۶۷۰۸^{qrs}	۱/۲۰۴۳^{defgh}	۱۴۱۵^{op}	۱۶۵۵^{no}
	۶	۱۷۲۲^{ijkl}	۲۶۲^{defg}	۰/۸۴۳۲^{ijklm}	۱/۱۷۴۳^{defghi}	۱۵۹۰^{jkl}	۱۸۵۳^{ijk}
	۷	۱۷۷۸^{hi}	۳۰۴^{ab}	۰/۸۹۲۱^{hij}	۱/۷۰۴۳^{b}	۱۵۷۴^{kl}	۱۹۸۰^{fgh}
	۸	۱۷۰۲^{ijkl}	۲۵۷^{defgh}	۰/۸۲۳۷^{ijklm}	۱/۱۶۲۳^{defghi}	۱۵۷۳^{kl}	۱۸۳۰^{jk}
	۹	۱۳۶۸^{rs}	۲۱۰^{fghij}	۰/۵۳۲۵^{u}	۱/۱۸۴۳^{defgh}	۱۲۶۳^{qr}	۱۴۷۳^{qr}
	۱۰	۱۷۳۸^{ijk}	۲۷۸^{def}	۰/۸۵۹۳^{ijkl}	۱/۲۲۹۰^{defgh}	۱۵۹۹^{jkl}	۱۸۷۸^{ij}
	۱۱	۱۶۰۲^{mno}	۲۲۸^{efghij}	۰/۷۳۳۶^{nopqrs}	۱/۱۰۲۰^{defghij}	۱۴۹۰^{mno}	۱۷۱۹^{lmn}
	۱۲	۲۲۷۱^{c}	۹۸^{kl}	۱/۴۷۷۱^{c}	۰/۳۵۲۱^{mn}	۲۲۲۱^{d}	۲۳۲۰^{c}
	۱۳	۱۵۸۱^{nop}	۲۱۲^{efghij}	۰/۷۱۲۶^{opqrs}	۱/۰۴۶۳^{efghij}	۱۴۷۵^{no}	۱۶۸۸^{mno}
	۱۴	۱۷۱۸^{ijkl}	۲۸۵^{de}	۰/۸۳۸۵^{ijklm}	۱/۲۶۸۷^{def}	۱۵۷۵^{kl}	۱۸۶۰^{ij}
	۱۵	۱۷۶۳^{hij}	۳۶۸^{bc}	۰/۸۸۰۴^{hij}	۱/۵۴۸۲^{bc}	۱۵۸۱^{jkl}	۱۹۴۵^{ghi}
	۱۶	۱۵۱۹^{pq}	۲۱۷e^{fghij}	۰/۶۵۷۱^{rs}	۱/۱۰۹۸^{defghij}	۱۴۱۰^{op}	۱۶۲۸^{no}
	۱۷	۲۴۲۳^{b}	۱۵۶^{jk}	۱/۶۷۴۲^{b}	۰/۵۱۶۱^{lm}	۲۳۴۱^{c}	۲۴۹۸^{b}
	۱۸	۱۳۹۷^{r}	۲۱۳^{efghij}	۰/۵۵۶۲^{tu}	۱/۱۷۶۵^{defghi}	۱۲۹۰^{q}	۱۵۰۴^{qr}
	۱۹	۱۴۹۱^{q}	۲۲۳^{efghij}	۰/۶۳۳۷st	۱/۱۴۸۶^{defghi}	۱۳۸۰^{p}	۱۶۰۳^{op}
	۲۰	۱۱۶۵^{t}	۱۸۳^{hij}	۰/۳۸۵۶^{v}	۱/۲۱۳۲^{defg}	۱۰۷۳^{s}	۱۲۵۶^{s}

بر اساس شاخص SSI محاسبه شده، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه دسته گروهبندی شدند. ژنوتیپ ۲۰ در گروه A (SSI بیشتر – عملکرد کمتر در هر دو محیط تنش و بدون تنش)، ژنوتیپ ۱۷ و ۱۲ در گروه D (SSI کمتر – عملکرد بیشتر در هر دو محیط تنش و بدون تنش) و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه B (SSI بیشتر – عملکرد بیشتر) قرار گرفتند و هیچ ژنوتیپی در گروه C (SSI کمتر – عملکرد کمتر) قرار نگرفت (شکل ۴-۱). فیشر و مورر (۱۹۷۸) بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش و بدون تنش، آنها را به چهار گروه C, B, A و D دسته‌بندی کردند. گروه A (عملکرد پایین – SSI بالا)، گروه B (عملکرد بالا - SSI بالا)، گروه C (عملکرد پایین - SSI پایین) و گروه D (عملکرد بالا - SSI پایین).

بر اساس نمودار رگرسیون ترسیم شده (شکل ۴-۲)، رابطه بین شاخص حساسیت به خشکی (SSI) و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها، منفی و مستقیم بدست آمد. هر چه مقادیر شاخص حساسیت به خشکی (SSI) برای یک ژنوتیپ کمتر باشد، نشان دهنده تحمل به خشکی آن ژنوتیپ است. نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰)، طی آزمایشی که به منظور بررسی تنوع صفات کمی و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم نان انجام دادند، همبستگی بین شاخص حساسیت به خشکی فیشر(SSI) و عملکرد دانه را منفی و معنی‌دار (** r=-0.56) گزارش کردند. این نتایج بیانگر این است که شاخص SSI همبستگی قوی و منفی با عملکرد دانه دارد .



شکل ۴-۱- گروهبندی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس شاخص SSI و عملکرد دانه

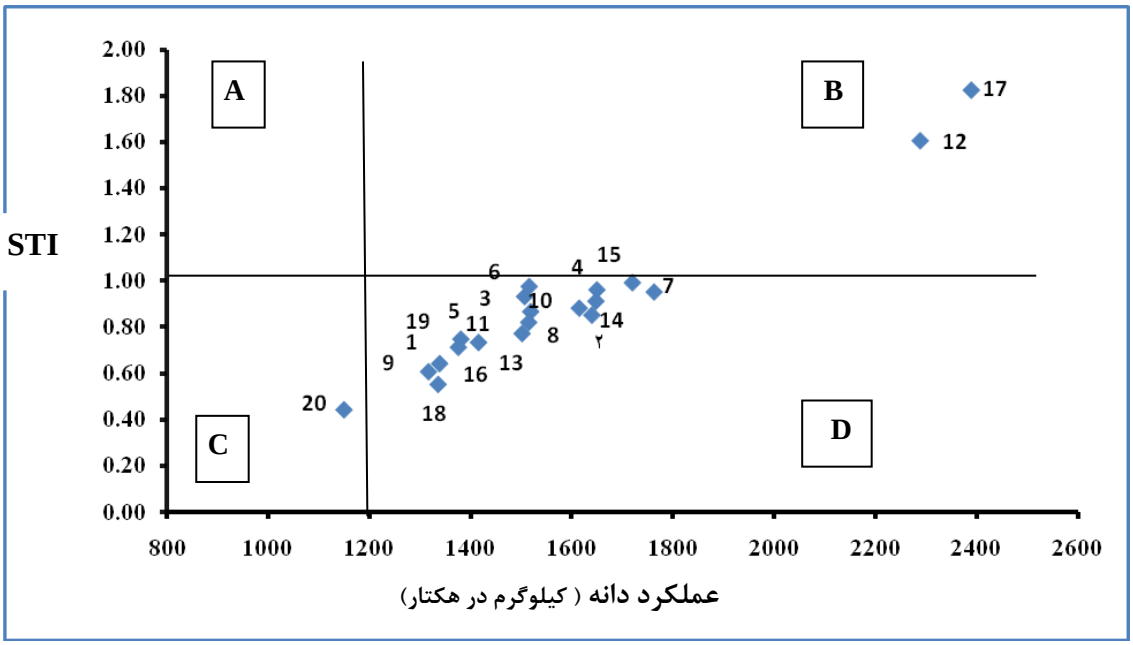


شکل ۴-۲- رابطه بین شاخص SSI و عملکرد دانه

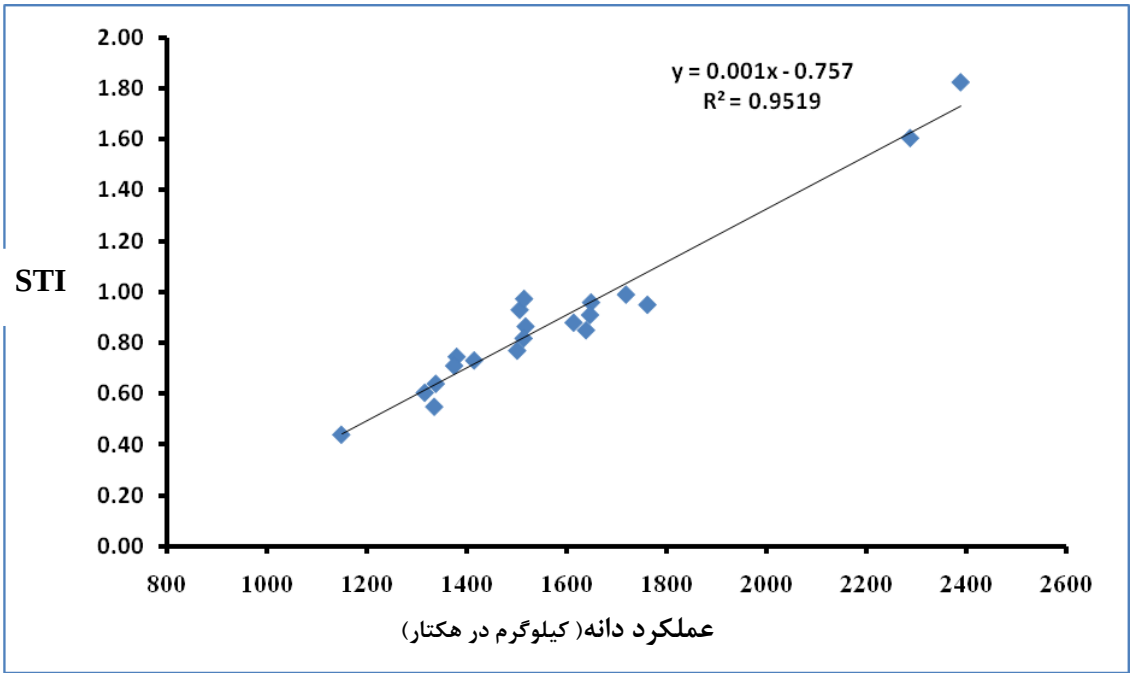
نتایج نشان داد که ژنوتیپ ۱۷ بالاترین و بعد از آن ژنوتیپ ۱۲ بالاترین مقادیر شاخص STI را به خود اختصاص داد (جدول ۴-۷). بر اساس این شاخص، ژنوتیپ‌های ذکر شده نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از تحمل به خشکی بیشتری برخوردار بودند. بر اساس شاخص STI محاسبه شده، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه دسته گروهبندی شدند. ژنوتیپ ۲۰ در گروه C (STI کمتر – عملکرد کمتر در هر دو محیط تنش و بدون تنش)، ژنوتیپ ۱۷ و ۱۲ در گروه B (STI بیشتر – عملکرد بیشتر در هر دو محیط تنش و بدون تنش) و سایر ژنوتیپ در گروه D (STI کمتر – عملکرد بیشتر) قرار گرفتند و هیچ ژنوتیپی در گروه A (STI بیشتر – عملکرد کمتر) قرار نگرفت (شکل۴ - ۳).

براساس شاخص STI، هر چه اختلاف عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بیشتر باشد، مقادیر شاخص STI کوچکتر می‌شود. شاخص STI بر عکس شاخص SSI می‌باشد، بطوریکه هر چه مقادیر STI بیشتر باشد نشان دهنده تحمل ژنوتیپ به تنش می باشد (فرناندز، ۱۹۹۲). بر اساس آنچه که بیان شد، می‌توان نتیجه گرفت که شاخص STI به لحاظ گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد.

همانطوریکه در شکل ۴-۴ مشاهده می‌شود رابطه بین شاخص STI و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها، مثبت و مستقیم بدست آمد. هر چه مقادیر شاخص STI برای یک ژنوتیپ بیشتر باشد نشان دهنده تحمل به خشکی آن ژنوتیپ است. مقدم و هادیزاده (۱۳۷۹) در آزمایشی که بر روی گیاه ذرت انجام دادند، رابطه بین عملکرد دانه و شاخص STI را مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند. انور و همکاران (۲۰۱۱) نیز در طی یک بررسی بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم، رابطه بین شاخص STI و عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند و اعلام کردند که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی دارای عملکرد بیشتر و شاخص STI بالایی بودند.



شکل ۴-۳- گروهبندی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس STI و عملکرد دانه



شکل ۴-۴- رابطه بین شاخص STI و عملکرد دانه

با توجه به مقایسه میانگین صورت گرفته، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ کمترین مقادیر شاخص TOL را نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند (جدول ۴-۷). با در نظر گرفتن TOL که به صورت اختلاف بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل به خشکی محسوب می شوند که مقادیر کمتری از شاخص فوق را به خود اختصاص دهند (راسیل و هامبلین، ۱۹۸۱). در راستای نتایج این پژوهش، سی و سه مرده و همکاران(۲۰۰۶)، نیز بیان کردند که هرچه مقدار شاخص تحمل برای ژنوتیپی بیشتر باشد نشان دهنده حساسیت بیشتر آن به تنش خشکی محسوب می شود.

بر اساس نتایج این پژوهش ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ بیشترین شاخص MP را در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به خود اختصاص دادند (جدول ۴-۷). بر اساس شاخص MP که به صورت میانگین جمع جبری عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل به خشکی محسوب می‌شوند که مقادیر بیشتری از این شاخص را داشته باشند(راسیل و هامبلین، ۱۹۸۱).

فول‌کز و همکاران (۲۰۰۷) در طی یک آزمایشی که برای تحمل به خشکی ارقام مختلف گندم انجام دادند رابطه بین شاخص TOL با عملکرد دانه را منفی و معنی‌دار و رابطه بین شاخص MP را با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. در حالیکه، سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که شاخص میانگین بهره وری فقط زمانی که تنش خیلی شدید نیست یا تفاوت بین عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش زیاد نیست، رابطه مثبت با عملکرد دارد.

بر اساس شاخص GMP نیز به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ بیشترین مقادیر را داشتند و نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی برتری نشان دادند (جدول ۴-۷). بر اساس شاخص میانگین هندسی عملکرد، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر بیشتری از این شاخص را کسب کرده باشند، این شاخص با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رابطه مثبت دارد (فرناندز، ۱۹۹۲). مطابق نتایج این پژوهش، شفازاده و همکاران (۱۳۸۳)، طی بررسی که برای تحمل به خشکی

ارقام مختلف گندم انجام دادند رابطه بین GMP با عملکرد دانه را در شرایط تنش و بدون تنش مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند. بر اساس همبستگی‌های محاسبه شده (جدول ۴-۸)، رابطه عملکرد دانه با شاخص YSI در شرایط بدون تنش منفی و معنی‌دار و در شرایط تنش مثبت و معنی‌دار بدست آمد. شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) در آزمایشی که روی گندم‌های زمستانه و بینابین انجام دادند رابطه بین شاخص پایداری عملکرد در شرایط بدون تنش را منفی و در شرایط تنش مثبت بدست آوردند.

بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل مکان × ژنوتیپ (جدول ۴-۷)، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با مقادیر ۶۲ و ۶۴ در ایستگاه سیساب و با مقادیر ۵۶ و ۵۸ در ایستگاه شیروان، بیشترین RWC را نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها داشتند. بر اساس جدول (۴-۸) رابطه RWC با عملکرد دانه مثبت و معنی-دار بدست آمد. محتوی نسبی آب برگ در واقع به عنوان شاخصی برای نشان دادن آسیب های ناشی از تنش خشکی محسوب می شود. محتوی نسبی آب برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). نظری و عبدالشاهی (۱۳۹۲) در طی آزمایشی بر رو ی ۴۰ رقم گندم نان در شرایط تنش خشکی، رابطه بین RWC و عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار بدست آوردند. آنها اعلام نمودند که میزان RWC در ارقام حساس به تنش خشکی کاهش یافت ولی در ارقام مقاوم به خشکی، کاهش RWC محسوس نبود.

لاگوجان و سیولکا (۲۰۱۱) در تحقیقی بر روی گندم‌های زمستانه، رابطه بین RWC و عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. این محققین اعلام کردند ارقام حساس در اثر تنش خشکی، آب برگ-ها را از دست می‌دهند و در نتیجه برگ‌ها دچار پیری شده و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شوند.

بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل مکان × ژنوتیپ (جدول ۴-۷)، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با مقادیر ۸۸ و ۸۶ در ایستگاه سیساب و با مقادیر ۸۱ و ۸۱ در ایستگاه شیروان، کمترین EC را نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها دارا بودند. مقدار EC برگ نیز نشان دهنده پایداری غشاء سیتوپلاسمی می-

باشد. هر چه گیاه حساس به خشکی باشد در اثر تخریب واکوئل‌ها، میزان غلظت محلول افزایش می‌یابد و در نتیجه EC افزایش می‌یابد. بنابراین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از EC کمتری برخوردار می‌باشند و به عبارت دیگر EC با عملکرد دانه رابطه منفی دارد (هیو و همکاران، ۲۰۰۹).

بر اساس جدول (۴-۸) رابطه EC با عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بدست آمد. در شرایط تنش خشکی به علت خسارت تخریب بافت‌های سلولی، میزان EC سلول‌های ارقام حساس به خشکی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ولی در ارقام مقاوم به خشکی میزان افزایش EC سلول‌ها چندان محسوس نیست.

نباتی و فتوت (۲۰۱۷)، همبستگی بین EC و عملکرد دانه در گندم را منفی و معنی‌دار گزارش نمودند. آنها اعلام کردند با ایجاد تنش خشکی، آب سلول‌های برگ کاهش یافته و در نتیجه غشای سلول‌ها به شدت آسیب می‌بینند و این امر باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشای سلولی می‌شود و پایداری غشای سلولی کاهش می‌یابد و نشت الکترولیت اتفاق می‌افتد در نتیجه میزان EC افزایش می‌یابد.

بر اساس ضرایب همبستگی محاسبه شده (جدول ۴-۸)، در شرایط تنش و در شرایط بدون تنش شاخص های STI, GMP, MP بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. بنابراین می‌توان آنها را به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در این آزمایش در نظر گرفت و ژنوتیپ‌هایی که بالاترین مقادیر را در این شاخص‌ها داشته باشند به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی و انتخاب کرد.

به طور کلی، شاخص‌هایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و نیاز به شاخص انتخاب مناسب را برآورده می‌کند،

چون‌که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش می‌باشند (اوبر و همکاران، ۲۰۰۵).

شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) نیز بیان داشتند که شاخص‌های STI, GMP, MP به دلیل داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و پر محصول برای هر دو شرایط محیطی استفاده شوند.

جدول ۴-۸- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی

	عملکرد در شرایط بدون تنش(Yp)	عملکرد در شرایط تنش (Ys)	شاخص حساسیت به خشکی (SSI)	شاخص تحمل به خشکی (STI)	شاخص تحمل (TOL)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی عملکرد (GMP)	شاخص حساسیت به خشکی (SDI)	شاخص نسبی خشکی(RDI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	شاخص عملکرد (YI)	محتوی نسبی آب برگ (RWC)	هدایت الکتریکی برگ (EC)	
Yp	۱													
Ys	۰/۸۸**	۱												
SSI	-۰/۷۲**	-۰/۸۲**	۱											
STI	۰/۹۳**	۰/۹۵**	-۰/۸۲**	۱										
TOL	-۰/۳۳**	-۰/۴۸**	۰/۸۸**	-۰/۵۲**	۱									
MP	۰/۸۹**	۰/۹۳**	-۰/۷۸**	۰/۹۳**	-۰/۴۱**	۱								
GMP	۰/۸۴**	۰/۸۲**	-۰/۷۳*	۰/۹۴**	-۰/۴۳**	۰/۸۶**	۱							
SDI	-۰/۷۴**	-۰/۸۲**	۰/۸۹**	-۰/۸۲**	۰/۸۸**	-۰/۷۸**	-۰/۷۴**	۱						
RDI	۰/۷۶**	۰/۸۶**	-۰/۸۷**	۰/۷۳**	-۰/۸۶**	۰/۶۴**	۰/۶۸**	-۰/۸۷**	۱					
YSI	-۰/۷۱**	۰/۷۹**	-۰/۹۲**	۰/۸۲**	-۰/۸۲**	۰/۶۸**	۰/۶۲**	-۰/۸۳**	۰/۷۸**	۱				
YI	۰/۷۹**	۰/۸۲**	-۰/۸۳**	۰/۸۴**	-۰/۷۴**	۰/۷۲**	۰/۸۳**	-۰/۶۴**	۰/۸۱**	۰/۸۲**	۱			
RWC	۰/۶۸**	۰/۷۲**	-۰/۸۵**	۰/۸۷**	-۰/۸۳**	۰/۶۲**	۰/۵۸**	-۰/۴۹**	۰/۸۸**	۰/۶۷**	۰/۷۸**	۱		
EC	-۰/۶۲**	-۰/۷۶**	۰/۷۸**	-۰/۸۳**	۰/۷۶**	-۰/۵۸**	-۰/۴۸**	۰/۵۹**	-۰/۶۲**	-۰/۴۴**	-۰/۵۴**	-۰/۵۳**	۱	

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معنی داری می باشد.

۴-۲- تجزیه همبستگی صفات اندازه گیری شده

۴-۲-۱- تجزیه رگرسیون صفات

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، رگرسیون عملکرد دانه با صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود (جدول ۴-۹). بر اساس این تجزیه رگرسیون، صفات موثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند. اجزای عملکرد به راحتی قابل اندازه‌گیری هستند، بنابراین گزینش بر اساس این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد. تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آنها به عنوان معیارهای انتخاب، کمک فراوانی می‌کند (ین و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۴-۹- تجزیه واریانس رگرسیون عملکرد دانه با صفات اندازه گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F- value
رگرسیون	۵	۲۵۶۲۳	۵۱۲۵	۶/ ۸۱**
اشتباه	۱۴	۱۰۵۴۳	۷۵۳	
کل	۱۹	۳۶۱۶۶		

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪

۴-۲-۲- همبستگی صفات با عملکرد دانه

در این آزمایش همبستگی بین عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود. رابطه بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۰). با افزایش تعداد دانه در سنبله معمولا دانه‌ها کوچکتر می‌شوند در نتیجه وزن هزار دانه تا حدودی کاهش می‌یابد (سوباشچاندرا و همکاران، ۲۰۰۹). چالیش و هوشمند(۱۳۹۰) در طی مطالعه ارتباط عملکرد دانه با اجزای عملکرد گندم، همبستگی بین عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند.

جدول ۴-۱۰- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ۲۰ ژنوتیپ گندم

	روز تا سنبله دهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
روز تا سنبله دهی	۱						
روز تا رسیدگی	۰/۸۳**	۱					
ارتفاع بوته	۰/۲۹**	۰/۵۷**	۱				
سنبله در مترمربع	۰/۶۴**	۰/۸۴**	۰/۴۸**	۱			
تعداد دانه در سنبله	-۰/۲۷**	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۱		
وزن هزار دانه	۰/۲۸**	۰/۱۴^{ns}	-۰/۱۹*	۰/۱۶^{ns}	-۰/۲۸*	۱	
عملکرد دانه	۰/۷۹**	۰/۸۶**	۰/۴۲**	۰/۸۵**	۰/۳۴**	۰/۳۸**	۱

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

۴-۲-۳- تجزیه علیت

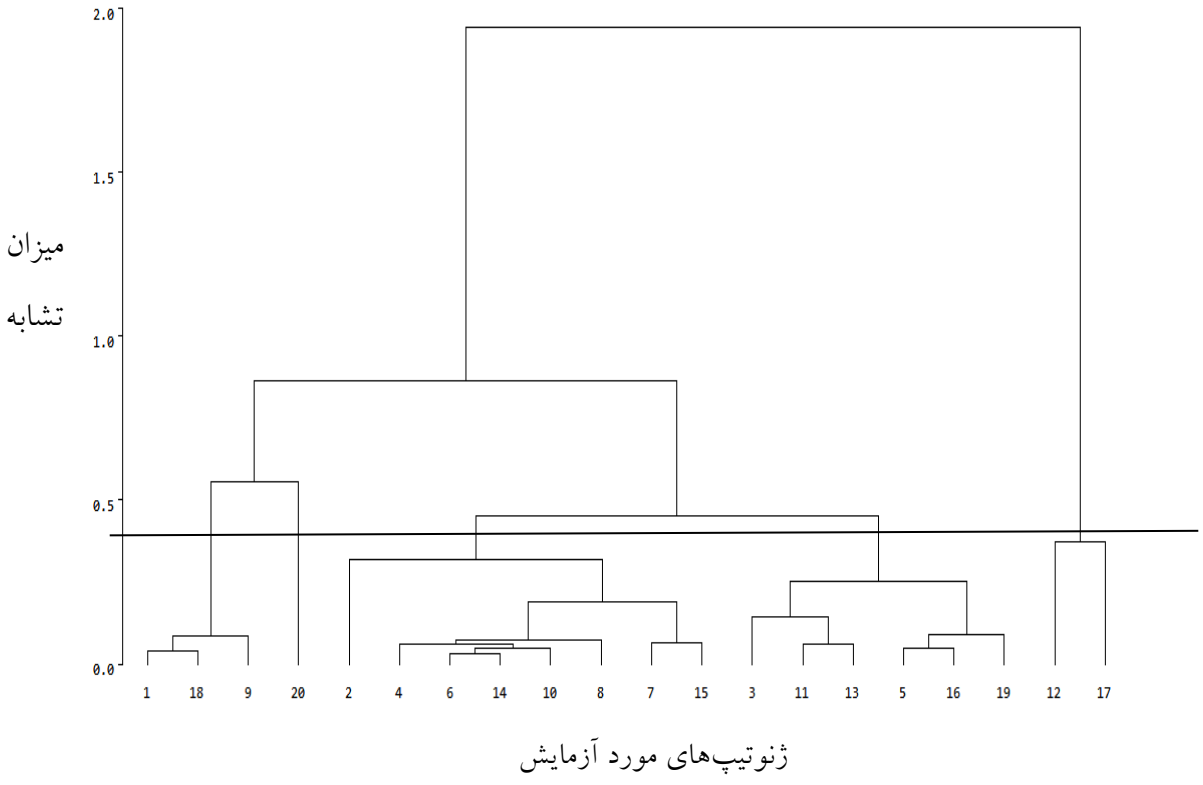
با استفاده از تجزیه رگرسیون، صفات موثر بر عملکرد دانه شناسایی و بر اساس آن تجزیه علیت صورت گرفت. صفت تعداد سنبله در مترمربع بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (۰/۶۹۸) و همچنین صفت تعداد سنبله در مترمربع از طریق تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر غیر مستقیم مثبت را بر عملکرد داشت (۰/۱۶۹). تعداد سنبله در مترمربع از طریق وزن هزار دانه اثر غیرمستقیم منفی بر عملکرد دانه داشت (۰/۲۴۳-) (جدول ۴-۱۱). تجزیه علیت که در واقع روش رگرسیون جزء برای تفکیک واکنش‌های همبسته با عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم است، اطلاعات سودمندی را برای دستیابی به سطوح بالای عملکرد گندم در مطالعات بعدی فراهم می‌آورد (چقامیرزا و فرشادفر، ۱۳۸۵). اقبال و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه تجزیه علیت عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گندم بهاره، بیشترین اثر مستقیم را به ترتیب برای تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بدست آوردند. احمدی و همکاران (۱۳۹۵)، در ارزیابی عملکرد دانه با صفات زراعی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم بهاره، اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات زمان ظهور سنبله، ارتفاع بوته، تعداد سنبله و وزن دانه بر عملکرد را بررسی کردند و نشان دادند که تعداد سنبله و وزن دانه (اجزای اولیه عملکرد) اثر مستقیم زیادی بر عملکرد دارد و زمان ظهور سنبله اثر مستقیمی بر عملکرد دانه ندارد و از طریق وزن دانه و تعداد سنبله به طور غیر مستقیم بر آن تاثیر دارد. عملکرد دانه صفتی پیچیده است که تحت تاثیر عوامل ژنتیکی و محیطی می‌باشد و بهبود این صفت می‌تواند بر اساس گزینش غیرمستقیم برای اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک مرتبط با آن در نسل‌های در حال تفکیک انجام گیرد. به دلیل پیچیدگی و رابطه منفی بین برخی از اجزای عملکرد، دستیابی به عملکرد بالا زمانی حاصل خواهد شد که ترکیب مناسبی از اجزای عملکرد و صفات مرتبط مدنظر قرار گیرند (سوباشچاندرا و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۴-۱۱- تجزیه علیت صفات اندازه گیری شده در ۲۰ ژنوتیپ گندم

	اثرات غیر مستقیم						اثرات
	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	روز تا سنبله دهی	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی	وزن هزار دانه	مستقیم
سنبله در مترمربع	.....	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	-۰/۱۳۵	۰/۶۹۸
تعداد دانه در سنبله	۰/۱۶۹	.....	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۵	-۰/۱۴۹	۰/۶۴۹
روز تا سنبله دهی	۰/۰۰۸	۰/۲۴۵	.....	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۹	-۰/۱۴۱	۰/۰۲۲
ارتفاع بوته	۰/۰۹۷	۰/۰۹۳	-۰/۰۰۱	.....	-۰/۰۰۱	-۰/۰۲۵	۰/۰۱۴
روز تا رسیدگی	۰/۰۴۳	۰/۲۲۳	۰/۰۱۴	۰/۱۲	.....	-۰/۱۴۲	-۰/۰۱۲
وزن هزار دانه	-۰/۲۴۳	-۰/۲۲۹	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	.....	۰/۳۸۹

۴-۳- تجزیه کلاستر

به منظور تعیین الگوی تنوع ژنتیکی، گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به روش Ward و فاصله متوسط اقلیدوسی انجام شد و خط برش به روش موجنا ترسیم شد (موجنا، ۱۹۷۷). بر اساس این تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌ها به ۵ گروه تقسیم شدند و ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ با بالاترین عملکرد، بیشترین ارتفاع و وزن هزاردانه در یک گروه قرار گرفتند و ژنوتیپ ۲۰ نیز با کمترین عملکرد، کمترین ارتفاع و با وزن هزار دانه پایین به صورت مجزا در یک گروه قرار گرفت (شکل ۴-۵). تجزیه کلاستر روشی است که برای پیدا کردن شباهت بین مواد در یک مجموعه بکار می‌رود و گروهبندی ژنوتیپ‌ها بر اساس فاصله ژنتیکی در یک برنامه اصلاحی وقتی موثر است که بطور همزمان چندین صفت مورد بررسی قرار گیرند (سنلر، ۱۹۹۴).



شکل ۴-۵- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر به روش ward برای ۲۰ ژنوتیپ گندم

۴-۴- تاثیر علف‌های هرز بر صفات مختلف گندم

در کرت‌های آزمایشی در هر دو مکان و شرایط آبیاری تکمیلی و دیم گونه های مختلف علف هرز وجود داشتند، اما پنج علف هرز بومادران(*A. millefolium* L.)، تلخه (*A. repens* L.)، ازمک (*C. draba* L.)، گل گندم(*C. triumfettii* L.) و پیچک (*C. arvensis* L.) گونه هایی بودند که بیشترین فراوانی را داشتند.

بر اساس نتایج تجزیه مرکب، اثر شرایط (آبیاری تکمیلی و دیم) بر تمام صفات مورد مطالعه گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثرات ساده ژنوتیپ و علف‌هرز نیز در سطح ۱٪ بر تمام صفات مورد مطالعه گندم معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۲). اثر متقابل شرایط × علف‌هرز بر ارتفاع و وزن هزار دانه در سطح ۵٪ و بر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اختلاف تراکم و زیست توده علف‌های هرز در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی دلیل اصلی این اختلافات معنی‌دار بود. اثر متقابل شرایط × ژنوتیپ نیز برای ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه در سطح ۵٪ و بر تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ × علف‌هرز نیز برای تمام صفات اندازه‌گیری شده گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۲). این نتایج بیانگر این است که ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از لحاظ توان رقابتی با علف-های هرز با یکدیگر متفاوت هستند. اثر متقابل مکان × علف‌های هرز نیز بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۲). دلیل این اختلاف مربوط به تراکم و بیوماس متفاوت علف‌های هرز در دو محیط است که در قسمت مقایسه میانگین‌ها توضیح داده شده است.

جدول ۴-۱۲ – تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف گندم و تراکم و زیست توده علف های هرز در دو مکان و در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در حضور و عدم حضور علف‌های هرز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
مکان	۱	۳۸۳۶**	۴۲۹۵**	۱۵۸۴**	۵۹۶**	۵۶۵۹۷۴۰**
شرایط	۱	۸۳۰۱**	۹۰۵۸۲**	۲۹۲**	۲/۲۵**	۶۹۲۵۴۵**
مکان × شرایط	۱	۴۲*	۳۱*	۰/۵۶*	۴/۹۱*	۵۳۴۱۷**
تکرار(مکان× شرایط)	۱۲	۳۱	۵۱	۳/۴۲	۸	۶۲۸۸
علف هرز	۱	۱۴۲۵**	۶۴۳۶۰**	۱۶۰۳۰**	۵۴۵۲**	۱۸۷۵۴۲۷۵**
شرایط × علف هرز	۱	۲/۳۱*	۱۴**	۱۹**	۱/۳۱*	۹۳۷۱**
مکان × علف هرز	۱	۲۹^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۴۰۶۵**	۱۰۷۶**	۴۱۰۷۶۸۸**
مکان × شرایط × علف هرز	۱	۰/۲۶*	۰/۰۶^{ns}	۲*	۱/۲۲*	۱۲۶۶۴**
خطای a	۱۲	۱۹	۲۶	۷	۴	۱۳۱۶
ژنوتیپ	۱۹	۲۸۵۱**	۱۶۹۰۴۹**	۱۲۷۹**	۴۶۸**	۳۰۱۷۹۴۰**
شرایط × ژنوتیپ	۱۹	۸/۳۴*	۱۵*	۳/۱۷**	۲/۳۱*	۸۹۸۷**
مکان × ژنوتیپ	۱۹	۴/۰۸*	۵۴۹**	۴/۰۱*	۳/۲۸*	۵۸۵۷**
مکان× شرایط× ژنوتیپ	۱۹	۲/۶۱*	۱۵*	۰/۷۳*	۱/۷۱*	۱۰۸۰۴**
علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۳۲**	۱۳۴۳**	۳۷**	۲۴**	۱۲۹۸۸۴**
شرایط×علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۱/۲۴*	۱۲*	۱/۳۱*	۱/۰۱*	۶۲۷۵**
مکان×علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۲/۵۷*	۵۵**	۲/۹۲*	۳/۹۶*	۲۰۴۱۸**
مکان× شرایط× علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۲/۰۸*	۱۶*	۱/۰۵*	۰/۶۹*	۷۴۱۳**
خطای b	۴۵۶	۸/۰۲	۳۷	۴/۸۹	۲/۸۷	۳۰۸۸
%CV		۸/۵۲	۹/۵۸	۶/۸۲	۹/۸۴	۱۵/۴۸

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

ادامه جدول ۴-۱۲ - تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف گندم و تراکم و زیست توده علف های هرز در دو مکان و در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در حضور و عدم حضور علف‌های هرز

		میانگین مربعات	
منابع تغییر	درجه آزادی	تراکم علف هرز	زیست توده علف هرز
مکان	۱	۱۵۸۷*	۱۵۳۷۶**
شرایط	۱	۱۳۹۲**	۶۷۰۹۶**
مکان × شرایط	۱	۰/۹*	۸۹*
تکرار(مکان × شرایط)	۱۲	۱۹	۳۸
علف هرز	۱	۳۶۱۹۵۰**	۱۶۵۶۹۱۶۰**
شرایط × علف هرز	۱	۱۳۹۲*	۶۷۰۹۶**
مکان × علف هرز	۱	۱۵۸۷*	۱۵۳۷۶**
مکان × شرایط × علف هرز	۱	۰/۹*	۸۹*
خطای a	۱۲	۱۹	۳۸
ژنوتیپ	۱۹	۹۲*	۶۶۲۲**
شرایط × ژنوتیپ	۱۹	۵/۹۴**	۶۰**
مکان × ژنوتیپ	۱۹	۰/۹۸*	۳۱*
مکان×شرایط×ژنوتیپ	۱۹	۰/۴۳*	۵*
علف هرز × ژنوتیپ	۱۹	۹۲**	۶۶۲۷**
شرایط×علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۵/۹۴**	۶۸**
مکان×علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۰/۹۸*	۳۳*
مکان×شرایط×علف هرز× ژنوتیپ	۱۹	۰/۴۳*	۵*
خطای b	۴۵۶	۰/۷۸	۲۹
%CV		۸/۷۳	۱۵/۱۲

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} عدم معنی داری می باشد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده شرایط، علف هرز و ژنوتیپ بر تراکم و زیست‌توده مجموع علف‌های‌هرز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین کلیه اثرات متقابل دوجانبه و سه جانبه و چهارجانبه نیز بر تراکم علف‌های هرز و زیست‌توده مجموع علف‌های‌هرز تاثیر معنی‌داری نشان دادند (جدول ۴-۱۲).

براساس مقایسه میانگین‌ها، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز تحت تاثیر ژنوتیپ‌های مختلف گندم نیز متفاوت بود (جدول ۴-۱۳). نتایج نشان داد که تراکم و زیست توده علف‌های هرز در کرت‌های مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ از سایر ژنوتیپ‌ها بطور معنی‌داری کمتر بود. نتایج حاصل، حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به دلیل ارتفاع مناسب، داشتن تعداد سنبله بیشتر در مترمربع و زودرسی (به دلیل عدم برخورد با تنش‌های آخر فصل)، توانایی رقابتی بالایی با علف‌های هرز از خود نشان دادند ولی ژنوتیپ ۲۰ به دلیل اینکه در ویژگی‌های ذکر شده حداقل مقادیر را داشت لذا در رقابت با علف-های هرز از سایر ژنوتیپ‌ها ضعیف‌تر بود. بالیان و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات رقابت گندم و علف-های هرز به این نتیجه رسیدند که ارتفاع گیاه به شکل مثبت با قابلیت رقابتی گندم مرتبط می‌باشد، به‌طوریکه ارقام تجاری پاکوتاه در برابر علف‌های هرز نسبت به ارقام تجاری پابلندتر، رقیب ضعیف‌تری محسوب می‌شوند. وآن‌اکر و اوری (۲۰۰۴) توصیه کردند که استفاده از ارقام گندم با توانایی رقابت بالاتر و نیز تراکم کاشت بالا می‌تواند کنترل علف‌هرز را افزایش و نیاز به کاربرد علفکش‌ها را کاهش دهد. در آزمایش دیگری مشخص شد ارقامی از گندم که ارتفاع آنها به طور متوسط ۱۰۹-۹۰ سانتی‌متر بود همواره از توانایی رقابت بیشتری در مقایسه با ارقامی برخوردار بودند که ۷۸-۶۸ سانتی‌متر ارتفاع داشتند. وال و همکاران (۲۰۰۶) در طی مطالعه علف‌هرز خردل وحشی در مزرعه گندم، اعلام نمودند که علف‌های هرز به طور معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌شوند. رضوانی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در رقابت با علف‌های هرز، گزارش نمودند که در اثر رقابت با علف‌های هرز عملکرد و اجزای عملکرد گندم کاهش می‌یابد و در چنین مواقعی ارقامی موفق هستند که پتانسیل رقابتی بالاتری نسبت به علف‌های هرز داشته باشند. در همین راستا گزارش شده است ارقامی از گندم که دارای ارتفاع، تراکم و سطح برگ مناسب باشند با سایه اندازی روی علف‌های هرز باعث کاهش رشد

رویشی آنها می‌شوند و بدین طریق میزان شاخ و برگ علف‌هرز کاهش یافته و در نتیجه میزان زیست-توده آنها کم می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۴-۱۳- مقایسه میانگین مرکب صفات مختلف گندم و تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز (میانگین دو مکان و دو شرایط)

شماره ژنوتیپ	ارتفاع بوته(cm)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	وزن هزار دانه(gr)	عملکرد دانه(kg/ha)	تراکم علف های هرز (no/m^2)	زیست توده علف های هرز (gr/m^2)
۱	۸۱/۷۵^{d}	۳۹^{b}	۲۹۲^{o}	۳۷^{b}	۱۲۵۱^{h}	۵۰/۳۸^{b}	۳۳۷/۳۰^{b}
۲	۸۱/۶۹^{d}	۳۵^{e}	۴۳۰^{e}	۳۷^{b}	۱۴۳۴^{e}	۴۸/۹۴^{de}	۳۳۵/۹۰^{bc}
۳	۸۶/۲۵^{bc}	۳۸^{b}	۲۳۳^{r}	۳۳^{d}	۱۴۹۸^{d}	۴۷/۶۹^{fg}	۳۲۳/۴۰^{fg}
۴	۶۹/۱۹^{h}	۴۱^{c}	۲۸۷^{p}	۳۲d^{e}	۱۵۴۱^{c}	۴۸/۳۸^{ef}	۳۳۲/۸۰^{bcd}
۵	۸۷/۳۸^{bc}	۳۲^{gh}	۳۹۰^{j}	۳۰^{g}	۱۳۱۲^{fg}	۴۸/۴۴^{ef}	۳۳۶/۱۰^{bc}
۶	۸۶/۲۵^{bc}	۳۷^{c}	۳۳۸^{m}	۳۴^{c}	۱۴۳۲e	۵۰/۸۸^{b}	۳۳۳/۴۰^{bcd}
۷	۷۹/۷۵^{e}	۳۲^{g}	۴۴۵^{d}	۳۷^{b}	۱۵۶۳^{c}	۴۷/۶۹^{fg}	۳۲۶/۲۰^{ef}
۸	۶۵/۱۲^{i}	۳۴^{de}	۴۰۸^{i}	۳۰^{g}	۱۵۵۶^{c}	۴۶/۸۱^{hi}	۳۳۱/۹۰^{cd}
۹	۶۵/۲۵^{i}	۳۱^{ghi}	۴۱۳^{h}	۳۱^{fg}	۱۲۳۰^{h}	۴۹/۴۴^{cd}	۳۲۵/۹۰^{ef}
۱۰	۷۱/۱۳^{g}	۴۰^{c}	۳۰۱^{n}	۳۳^{d}	۱۴۸۰^{d}	۵۰/۱۳^{bc}	۳۳۶/۵۰^{bc}
۱۱	۸۵/۶۳^{c}	۳۸^{cd}	۳۸۸^{jk}	۳۵^{c}	۱۴۳۱^{e}	۴۹/۰۰^{de}	۳۲۹/۲۰^{de}
۱۲	۸۷/۴۴^{b}	۴۶^{a}	۴۶۲^{b}	۴۳^{a}	۲۲۰۳^{b}	۴۰/۸۱^{k}	۲۵۰/۹۰^{j}
۱۳	۸۳/۳۱^{d}	۳۰^{g}	۳۷۴^{l}	۳۷^{b}	۱۴۱۷^{e}	۴۶/۱۳^{i}	۳۱۶/۸۰^{h}
۱۴	۷۷/۱۶^{f}	۳۴^{cd}	۴۱۹^{g}	۳۲^{de}	۱۵۵۲^{c}	۴۷/۵۰^{gh}	۳۲۶/۵۰^{ef}
۱۵	۷۷/۶۹^{f}	۳۱^{gh}	۴۲۷^{f}	۳۷^{b}	۱۵۴۴^{c}	۴۴/۷۵^{j}	۳۲۸/۳۰^{def}
۱۶	۸۷/۶۳^{b}	۳۳^{f}	۴۲۶^{f}	۳۱^{fg}	۱۳۳۴^{f}	۴۵/۰۰^{j}	۳۲۳/۶۰^{fg}
۱۷	۹۱/۶۳^{a}	۴۷^{a}	۴۸۳^{a}	۴۳^{a}	۲۳۴۸^{a}	۳۹/۳۱^{l}	۲۴۰/۶۰^{k}
۱۸	۶۴/۱۳^{i}	۳۶^{de}	۴۵۲^{c}	۳۱^{fg}	۱۲۵۲^{h}	۴۶/۶۳^{i}	۳۱۹/۱۰^{gh}
۱۹	۶۵/۲۵^{i}	۲۶^{hi}	۳۸۵^{k}	۳۱^{fg}	۱۲۹۱^{g}	۴۸/۶۳^{de}	۳۱۹/۱۰^{i}
۲۰	۵۹/۴۴^{j}	۲۵^{i}	۲۴۵^{q}	۲۹^{g}	۱۰۲۷^{i}	۵۴/۷۵^{a}	۳۷۲/۳۰^{a}

ارقام مختلف یک گونه زراعی از نظر قدرت رقابت با علف‌های هرز تفاوت دارند که ناشی از تفاوت‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آنها می‌باشد (باغستانی و زند، ۱۳۸۴). پدیده رقابت به لحاظ اکولوژیکی نوعی برهمکنش است که در اکوسیستم‌های زراعی بین گیاهان و علف‌های هرز برای کسب منابع محیطی محدود همچون نور، آب و عناصر غذایی روی می‌دهد و علف‌های هرز با توجه به خصوصیات

خاص (همچون استقرار زودتر، تولید بیوماس بالاتر و تولید بذر بیشتر و ...) معمولا باعث کاهش صفات مختلف گیاهان زراعی می‌شوند ولی ژنوتیپ‌هایی که دارای توان رقابتی بالایی باشند میزان خسارت علف‌های هرز در آنها اندک خواهد بود (برس و همکاران، ۲۰۱۰).

گونه‌های مختلف زراعی از نظر توان رقابتی با علف‌های هرز متفاوت هستند، خصوصیاتی از جمله ارتفاع بوته، سرعت رشد، قدرت پنجه‌زنی و به تبع آن افزایش تعداد سنبله در مترمربع، بالا بودن میزان کلروفیل و افزایش توان فتوسنتزی می‌تواند در تفاوت توانایی رقابتی ارقام با یکدیگر موثر باشد (باغستانی و زند، ۱۳۸۴). تحقیقات زیادی نشان داده است که بین ارتفاع گیاه زراعی و توان رقابتی آن با علف‌های هرز رابطه مستقیمی وجود دارد و کاهش ارتفاع گیاه می‌تواند توانایی رقابتی آنها را با علف هرز کاهش دهد (زند و همکاران، ۱۳۸۲).

محمددوست چمن آباد و بخشی (۱۳۹۵) ارتفاع گندم را بعنوان یکی از معیارهای تعیین قابلیت رقابت با علف‌های هرز ارزیابی کردند، آنها در طی مطالعه خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی در توان رقابت گندم در برابر علف‌های هرز، رابطه بین ارتفاع بوته گندم با توان رقابتی با علف‌های هرز را مستقیم و مثبت گزارش کردند. تالوت و همکاران (۲۰۰۶) در طی مطالعه‌ای در گیاه ماش سبز، اعلام کردند گیاهانی که برگ‌های آنها دارای میزان کلروفیل بیشتر باشند توان فتوسنتز بالایی دارند و در نتیجه این گیاهان از ارتفاع بیشتری برخوردار می‌باشند و تحمل به خشکی آنها بیشتر بوده و عملکرد بالاتری دارند.
یکی دیگر از خصوصیات مطلوب گندم در رقابت با علف‌های هرز تعداد سنبله بیشتر در مترمربع است که این ویژگی در ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ مشاهده شد (جدول ۴-۱۳). وارویک و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه رقابت علف‌های در گندم اعلام کردند در شرایط مساوی کاشت تعداد بذر در مترمربع، ارقامی که تعداد پنجه بارور مطلوب داشته باشند، تعداد سنبله بیشتری در مترمربع دارا می باشند و با ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای بر علف‌های هرز غلبه می‌کنند. رضوانی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در رقابت با علف‌هرز خردل وحشی، تعداد سنبله در مترمربع را

مهمترین عامل تعیین کننده عملکرد دانه گزارش کردند و رابطه بین تعداد سنبله در مترمربع با زیست‌توده علف‌های هرز را منفی بدست آوردند و اعلام کردند با افزایش تعداد سنبله در مترمربع به علت رقابت بین‌گونه‌ای، ارتفاع علف‌های هرز کاهش می‌یابد و در نتیجه زیست‌توده آنها کم می‌شود.

نتایج نشان داد که اثر متقابل شرایط × علف‌هرز نیز بر تراکم و زیست توده علف‌های هرز بترتیب در سطح ۵ و ۱ ٪ معنی دار بود. براساس مقایسه میانگین اثر متقابل شرایط × علف‌هرز (جدول ۴-۱۴) نیز مشخص شد که زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از دیم بود(جدول ۴-۱۶). بطوریکه زیست توده علف های هرز در منطقه سیساب ۱۴/۸ و در منطقه شیراون ۱۴/۲ درصد در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر بود. با توجه به اینکه در شرایط آبیاری تکمیلی، رطوبت مورد نیاز علف‌های هرز تامین شده است لذا رشد رویشی آنها زیاد شده در نتیجه زیست‌توده آنها افزایش یافته است. رطوبت از نهاده‌های بسیار ضروری برای رشد و نمو گیاهان می‌باشد، بنابراین با کمبود رطوبت در کشت دیم، زیست توده علف‌های هرز کاهش می‌یابد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۵). فرناندز و بریگل (۲۰۰۵) در آزمایشی میزان جوانه‌زنی گیاهچه‌های سوروف را در سطوح مختلف رطوبتی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با کاهش فراهمی رطوبت، جوانه‌زنی این گیاه تحت تاثیر قرار گرفت و در نهایت مقدار زیست توده علف‌هرز کاهش یافت. چایوهان و جانسون (۲۰۱۰) نیز در آزمایشی پاسخ علف‌هرز سوروف را در شرایط رطوبتی مختلف بررسی کردند، در این بررسی مشخص شد که این علف‌های هرز تا سطح رطوبتی معادل ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توان تولید زیست‌توده و بذر خود را هم سطح با رطوبت صد در صد حفظ کرد ولی با کاهش رطوبت به ۱۳ درصد ظرفیت زراعی، زیست توده و تعداد بذر در بوته به ترتیب بیش از ۵۰ و ۷۵ درصد کاهش یافت.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه مکان × شرایط × علف هرز نشان داد (جدول ۴-۱۴) که در هر دو مکان سیساب و شیروان در شرایط حضور علف‌های هرز، هم در شرایط آبیاری تکمیلی و هم در

شرایط دیم صفات مختلف گندم شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم حضور علف هرز کاهش داشت. این امر نشان دهنده تاثیر منفی علف‌های هرز بر صفات مختلف گندم می‌باشد. در همین راستا نتایج این پژوهش حاکی از ان بود که در شرایط عدم حضور علف‌های هرز، هم در شرایط آبیاری تکمیلی و هم در شرایط دیم میزان عملکرد دانه در سیساب از شیروان بیشتر بود ولی در حضور علف‌های هرز، در شرایط آبیاری تکمیلی، عملکرد دانه گندم در شیروان بیشتر از سیساب بود. دلیل این امر بالا بودن میزان زیست‌توده علف‌های هرز در سیساب می‌باشد (جدول ۴-۱۴). با توجه به بالا بودن میزان بارندگی، رطوبت نسبی و خنک بودن ایستگاه سیساب (جدول ۳-۲)، میزان تراکم و رشد رویشی علف‌های زیاد بوده و شاخ و برگ بیشتری تولید کردند و باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه گندم نسبت به شیروان شدند.

کریمی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تاثیر تنش خشکی بر رشد علف‌هرز اویارسلام اعلام نمودند که با طولانی شدن دوره آبیاری و بروز تنش خشکی، صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد پنجه، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه و تولید بذر علف‌هرز اویلارسلام کاهش یافت. در همین راستا، محققین اعلام نمودند که با کاهش رطوبت در سال‌های کم باران، علف‌های هرز دارای تراکم کمتر و زیست توده اندک بوده و رقابت کمتری با گیاهان زراعی دارند در حالی که در شرایط وجود رطوبت، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و با کاهش نور رسیده به علف‌های هرز و نیز تخلیه بیشتر مواد غذایی خاک سبب کاهش بیشتر عملکرد گیاهان زراعی می-شود (چایوهان و جانسون، ۲۰۱۰). بنابراین براساس نتایج محققین مختلف بیشتر بودن زیست توده و تراکم علف های هرز و متعاقبا خسارت بیشتر به گیاه زراعی در ایستگاه سیساب نسبت به شیروان بدور از انتظار نمی باشد.

بر اساس جدول (۱۵-۴)، بیشترین خسارت علف‌های هرز در کاهش عملکرد دانه، مربوط به ژنوتیپ ۲۰ (به ترتیب با ۳۷ درصد در شرایط آبیاری تکمیلی و ۲۶ درصد در شرایط دیم) بود و کمترین میزان خسارت علف‌های هرز در ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ (به ترتیب ۷ و ۸ درصد در آبیاری تکمیلی و ۶

و ۵ درصد در شرایط دیم) مشاهده گردید که بطور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌ها کمتر بود. در شرایط وجین علف‌های هرز، میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از شرایط دیم بود، اما میزان خسارت علف‌های هرز به ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط آبی بیشتر از شرایط دیم بود (جدول ۴-۱۵). میزان خسارت گیاهان زراعی توسط علف‌های هرز در محیط‌هایی با رطوبت کم (دیم) نسبت به محیط‌های مرطوب (آبی) کمتر است. دلیل این امر را می توان به کاهش زیست‌توده علف‌های هرز در محیط‌های خشک(کم‌آب) مربوط دانست (چایوهان و جانسون، ۲۰۱۰). یوسفی و همکارن (۱۳۹۵) در ارزیابی عملکرد گندم پاییزه و زیست توده علف‌های هرز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، میزان زیست توده علف‌های هرز را در آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر گزارش کردند. عبدالهی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه رقابت علف‌های هرز در گیاه جو گزارش نمودند که عملکرد ژنوتیپ‌ها در سطوح تراکم در شرایط حضور و عدم حضور علف‌های هرز متفاوت است.

جدول ۴-۱۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان × شرایط × علف هرز

مکان	شرایط	علف‌ها هرز	ارتفاع بوته (cm)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	وزن هزار دانه(gr)	عملکرد دانه(kg/ha)	تراکم علف های هرز (no/m^2)	زیست توده علف های هرز (gr/m^2)
سیساب	آبیاری تکمیلی	عدم حضور علف هرز	۸۷^{a}	۴۱^{a}	۴۰۷^{a}	۴۰^{a}	۱۹۵۴^{a}	۰^{d}	۰^{e}
سیساب	آبیاری تکمیلی	حضور علف هرز	۸۴^{b}	۲۷^{f}	۳۸۷^{c}	۳۲^{f}	۱۴۵۳^{d}	۵۴^{a}	۳۵۱^{a}
سیساب	دیم	عدم حضور علف هرز	۸۱^{d}	۳۵^{c}	۳۸۴^{d}	۳۸^{b}	۱۶۸۶^{c}	۰^{d}	۰^{e}
سیساب	دیم	حضور علف هرز	۷۷^{e}	۳۱^{e}	۳۶۳^{f}	۳۰^{g}	۱۳۸۲^{e}	۴۷^{b}	۳۳۴^{b}
شیروان	آبیاری تکمیلی	عدم حضور علف هرز	۸۲^{c}	۳۹^{b}	۴۰۲^{b}	۳۷^{c}	۱۷۸۶^{b}	۰^{d}	۰^{e}
شیروان	آبیاری تکمیلی	حضور علف هرز	۸۰^{d}	۲۴^{g}	۳۸۰^{d}	۳۴^{e}	۱۴۶۷^{e}	۴۸^{b}	۳۱۲^{c}
شیروان	دیم	عدم حضور علف هرز	۷۵^{f}	۳۳^{d}	۳۷۵^{e}	۳۶^{d}	۱۳۲۳^{e}	۰^{d}	۰^{e}
شیروان	دیم	حضور علف هرز	۷۲^{g}	۲۷^{f}	۳۵۸^{g}	۳۲^{f}	۱۱۶۷^{f}	۴۲^{c}	۲۹۱^{d}

جدول ۴-۱۵- مقایسه خسارت علف‌های هرز بر میانگین عملکرد دانه گندم در شرایط آبی و دیم (میانگین دو مکان)

شماره ژنوتیپ	شرایط آبی				شرایط دیم			
	عملکرد دانه(kg/ha) در شرایط عدم علف هرز	عملکرد دانه(kg/ha) در شرایط وجود علف هرز	کاهش عملکرد (kg/ha) در اثر علف‌های هرز	درصد خسارت علف‌های هرز	عملکرد دانه (kg/ha) در شرایط عدم علف هرز	عملکرد دانه(kg/ha) در شرایط وجود علف هرز	کاهش عملکرد (kg/ha) در اثر علف‌های هرز	درصد خسارت علف‌های هرز
۱	۱۷۲۴^{k}	۱۳۴۸^{j}	۳۷۶^{h}	۲۲^{fg}	۱۰۸۳^{g}	۹۲۵^{h}	۱۵۸^{cdefg}	۱۵^{bcde}
۲	۱۹۶۱^{f}	۱۴۶۸^{h}	۴۹۳^{cd}	۲۵^{cd}	۱۲۱۸^{e}	۱۰۹۰^{g}	۱۲۸^{efg}	۱۱^{defg}
۳	۱۹۵۸^{f}	۱۵۱۵^{fg}	۴۴۳^{fg}	۲۳^{ef}	۱۳۴۲^{c}	۱۱۷۴^{ef}	۱۶۸^{bcdefg}	۱۳^{bcde}
۴	۲۰۳۸^{cd}	۱۵۳۸^{ef}	۵۰۰^{bcd}	۲۵^{cd}	۱۳۶۴^{c}	۱۲۲۴^{de}	۱۴۰^{defg}	۱۰^{efg}
۵	۱۸۵۵^{i}	۱۴۱۸^{i}	۴۳۷^{ef}	۲۴^{de}	۱۲۱۵^{e}	۹۹۰^{h}	۲۲۵^{abc}	۱۹^{b}
۶	۲۰۵۳^{cd}	۱۵۶۱^{de}	۴۹۲^{d}	۲۴^{de}	۱۳۹۰^{c}	۱۱۵۰^{ef}	۲۴۰^{ab}	۱۷^{bcd}
۷	۲۰۳۰^{de}	۱۵۹۸^{c}	۴۳۳^{g}	۲۱^{g}	۱۳۷۴^{c}	۱۲۴۹^{c}	۱۲۵^{efg}	۹^{efg}
۸	۲۰۳۰^{de}	۱۵۶۸^{d}	۴۶۳^{ef}	۲۳^{ef}	۱۳۷۳^{c}	۱۲۵۴^{cd}	۱۱۹^{fg}	۹^{efg}
۹	۱۶۷۳^{l}	۱۲۴۴^{k}	۴۲۹^{g}	۲۶^{bc}	۱۰۶۳^{h}	۹۴۰^{h}	۱۲۳^{efg}	۱۲^{cdef}
۱۰	۲۰۵۸^{c}	۱۶۰۸^{c}	۴۵۰^{fg}	۲۲^{fg}	۱۳۹۹^{c}	۱۱۶۸^{f}	۲۳۱^{ab}	۱۷^{bcd}
۱۱	۱۹۱۹^{g}	۱۳۹۷^{i}	۵۲۲^{bc}	۲۷^{b}	۱۲۹۰^{d}	۱۱۱۷^{f}	۱۷۳^{abcdefg}	۱۳^{bcde}
۱۲	۲۵۲۰^{b}	۲۳۷۳^{b}	۱۴۸^{k}	۶^{j}	۲۰۲۱^{b}	۱۸۹۶^{b}	۱۲۵^{efg}	۴^{fg}
۱۳	۱۸۸۸^{h}	۱۳۹۷^{i}	۴۹۱^{de}	۲۶^{bc}	۱۲۷۵^{de}	۱۱۰۸^{f}	۱۶۸^{bcdefg}	۱۳^{bcde}
۱۴	۲۰۶۰^{c}	۱۵۳۴^{ef}	۵۲۶^{b}	۲۶^{bc}	۱۳۷۵^{c}	۱۲۳۹^{cde}	۱۳۶^{defg}	۱۰^{efg}
۱۵	۲۰۱۰^{e}	۱۵۸۱^{cd}	۴۲۹^{g}	۲۱^{g}	۱۳۸۶^{c}	۱۱۹۸^{cde}	۱۸۹^{abcdef}	۱۴^{bcde}
۱۶	۱۸۲۸^{j}	۱۵۰۰^{g}	۳۲۸^{i}	۱۸^{h}	۱۲۱۰^{e}	۱۰۰۹^{g}	۲۰۱^{abcde}	۱۷^{bcd}
۱۷	۲۷۱۰^{a}	۲۵۰۸^{a}	۲۰۳^{j}	۸^{i}	۲۱۴۱^{a}	۲۰۳۳^{a}	۱۰۹^{g}	۵^{g}
۱۸	۱۷۰۴^{k}	۱۳۵۰^{j}	۳۵۴^{hi}	۲۱^{g}	۱۰۹۱^{gh}	۹۶۸^{h}	۱۲۳^{efg}	۱۱^{defg}
۱۹	۱۸۰۳^{j}	۱۴۲۰^{i}	۳۸۳^{h}	۲۱^{g}	۱۱۸۰^{f}	۹۶۶^{h}	۲۱۴^{abcd}	۱۸^{bc}
۲۰	۱۶۵۶^{m}	۱۰۳۹^{l}	۶۱۷^{a}	۳۷^{a}	۹۵۵^{i}	۷۰۴^{i}	۲۵۱^{a}	۲۶^{a}

جدول ۴- ۱۶- میانگین زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط آبی و دیم (میانگین دو مکان)

شماره ژنوتیپ	زیست‌توده مجموع علف‌های هرز (gr/m^2) در شرایط دیم	زیست‌توده مجموع علف‌های هرز (gr/m^2) در شرایط آبی
۱	۳۰۷^{b}	۳۵۰^{b}
۲	۳۰۳^{bc}	۳۴۸^{bcd}
۳	۲۸۹^{fgh}	۳۳۵^{efg}
۴	۳۰۲^{bcd}	۳۴۴^{bcde}
۵	۳۰۳^{bc}	۳۴۸^{bcd}
۶	۳۰۳^{bc}	۳۴۳^{bcde}
۷	۲۹۰^{efgh}	۳۳۸^{defg}
۸	۲۹۹^{bcde}	۳۴۴^{bcde}
۹	۲۹۳^{defgh}	۳۳۷^{efg}
۱۰	۳۰۳^{bc}	۳۴۸^{bcd}
۱۱	۲۹۵^{cdefg}	۳۴۱^{bcdef}
۱۲	۲۳۴^{j}	۲۵۵^{i}
۱۳	۲۸۵^{h}	۳۲۸^{gh}
۱۴	۲۹۶^{cdefg}	۳۳۹^{cdef}
۱۵	۲۹۷^{cdef}	۳۴۱^{bcdef}
۱۶	۲۸۹^{fgh}	۳۳۵^{fgh}
۱۷	۲۱۷^{k}	۲۵۲^{i}
۱۸	۲۸۶^{gh}	۳۳۲^{fg}
۱۹	۲۷۴^{i}	۳۱۸^{h}
۲۰	۳۴۶^{a}	۳۸۵^{a}

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱)، شاخص رقابتی CI برای ژنوتیپ‌ها در سطح ۱٪ معنی-دار بود. بر اساس مقایسه میانگین مرکب (جدول ۴-۱۷)، ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ به ترتیب با ۲/۰۱۱ و ۲/۲۱۸ بیشترین و ژنوتیپ ۲۰ با ۰/۶۴۵ کمترین مقادیر شاخص رقابتی CI را به خود اختصاص دادند. شاخص رقابتی CI، یک شاخص مناسبی جهت بررسی توان رقابتی ارقام با علف‌های هرز می باشد. این شاخص همبستگی مستقیمی با عملکرد دارد و نشان دهنده این است که ارقام مختلف گیاهان

زراعی توانایی رقابت متفاوتی دارند (زند و همکاران، ۱۳۸۳). آموس و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای در گیاهان خانواده بقولات رابطه بین شاخص رقابتی CI با عملکرد را مثبت و معنی‌دار بدست آوردند و اعلام نمودند توانایی رقابت ارقام مختلف زراعی با علف‌های هرز به ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد پنجه، شاخص سطح برگ و .. بستگی دارد. محمد دوست‌چمن‌آباد و همکاران (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای بر روی گیاه گندم، رابطه بین شاخص رقابتی CI با عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار بدست آوردند و گزارش نمودند، ارقامی که توانایی رقابت بالایی با علف‌های هرز دارند از طریق کاهش زیست توده علف‌های هرز، بر آنها غلبه می‌کنند و خسارت آنها را به حداقل می‌رسانند. همانطور که در بررسی صفات ژنوتیپ‌های مختلف گندم مشاهده شد، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ که دارای ارتفاع بیشتر، تعداد پنجه بیشتر، میزان سبزینگی بیشتر و از نظر سایر صفات نیز نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها بهتر بودند بیشترین مقادیر شاخص رقابتی را به خود اختصاص دادند. بنابراین، در بررسی قابلیت رقابتی ژنوتیپ‌های مختلف گندم این شاخص از کارایی بالایی در تعیین قابلیت رقابت ژنوتیپ-ها با علف های هرز برخوردار است.

جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگین مرکب شاخص رقابتی CI (در دو شرایط و دو مکان) در ۲۰ ژنوتیپ گندم

شماره ژنوتیپ‌ها	شاخص رقابتی CI
۱	۰/۸۰۰۶^{kl}
۲	۰/۹۷۶۲^{fg}
۳	۱/۰۱۸۰^{e}
۴	۱/۰۰۴۰^{ef}
۵	۰/۷۷۶۳^{l}
۶	۰/۸۱۰۶^{k}
۷	۱/۱۲۳۰^{c}
۸	۱/۰۲۹۰^{e}
۹	۰/۸۲۲۳^{jk}
۱۰	۰/۸۰۴۴^{kl}
۱۱	۰/۹۳۱۳^{h}
۱۲	۲/۰۱۱۰^{b}
۱۳	۰/۹۶۱۳^{gh}
۱۴	۱/۰۲۹۰^{e}
۱۵	۱/۰۷۹۰^{d}
۱۶	۰/۸۶۸۱^{i}
۱۷	۲/۲۱۸۰^{a}
۱۸	۰/۸۵۵۰^{ij}
۱۹	۰/۸۶۵۰^{i}
۲۰	۰/۶۴۵۶^{m}

۴-۵- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ... دارای اختلاف معنی‌داری بودند که این موضوع نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش است. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اغلب صفات بررسی شده در ژنوتیپ های مختلف گندم بطور معنی‌داری در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به دیم در هر دو مکان مورد مطالعه افزایش داشتند. همچنین، صفات مختلف مورد بررسی گندم در ایستگاه سیساب نسبت به ایستگاه شیروان بطور معنی‌داری بهبود نشان داد.

بالاترین میزان محتوی نسبی آب برگ و کمترین مقدار هدایت الکتریکی برگ(کمترین خسارت واکوئل سلول) مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ بود. این دو ژنوتیپ از لحاظ میزان پرولین برگ، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و ارتفاع بیشترین مقدار را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. این خصوصیات سبب شده تا ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۲ به ترتیب با ۲۷۸۰ و ۲۶۰۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی (بدون تنش) و با ۲۲۶۳ و ۲۱۱۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط تنش، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان دادند و اختلاف عملکرد این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و عدم تنش در حداقل بود.

از بین شاخص های مورد بررسی، شاخص های STI، MP و GMP به ترتیب با ضرایب ۰/۹۵، ۰/۹۳ و ۰/۸۲ بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. بنابراین، این سه شاخص برای شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش مناسب هستند.

بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش، علف‌های هرز در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم، تراکم و زیست توده بیشتری تولید کردند. همچنین میزان خسارت و کاهش عملکرد گندم بوسیله علف‌های هرز در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از شرایط دیم بود. تراکم و زیست توده علف

های هرز در شرایط دیم و آبی در منطقه سیساب بیشتر از منطقه شیروان بود و میزان خسارت آنها به گندم نیز در این منطقه بیشتر از شیروان بود. بالاترین کاهش زیست توده علف‌های هرز ابتدا در ژنوتیپ ۱۷ و سپس در ژنوتیپ ۱۲ مشاهده شد و به تبع آن کمترین خسارت علف‌های هرز در هر دو محیط دیم و آبیاری تکمیلی مربوط به دو ژنوتیپ مذکور بود که این امر نشان دهنده قدرت بیشتر این ژنوتیپ‌ها در رقابت با علف‌های هرز می‌باشد. بنابراین می‌توان ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۷ را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد دانه مطلوب و توان رقابتی بالا با علف‌های هرز از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گزینش کرد. با معرفی و کاشت این چنین ژنوتیپ‌هایی از گندم، می‌توان به حداکثر عملکرد دانه در واحد سطح دست یافت و همچنین می‌توان زیست‌توده علف‌های هرز را در مزارع کاهش داد و میزان مصرف علفکش را به حداقل رساند و بدین طریق گام مثبتی در جهت کاهش آلودگی محیط زیست و نیل به اهداف کشاورزی پایدار برداشت.

۴-۶- پیشنهادات

- بررسی ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در مکان های متفاوت و با آب و هوای متفاوت انجام شود تا ضریب اطمینان برای قضاوت تحمل به خشکی آنها افزایش یابد.

- ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش در مکان‌هایی با فلور مختلف علف‌های هرز مورد آزمایش قرار گیرند.

– اگر در برنامه‌های به نژادی آینده، ژنوتیپ‌های پیشرفته مورد مطالعه ۱۲ و ۱۷ به مدت دو سال مورد آزمایش قرار گیرند و در پروژه‌های تحقیقی و ترویجی با سایر ژنوتیپ‌های گندم مقایسه شوند و در صورت برتر بودن از آن به عنوان رقم معرفی شوند، کمک شایانی به افزایش عملکرد گندم در شرایط دیم خواهد شد.

- در بررسی‌ها از ژنوتیپ‌های بیشتری استفاده شود. با توجه به تغییر اقلیم و کاهش بارندگی در ایران، جهت بهبود عملکرد، ارقام متحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گندم شناسایی شوند تا در شرایط تنش خشکی عملکرد مطلوبی حاصل شود.

منابع

- ابراهیم‌زاده ح.، سلیمی ا.، کیارستمی خ.، اصغری ر. و میقانی ف.۱۳۹۱. گندم‌های ایران با نگاه پژوهشی. **نشر دانشگاهی**. ۳۹۰ صفحه.

- ابرناک س.، زراعی ل. و چقامیرزا ک. ۱۳۹۶. ارزیابی برخی صفات مهم زراعی و فیزیولوژیک در ارقام جو در شرایط دیم. **مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی**. ۳۶: ۶۳-۴۱.

- احمدی ع.، پورقاسمی ر.، حسین پور ط. و سهرابی س. ۱۳۹۵. ارزیابی روابط عملکرد دانه با صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دیم بهاره. **مجله اکوفیزیولوژی**. ۱ (۲۴): ۱-۱۲.

- احمدی ج.، خطیبی م.، امیرشکاری ح. و امینی م. ۱۳۹۰. ارزیابی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد ارقام گندم بهاره با استفاده از روش های آماری چند متغیره. **مجله دانش زراعت**، ۴(۴): ۵۵-۶۶.

- اسدی س.، آینه‌بند ا. و راهنما ا. ۱۳۹۲. مطالعه واکنش عملکرد گندم به تنش رقابت و سطوح مختلف نیتروژن. **مجله پژوهش‌های زراعی ایران**. جلد ۱۱، شماره ۲: ۳۷۶-۳۶۵.

- اسدی ا.، عسگری ع.، میرفخرایی س.، عباسی ع. و خدادادی م. ۱۳۹۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم نان از نظر برخی صفات مهم فیزیولوژیک تحت تنش سرمای بهاره. **مجله تنش‌های محیطی**. جلد ۱۱. شماره ۱: ۱۸۳-۱۷۱.

- اسفندیاری ع. و عنایتی و. ۱۳۹۱. بررسی نقاط حساس به شوری در گندم با استفاده از فلوئورسانس سریع کلروفیل، مکانسیم‌های دفاعی و شاخص پایداری غشاء. **مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار**. جلد ۲. شماره ۳ : ۵۹-۴۲.

- امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات. **انتشارات دانشگاه شیراز**. ۱۹۰ صفحه.

- امیرجانی م. ۱۳۹۶. ارزیابی هدایت الکتریکی، کلروفیل و عملکرد گندم تحت تنش کم آبی. **مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی**. ۱۱ (۱): ۱۱۱-۱۲۶.

- امیرجانی م.، آبنوس م ح.، مهدیه م. و قره‌شیخ‌لو س. ۱۳۹۴. بررسی اثر سرب بر فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، میزان پرولین و آلکالوئید کل کالوس گیاه پریوش. **مجله سلول و بافت.** ۶ (۱): ۹-۲۱.

- امینی ر.، پژگان ح. و دباغ محمدی نسب ع. ۱۳۹۳. بررسی توان رقابتی ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا در برابر علف‌های هرز. **نشریه پژوهش‌های زراعی ایران**. شماره ۳. صفحه ۴۹۱-۵۰۱.

- اندرزیان ب. ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه عملکرد گندم و جو تحت شرایط آبیاری محدود در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، **دانشگاه شهید چمران اهواز**.

- اهدایی ب.، نورمحمدی ق. و والا ع. ۱۳۷۳. حساسیت محیطی و تجزیه همبستگی عملکرد دانه و اجزای آن در گندم دوروم. در شرایط تنش و بدون تنش. **مجله کشاورزی**. ۱۷: -۳۵ ۱۷.

- ایروانی م.، سلوکی م.، رضایی ع ح.، سیاسر ب. و کوهکن ش ع. ۱۳۸۷ . بررسی تنوع و روابط میان صفات زراعی با عملکرد در لاین‌های پیشرفته جو به کمک تجزیه عامل ها . **مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی**. ۱۲(۴۵): ۱۳۷-۱۴۵.

- آقایی سربرزه م.، روستائی م.، محمدی ر.، حق‌پرست ر. و رجبی ر. ۱۳۸۸. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲(۱): ۱-۲۳.

- آئین ا. ۱۳۹۱. تغییرات میزان پرولین، کربوهیدارت‌های محلول و جذب عناصر پتاسیم، روی و کلسیم در ژنوتیپ‌های کنجد تحت شرایط تنش خشکی. **مجله تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی**. دوره ۴. شماره ۳: ۴۸-۳۹.

- باقری ع ر. ۱۳۹۲. مقایسه میزان فتوسنتز و عملکرد گندم دوروم با گندم معمولی در شرایط تنش شوری و اسید کاربرد هورمون سالیسیلیک. **مجله اکوفیزیولوژی گیاهی**. ۱۲: ۱۱-۱.

- باغستانی م ع. و زند ا. ۱۳۸۴. ارزیابی قدرت رقابتی برخی ژنوتیپ‌های گندم زمستانه در مقابل علف‌های هرز با تاکید بر ناخنک و یولاف وحشی در منطقه کرج. **مجله آفات و بیماریهای گیاهی**. ۷۲: ۲۱-۱.

- بهبودی ش.، احمدی ج.، شاهنجات ع ا. و حداد ر. ۱۳۹۱. بررسی اثرات تنش‌های غیر زنده بر میزان و الگوی پروتئینی دو رقم گندم در مرحله گیاهچه. مجله ژنتیک نوین. ۷ (۴): ۳۸۰- ۳۷۱.

- بخشی پور س.، گزانچیان ع.، محدثی ع.، اله قلیپور م. و رامنه و. ۱۳۸۹ . مطالعه صفات مهم زراعی با عملکرد دانه در لاینهای امیدبخش برنج با استفاده از تجزیه علیت و تجزیه کلاستر. صفحه های ۲۴۹ تا ۲۵۲ . یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. **دانشگاه شهید بهشتی تهران**، تهران

- بی‌نام. ۱۳۹۴. نحوه کارآیی دستگاه کلروفیل سنج. **شرکت یکتا** (کاوشگر تک آزما).

- پاک‌نژاد ف. م ب خشامن.، و م صادقی. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل، رطوبت نسبی و پایداری غشاء سیتوپلاسمی سویا رقم ویلیامز. **مجله پژوهش‌های به‌زراعی**. جلد۴. شماره ۴: ۳۶۵-۳۵۵.

- تدین م. و امام ی. ۱۳۸۶. اثر آبیاری تکمیلی و مقدار فراهمی آب بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم گندم دیم. **علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**. ۴۲: ۱۴۵ -۱۵۶.

- توکلی ع ر.، مهدوی مقدم ر م. و سالمی ح. ۱۳۹۳. اثر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن بر ضرایب همبستگی صفات و شاخص های تحمل به خشکی گندم نان در زراعت دیم. **نشریه تولید گیاهان زراعی**. ۷(۴): ۱۴۳-۱۵۹.

- توکلی ع ر. ۱۳۹۲. کم آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۷ (۴): ۵۸۹-۶۰۰.

- جاجرمی و. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش خشکی بر مولفه‌های جوانه‌زنی ۷ رقم گندم. **مجله زراعت و اصلاح نباتات**. ۸(۴): ۱۹۲-۱۸۳.

- جلالی‌فر س.، موسوی س.، عبدالهی م ر. و چائیچی م ر. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در برخی ارقام گندم نان با استفاده از شاخص‌های قدیم و جدید. **فناوری تولیدات گیاهی**. ۱۲(۱): ۱۵-۲۶.

- جعفرنژاد ا.، آقایی ح. و نجفیان گ. ۱۳۹۲. صفات موثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی. **مجله به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی**. ۱ (۱): -۲۲ ۱۱.

- چالیش ل. و هوشمند س. ۱۳۹۰. برآورد وراثت‌پذیری و ارتباط بین برخی صفات گندم دوروم با استفاده از لاین‌های خاص نوترکیب. **مجله تولید گیاهان زراعی**. ۴(۲): ۲۳۸-۲۲۳.

- چقامیرزا ک. و فرشادفر ع. ۱۳۸۵. مطالعه روابط عملکرد و اجزای آن در نخود. ۱۳۸۵. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. **مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر**.

- حسینی س ع. و زند ا. ۱۳۹۰. بررسی ترکیب گونه‌ای، تراکم و برآورد خسارت علف‌های هرز مزارع گندم آبی استان خراسان جنوبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. **دانشگاه فردوسی مشهد. گروه کشاورزی**. ۱۱۵ صفحه.

- خرسندی ه.، غفاری ع.، تاج بخش م. و حسن زاده ا. ۱۳۹۲. ارزیابی شاخص‌های رشد چند ژنوتیپ گندم تان تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. **مجله زراعت دیم**. جلد ۱. شماره ۴: ۸۲-۶۹.

- خلیلی م. و تقوی م. ۱۳۹۷. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام بهاره گندم از نظر صفات فیزیولوژیک و زراعی تحت تنش خشکی. مجله اصلاح گیاهان زراعی. ۲۵: ۱۵۱-۱۳۷.

- داداشی م.، نوری نیا ع.، مرتضی‌عسگر م. و عزیزی ش. ۱۳۸۹. ارزیابی همبستگی تعدادی از خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارقام جو لخت با عملکرد دانه. **مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف های هرز**. ۴(۱۵): ۲۹-۴۰.

- دیهیم‌فرد ر. ۱۳۸۴. ارزیابی خصوصیات مورفوفیزیولوژی موثر بر افزایش عملکرد بعضی از ارقام گندم در رقابت با منداب. پایاننامه کارشناسی ارشد. **دانشکده کشاورزی ابوریحان**. ۱۳۵ صفحه.

- ذوالحسنی ز.، مقصودلو ع. و صفاری و. ۱۳۹۵ . بررسی اثر تنش خشکی بر فرآیند پنجه‌زنی در ارقام مختلف گندم و جو. پایاننامه کارشناسی ارشد. **دانشگاه باهنر کرمان**.

- رحیمی م.، ربیعی ب.، رمضانی م. و موافق ص. ۱۳۸۹. ارزیابی صفات زراعی و تعیین متغیرها برای بهبود عملکرد در برنج. **نشریه پژوهش های زراعی ایران**. جلد هشتم. شماره ۱. صفحه های ۱۱۱ تا ۱۱۹.

- رستگار م. ۱۳۸۱. دیمکاری. **انتشارات برهمند**. تهران. ۳۷۸ صفحه.

- رشیدی اصل ا .۱۳۹۱ . بررسی تحمل به تنش خشکی برخی از ارقام گندم در شرایط کم آبی. **مجله پژوهش های به زراعی**. ۴(۳): ۲۰۷-۲۱۷.

- رضوانی ح.، اصغری ج.، احتشامی س م. و کامکار ب. ۱۳۹۲. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در رقابت با علف‌های هرز خردل وحشی. **مجله تولید گیاهان زراعی**. جلد ۶. شماره ۴: ۲۱۴-۱۸۷.

- روستایی م. ۱۳۷۹. بررسی صفات زراعی موثر در افزایش عملکرد گندم دیم در مناطق سردسیر. **مجله نهال و بذر**. ۱۶ (۳): ۲۸۵-۲۹۹.

- زبرجدی ع.، شادابی ت.، اطمینان س. و محمدی ع. ۱۳۹۲. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ های گندم دوروم با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی. **مجله نهال و بذر**. دوره ۲۹. شماره : ۱۲-۱.

- زند ا.، کوچکی ع.، رحیمیان مشهدی ح.، دیهیم‌فرد ر.، صوفی‌زاده س. و نصیری محلاتی م. ۱۳۸۲. مطالعه برخی خصوصیات اکوفیزیولوژیکی موثر در افزایش توانایی رقابت ارقام گندم ایرانی قدیم و جدید با علف‌هرز یولاف وحشی، **مجله پژوهش‌های زراعی ایران**. جلد ۱. شماره ۲: ۱۷-۱.

- زند ا.، رحیمیان مشهدی ح.، کوچکی ع.، خلقانی ج.، موسوی س ک. و رمضانی ک. ۱۳۸۳. اکولوژی علف‌های هرز. **جهاد دانشگاهی مشهد**. ۵۶۰ ص.

- سعیدی م.، احمدی ا.، سپهری ر.، نجفیان گ. و شعبانی ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی انتهای فصل بر خصوصیات فیزیولوژیک و روابط منبع و مخزن در دو رقم گندم نان. **مجله علوم زراعی ایران**. ۱۲ (۴): ۳۹۲-۴۰۸.

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

- صابری م ح.، آرزمجو ا. و امینی ا. ۱۳۹۵. ارزیابیتنوع و شناسایی صفات موثر بر عملکرد لاین-های امید بخش گندم نان تحت تنش شوری. **مجله اصلاح گیاهان زراعی**.۲۰: ۳۹-۳۱.

- ضابط م. حسین‌زاده ع.، احمدی ع. و خیال‌پرست ف. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی برصفات مختلف و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ماش. **مجله علوم کشاورزی ایران**. ۳۴ (۴): ۸۸۹-۸۹۸ .

- عبدالهی ع.، مرادی خ. و محمدی ر. ۱۳۹۳. ارزیابی توان رقابتی لاین‌های امید بخش جو با علف‌های هرز در تراکم‌های مختلف تحت شرایط دیم. **مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار**. شماره ۳. صفحه ۱۰۹-۹۷.

- عزیزی‌نیا ش.، قنادها م ر.، زالی ع ع.، یزدی صمدی ب. و احمدی ع. ۱۳۸۴. بررسی ارزیابی صفات کمی مرتبط با مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط آبی و دیم. **مجله علوم کشاورزی ایران**. دوره ۳۶ شماره ۲. ۲۹۳-۲۸۱.

- عظیمی م.، خدارحمی م. و جلال کمالی م ر. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد دانه و برخی صفات مهم زراعی در ژنوتیپ های گندم نان بهاره در شرایط تنش خشکی انتهایی و بدون تنش. **مجله زراعت و اصلاح نباتات**. جلد ۸. شماره ۱: ۱۹۳-۱۷۵.
- فارسی م. و باقری ع. ۱۳۹۳. اصول اصلاح نباتات. **جهاد دانشگاهی مشهد**. ۳۶۸ صفحه.
- فداکار ا. و احمدی ح. ۱۳۹۴. ارزیابی ارقام مختلف گندم نان در شرایط کردستان. **سومین همایش ملی پژوهش‌های محیط زیست و کشاورزی ایران.**
- فروزانفر م.، بی‌همتا م ر.، پیغمبری س ع. و زینالی ح. ۱۳۹۰. ارزیابی ارقام گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی از نظر صفات زراعی. **مجله دانش کشاورزی**. ۲۱(۳): ۳۳-۴۶.
- فرشادفر ع. و جوادی نیا ج. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود از نظر تحمل خشکی. **مجله به-نژادی نهال و بذر**. ۲۷ (۴): ۵۱۷-۵۳۷.
- فرشادفر ع.، مرادی ف. و محمدی ر. ۱۳۹۲. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان برای تحمل به خشکی با استفاده از صفات آگرو-فیزیولوژیک. **مجله زراعت دیم**. جلد ۱. شماره ۳: ۶۵-۸۵.
- فریدنیا ع.، باغستانی م.، زند ا.، و نورمحمدی ق. ۱۳۸۸ . ارزیابی قدرت رقابتی ارقام گندم در مقابل علف هرز خاکشیر. **مجله حفاظت گیاهان**. جلد ۲۳. شماره ۲: ۸۱-۷۴.
- قرنجیک ا.، غلامعلی‌پور علمداری ا.، بیابانی ع. و حقیقی ع. ۱۳۹۲. ارزیابی پتانسیل آللوپاتیکی علف هرز پیچک بر گندم. **مجله تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان**. دوره ۱. شماره ۱: ۸۳-۹۶.
- قعله‌کری ح م.، قبادی ا.، محمدی غ.، جلالی هنرمند س.، قبادی م. و سعیدی م. ۱۳۹۳. اثر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشدی دو رقم گندم دیم در شرایط کرمانشاه.

مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۲۲: ۱۱۳-۱۰۱.

- کردوانی پ. ۱۳۹۳. مناطق خشک. **انتشارات دانشگاه تهران**. ۳۵۰ صفحه.
- کریمی ر.، اسلامی و. و دهقان ر. ۱۳۹۶. بررسی اثر تنش خشکی بر رشد و پراکنش علف هرز اویارسلام ارغوانی. **مجله حفاظت گیاهان**. ۳۱ (۱): ۲۹-۳۹.
- گل‌آبادی م.، عباسی ز. و گل‌پرور ا ر. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ پرچم گندم نان در واکنش به تنش خشکی. **مجله تنش‌محیطی در علوم کشاورزی**. ۷ (۱): ۱-۱۱.
- گل پرور ا ر.، قنادها م ر.، زالی ع ع. و احمدی ع. ۱۳۸۵. تجزیه عاملی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان تحت تنش و بدون تنش خشکی. **مجله پژوهش و سازندگی**. ۷۲: ۵۹-۵۲.
- گلستانی‌فر ف.، محمودی س.، زمانی غ. سیاری م ح. ۱۳۹۵. اثر رقابت درون و برون گونه‌ای بر برخی صفات مورفولوژیکی و رشدی گندم تحت تنش خشکی. **مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی**. ۹ (۳): ۲۴۱-۲۵۵.
- محمددوست چمن‌آباد ح ر. و بخشی م. ۱۳۹۵. مطالعه خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی موثر در توان رقابت گندم در برابر علف‌های هرز. **مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار**. ۲۶ (۱): ۵۷-۶۶.
- محمددوست چمن‌آباد ح ر.، همتی خ. و برمکی م. ۱۳۹۴. تاثیر نیتروژن بر شاخص‌های رقابت و تحمل پنج رقم گندم به رقابت علف‌های هرز. **مجله حفاظت گیاهان**. شماره ۱. ۸۸-۹۴.

- محمددوست چمن‌آباد ح ر. ۱۳۹۰. کنترل علف‌های هرز. **انتشارات جهاددانشگاهی**. ۲۳۶

- محمددوست چمن‌آباد ح ر.، همتی خ. و برمکی م. ۱۳۹۴. تاثیر نیتروژن بر شاخص‌های رقابت و تحمل پنج رقم گندم به رقابت علف‌های هرز. **مجله حفاظت گیاهان**. شماره ۱. ۹۴-۸۸.

- محمدی گنبد ر ا.، حسینی ع.، نوری نیا ع ع.، توکلو م ر. و قوجق ح. ۱۳۸۹ . بررسی روابط عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های گندم از طریق تجزیه علیت در شرایط تنش گرما. **یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران**. دانشگاه شهید بهشتی.

- محمدی ح.، احمدی ع.، مرادی ف.، عباسی ع ر.، پوستینی ک.، جودی م. و فاتحی ف. ۱۳۹۰. ارزیابی صفات مهم برای بهبود عملکرد گندم تحت تنش خشکی. **مجله علوم زراعی ایران**. ۴۲ (۲): ۳۷۳-۳۸۵.

- محمدی ع.، مجیدی ا.، بی همتا م ر. و شریف آباد ح. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. **پژوهش و سازندگی**. ۷۳ (۳): ۱۹۲-۱۸۴.

- محمدی ف.، محمدی‌نژاد ق. و ناخدا ب. ۱۳۹۴. شناسایی لاین‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان. **مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی**. ۸ (۲): ۲۴۹-۲۵۸.

- محمدی ف.، محمدی‌نژاد ق. و ناخدا ب. ۱۳۹۳. بررسی تحمل به خشکی لاین‌های گندم نان. **مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی**. ۸. ۲۵۸-۲۴۹.

- محمدی م. و حسینی ک. ۱۳۸۶. دستورالعمل کاشت گندم و جو در شرایط نیمه‌گرمسیری. **موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور**. ۱۳ صفحه.

- مدرسی م.، محمدی و.، عباسعلی ز. و مردی م. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های تحمل به تنش گرما در گندم. **مجله علوم گیاهان زراعی ایران**. دوره ۴۲. شماره ۴: ۴۷۴-۴۶۵.
- مرادی م. و قدرتی غ ر. ۱۳۸۹. همبستگی و تجزیه علیت عملکرد دانه و صفات مهم زراعی ارقام بهاره کلزا. مجله فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی –**دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز**. دوره ۲. شماره ۸ : ۷۰- ۶۱.
- مرادی م.، زالی ع.، محمدی و. و مدرسی م. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های تحمل به تنش گرما در گندم. **مجله علوم گیاهان زراعی ایران**. دوره ۴۲ شماره ۳: ۴۷۴-۴۶۵.
- مقتدر ا.، روستایی م.، فرامرزی ع.، جعفرزاده ج.، دستبری ر.، اسلامیو ر. و خورشیدی نام ب م. ۱۳۹۱. ارزیابی ژنوتیپ های گندم نان تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی از نظر عملکرد دانه و اجزای آن در منطقه مراغه. **مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی**. ۳(۲۳): ۲۸۹-۳۰۲.
- مقدم ع. و هادی‌زاده م ح. ۱۳۷۹. بررسی استفاده از تنش تراکم در گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی در ذرت. **مجله علوم زراعی ایران**. ۲ (۳): ۲۵-۳۸.
- موری س.، امام ی. و کریم‌زاده ه. ۱۳۹۱. ارزیابی مقاومت به خشکی در ارقام گندم. **مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی**. دوره ۵ شماره ۳: ۳۲-۱۹.
- موسوی‌فر ب ا.، بهدانی م ع.، جامی‌الاحمدی م. و حسینی بجد م س. ۱۳۹۰. تغییرات شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترونیک و عملکرد دانه در سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره تحت تاثیر قطع آبیاری. **نشریه پژوهش‌های زراعی ایران**. جلد ۹. شماره ۳: ۵۳۴-۵۲۵.

- موسوی‌فر ب ا.، بهدانی م ع.، جامی‌الاحمدی م . و حسینی بجد م س. ۱۳۸۸. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و روغن سه رقم گلرنگ بهاره. **مجله بوم شناسی کشاورزی**. ۱ . ۱ : ۵۱-۴۱.

- نبی‌پور ع ر.، یزدی صمدی ب.، زالی ع ع. و پوستینی ک. ۱۳۸۱. بررسی اثر خشکی روی برخی صفات مورفولوژیکی و ارتباط این صفات با شاخص حساسیت به تنش در چند ژنوتیپ گندم. **مجله بیابان**. جلد ۷ شماره ۱: ۴۸-۳۱.

- نظری م. و عبدالشاهی ر. ۱۳۹۲. ارزیابی نقش تنظیم اسمزی دانه گرده، محتوای آب نسبی و تراکم روزنه در تحمل به خشکی ۴۰ رقم گندم نان. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵ (۳): -۲۳۳ ۲۲۲.

- نواب‌پور س. و کاظمی گ. ۱۳۹۲. مقایسه ارقام مختلف گندم و بررسی روابط بین صفات آنها با استفاده از روش‌های آماری یک و چند متغیره. **مجله تولید گیاهان زراعی**. جلد ۶. شماره ۱. ۱۹۱-۲۰۳.

- نورمحمدی ق.، حاج سید هادی م ر.، درزی م ت. و موحدی درزی م. ۱۳۹۱. اصلاح و تولید گندم نان. **انتشارات سروا**. ۶۲۷ صفحه.

- نورمند موید ف. رستمی م ع. و قنادها م ر. ۱۳۸۰. بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. **مجله علوم کشاورزی ایران**. ۳۲ (۴): ۷۹۵-۸۰۵.

- نوروزی ش.، مظاهری د. و قنبری ع. ۱۳۸۲. بررسی آثار رقابت چند گونه‌ای علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در منطقه‌ی شیروان. **پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی**. ۶۰: ۹۱-۹۶.

- نوروزی پ. ۱۳۸۲ .روشهای کلاسیک مهندسی ژنتیک برای ایجاد تحمل به تنش خشکی در گیاهان .**خشکی و خشکسالی کشاورزی**. شماره ۱۱ صفحه ۴۶-۴۳.

- نیازی‌فر ع. ۱۳۹۶. اثر تنش آخر فصل بر خصوصیات زراعی ارقام و لاین‌های جو. **مجله بوم-شناسی گیاهان زراعی**. ۱۳ (۱): ۷۱-۷۹.

- نیک‌سرشت ر.، محمدی ع.، مجیدی ا. و مصطفوی خ. ۱۳۹۳. بررسی لاین‌های پیشرفته گندم نان در دو شرایط تنش . بدون تنش خشکی. **مجله بوم‌شناسی کشاورزی**. شماره ۱. صفحه ۱۰۷-۹۷.

- نیستانی ا. محمودی ع. و رحیم نیا ف. ۱۳۸۴. تجزیه علیت و برآورد وراثت پذیری عملکرد و اجزای آن در ارقام مختلف جو. **مجله کشاورزی**. جلد ۷. شماره ۲. ۶۶-۵۵.

- یزدی صمدی ب.، رضایی ع م. و ولی‌زاده م. ۱۳۷۹. طرحهای آماری در پژوهش های کشاورزی. **دانشگاه تهران**. ۷۶۴ صفحه.

- هادی م.، مجنونی ا. و دلیرحسن‌نیا ر. ۱۳۹۶. بررسی ریسک کاشت و تعیین زمان مناسب آبیاری تکمیلی گندم دیم در دشت تبریز. **مجله آب و خاک**. ۲۷ (۲). ۳۲۰-۳۰۷.

- یوسفی ع.، پوریوسف م. و مردانی ر. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد گندم پاییزه و زیست توده علف-های هرز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و الگوی کشت. **مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار**. ۲۶ (۲): ۱۷-۳۰.

- Afrooz G., Sabaghnia N., Karimizadeh R. and Shekari F. 2014. Analysis of some agronomic traits of durum wheat under dryland and supplemental irrigation conditions. **Agriculture (Pol'nohospodárstvo), 60 (4): 149−158.**

- Ahadzadeh B., Mirzamasoumzadeh B. and Mollasadeghi V. 2014. Study of yield

component of barley promising lines through factor analysis.**Magnt Research Report, 2 (7): 4082-4084**

- Ahmed P., Jaleel C., Azooz M. and Gowher N. 2009. Generation of ROS and non-enzymatic antioxidants during abiotic stress in plants. **Botany Research International 2: 11-20.**

- Anwar J., Sobhani G.M., Hussain M., Ahmad J.M. and Munir M. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. **Pakistan Journal of Botany. 43: 1527-1530.**

- Amosse C., Jeuffroy M.H., Celette F., David C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. Euro. **Journal Agronomy. 49: 158– 167.**

- Arazmjo A., Heidari M. and Ghorbani A. 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 25(4):482-494.**

- Aycicek M. and Yildirim T. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in breed wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Pakistan Journal of Botany, 38** : **417-424.**

- Azizpour K., Shakiba M.R., Khosh Kholgh Sima N.A., Alyari H., Moghaddam M., Esfandiari E. and Pessarakli M. 2010. Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. **Journal of plant nutrition 33: 859-873.**

- Bagheri A.R. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and ion contents of four wheat cultivars. **Journal of Plant Ecophysiology. 1(3): 15-30**.

- Bagrei B. and Bybordi A. 2015. Yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under non-stress and drought stress conditions. **International Journal of Biosciences 6: 338-348.**

- Bakalova S., Nedeva D. and Mckee J. 2009. Protein profiles in wheat seedlings subjected to dehydration stress. **Applied Ecology and Environmental**

Research 6: 37-48.

- Balyan R.S., Malik R.K. and Pawer R.S. 2007. Competitive ability of winter wheat cultivars with wild oat (*Avena fatua* L.) .**Weed Science. 39:154 -158.**
- Bates L. S., Waldren R.P. and Tevre, I.V. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil, 39, 205-207**
- Beres B.L., Clayton G.W., Neil Harker K. Craig Stevenson F., Blackshaw R. B. and Graf R.J. 2010. A sustainable management package to improve winter wheat production and competition with weeds. **Agronomy Journal. 102: 649-657.**
- Bertholdsson N.O. and Tuvesson S. 2005. Possibilities to use marker assisted selection to improve alleopathic activity in cereals. Proceeding of the cost susvar/Eco-PB workshop on organic **plant breeding strategies and the use of molecular markers. 68- 72.**
- Bidinger F.R., Mahalakshmi V. and Rao G.D.P. 1978. Assessment of drought resistance in millet. Factors effecting yields under stress. **Australian Journal of Agricultural Research, 38: 37–48.**
- Blum A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press. **Boca Raton, FL, USA. 223 pages**
- Blum A., Shipiler L., Golan G. and Mayer J. 1989. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. **Field Crop Res. 22: 289296**.
- Bouslama M. and Schapaugh W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science, 24: 933- 937.**
- Caliandro A. and Boari F. 1992. Supplementary irrigation in arid and semi-arid regions. **Food and Agriculture Organization of the United Nations. 13: 22-27.**
- Cesar G.L., Banowetz G., Peterson C.J. and Kronstad W.E. 2003. Dehydrin expression and drought tolerance in seven wheat cultivars.**Crop Science. 43:**

577-582.

- Chauhan B.S., Awan T.H. and Yadav.S. 2015. Effect of crop establishment methods and weed control treatment on weed management and rice yield field. **Crops Research. 172. 72-84.**

- Chain K.N. and Wichman D. 2008. Hard red spring wheat response to row spacing, seeding rate and nitrogen. **Agronomy Journal. 100: 1296-1302**

- Chauhan B.S. and Johnson D.E. 2010**.** Growth and reproduction of Junglerice (*Echinochloa colona*) in response to water stress. **Weed Science. 58: 132–135.**

- Chu C.J., Weiner J., MaestreF.T., Wang Y.S., Morris C., Xiao S., Yuan J.L., Du J.Z., and Wang G. 2010. Effects of positive interactions, size symmetry of competition and abiotic stress on self-thinning in simulated plant populations. **Ann. of Bot. 106: 647-652.**

- Cone A.E., Slafer G.A. and Halloran G.M. 2004. Effects of moisture stress on leaf appearance, till ring and other aspects of development in Triticum tauschii. **Euphitica. 86: 55-64.**
- Cossani C.M. and Reynolds M.P. 2012. Physiological traits for improving heat tolerance in wheat. **Plant Physiology. 160: 1710-1718.**

- Debaeke P. and Abdellah A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. **European Journal of Agronomy. 21: 433-446.**
- Dehghani R, Joniyas A. and Noor Hajjar S, 2014. Rainfall Distribution and Temperature Effects on Wheat Yield in Torbate Heydarie. **International Journal of Scientific Research in Knowledge 2:121-126**
- Deniz B., Kavurmaci Z. and Mehmet T. 2009. Determination of ontogenetic selection criteria for grain yield in spring barley by path analysis. **African Journal of biotechnology. 8(11): 2616-2622.**

- Derikvand R. and Hossainpour T. 2008. Path analysis of nektbarley genotypes in dryland condition. Sustainable management on tecnology, **process, provide and uses of agriculture inputs seminar. Jan. 29 th. Tehran.**

- Drikvand R, Samiei K, Hossinpor T. 2011. Path coefficient analysis in hull-less barley under rainfed condition. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(12): 277-279.**

- Eberhart S. A. and Russel W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science. 6: 36- 40.**

- Edreva A. 2005. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. **Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 119-133.**

- Ehdaie B, Alloush G.A. and Waines J.G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserve to grain yield in wheat. **Field Crops Res. 106: 34-43.**

- El- Jaafari S. 2000**.** Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Defining physiological traits and criteria. **Option Mediterranean's 40: 251-256.**

- Elhani S., Mortas V., Rharrabti Y., Royo C. and Garcia Del Moral L.F. 2008. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L.) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. **Field Crops Research. 103: 25-35.**

- Emam Y., Ranjbari A. and Bahrani M.J. 2007**.** Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought Stress. **Journal of Science & Technology of Agriculture and Natural Resources. 11: 317-328.**

- Eqbal M., Nabavi A., Salmon D.F., Yang R.C. and Spaner D. 2007**.** Simultaneous selection for early maturity, increased grain yield and elevated grain protein content in spring wheat. **Plant Breed. 126: 244-250.**

- FAO. 2015. Global Information and Early Warning System (GIEWS). **Crop Prospects and Food Situation, pp. 1-42.**

- Farooq J., Khaliq I., Ali M.A., Kashif M., Ali Q., Rehman A., Naveed M., Nazeer W. and Farooq A. 2011. Inheritance pattern of yield attributes in spring wheat at grain filling stage under different temperature regimes. **Australin Journal of Crop Science, 5(13): 1745-1753.**

- Farooq M. W. A., Kobayashi N., Fujita D. and Basra S. M. 2009**.** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development. 29: 185-212.**
- Farooq M., Bramley H., Palta J.A. and Siddique K.H.M. 2011. Heat Stress in Wheat during Reproductive and Grain-Filling Phases Critical Reviews in **Plant Sciences. 30: 1–17,**
- Farshadfar E and Javadinia J. 2011. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. **Seed and Plant Improvement Journal. 27 (4): 517–537 (Fa).**
- Farshadfar E. and Sutka J. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. **Acta Agronomica Hungaricae. 50 (4): 411–416**.
- Fernandes L. and Briegel H. 2005. Reproductive physiology of Anopheles gambiae and Anopheles atroparvus. **Journal of Vector. Ecology. 30:11-26.**
- Fernandez G.C. 1992**.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. **Taiwan. 13-16 August**.
- Fischer R.A. and Maurer R. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivar. I. Grain yield response. **Australian journal of Agriculture research, 29:897-912.**
- Foulkes M.J., Scott R.K. and Bradley S. 2007**.** The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. **Journal of Agricultural Science. 138. 153–169.**
- Garcia L. F., Del Moral Y., Rharrabti D. and Royo C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An oncogenic approach. **Agronomy Journal. 95: 266-274.**
- Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M., Campaline R.G., Ricciardi G.L and Borghi B. 1997. Evaluation of field laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science. 77: 523–531.**

- Goyal A. and Prasad R. 2010. Some Important Fungal Diseases and their Impact on wheat Production, in: Arya, A., and Perelló, A. (Eds.): **Management of fungal plant pathogens. CABI. p. 362.**

- Guendouz A., Gussoum S., Maamari K. and Hafsi M. 2012. Effect of supplementary on grain yield, yield components and some morphological traits of Drum Wheat (Triticum Durum Desf.) cultivar. **Advances in Environmental Biology, 6: 564-572**

- Harris H. C. 1991. Implications of climate variability. In: Harris HC, Cooper PJM and Pala M (Eds.) Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in rainfed areas. Proceedings of an International Workshop, Ankara, Turkey, **ICARDA, Alepo, Syria, 352 p**.

- Heydari B., Saeidi G.h and Seyed-Tabatabaei B.I. 2007. Factor analysis for quantitative traits and path coefficient analysis for grain yield in wheat. **Agricultural natural resources. 11: 135-143.**

- Hu L., Wang Z., Du H. and Huang B. 2009**.** Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common Bermuda grass genotypes differing in drought tolerance. **Journal of plant physiology. 167: 103-109.**
- Hu L., Wang Z., Du H., and Huang B. 2009**.** Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common Bermuda grass genotypes differing in drought tolerance. **Journal of plant physiology. 167: 103-109.**
- Jalal Kamali M.R., Esmaeilzadeh Moghaddam M., Roustaii M and Afshari F. 2012. An Overview on Wheat Status in Iran. Pp. 374-381. In: S. S. Singh, R. R. Hanchinal, Gyanendra Singh, R. K. Sharma, B. S. Tyagi, M. S. Saharan and Indu Sharma (Eds.). Wheat: Productivity Enhancement under Changing Climate. **Narosa Publishing House. New Delhi, Chennai, Mumbi, Kolkata.**

- Jha U. C., Bohra A and Singh N.P. 2014. Heat stress in crop plants: its nature, impacts and integrated breeding strategies to improve heat tolerance. **Plant Breeding. 133: 679-701.**

- Jin N., Renb W., Tao B., He L., Rena Q., Li S and Yu Q. 2018. Effects of water stress on water use efficiency of irrigated and rainfed wheat in the Loess Plateau, China. **Science of the Total Environment. Vol 624: 1-11.**

- Kafi M., Zand E., Kamkar B., Mahdavi- Damghani A and Abbasi F. 2010. Plant physiology 2 (translate). **Jihad-e- Daneshgahi of Mashhad press**.

- Kashif M., Ahmad J., Chowdhry M. and Perveen K. 2013. Study of Genetic Architecture of Some Important Agronomic Traits in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). **Asian Journal of Plant Sciences**, 2(9): 708-712..

- Keresa S., Baric M., Horvat M. and Jercic I.H. 2008. Drought tolerance mechanisms in plants and their genetic base in wheat. **Seed.** 25(1): 35-45.

- Khush, G.S. 2006**.** Impact of international centers on plant breeding training. **Hort Science. 41: 48-49.**

- Koc E, Islek C. and Ustun A.S. 2010**.** Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. **GU Journal of Science. 23: 1-6.**

- Kristensen L., Olsen J. and Winer J. 2008. Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. **Weed Science. 56: 97-102.**

- Kristin A. S., Serna R.R., Perez F.L., Enriquez B.C., Gallegos J.A.A., Vallego P.R., Wassimi N. and Kelly J.D. 1997**.** Improving common bean performance under drought stress. **Crop Science, 37: 43–50.**

- Lan J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. **Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 7: 85–87**.

- Lantican M.A., Dubin H.J. and Morris M.L. 2005. Impaets of international wheat breeding research in the developing world, **1988- 2002. CIMMYT.**

- Lawlor D.W. 2002**.** Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany. 89: 871-885**.
- Lawlor D.W. and Cornic G. 2002**.** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment. 25: 275-294.**
- Liang Y., Chen Q., Liu W., Zhang A. and Ding R. 2009. Exogenous silicone (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or salt- stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Plant Physiology. 99: 872-878.**
- Lugojan, C. and Ciulca S. 2011. Evaluation of relative water content in winter wheat. **J. Hortic. Forest.Biotechnol. 15: 173-177.**
- Mahpara S. Hussain S.T and Farooq J. 2014. Drought tolerance studies in wheat. **Cercetări Agronomice în Moldova. 160: 133-140.**
- Marti J and Slafer G.A. 2014. Bread and Durum wheat yield under a wide rang of environmental conditions. **Field Crop Research. 156: 258-271**.
- Meng W., Yu ZH. Zhang Y., Shi Y. and Wang D. 2015**.** Effects of supplemental irrigation on water consumption characteristics and grain yield in different wheat cultivars. **Chilean Journal of Agricultural Research. 75(2): 216-223.**
- Mersinkov N., Penev P. and Popova Z. 1985. Correlations between some quantitative characters in winter malting barley. **Genatikai Selektsiya 18(3): 217-225.**
- Milberg P. and Hallgren E. 2004. Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. **Field Crops Research 89: 199–209**.
- Mohammadi M. and Karimizadeh M. 2012**.** Insight into heat tolerance and grain yield improvement in wheat in warm rainfed regions of Iran. **Crop Breeding Journal 1(2): 56-62.**
- Mohammadi M. 2012. Effects of kernel weight and source-limitation on wheat grain yield under heat stress. **Africa. Journal. Biotechnology. 11(12), pp. 2931-2937.**

- Mojena R. 1977. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **Computer Journal 20: 359-363.**
- Montazeri M., Zand E. and Baghestani M.A. 2004. Weed and controlling them in wheat field in Iran. Weed Research Department. **Pest and Disease Res, Ins Tehran. Iran. Pp. 85**
- Moosavi S.S., Yazdi Samadi B., Naghavi M.R., Zali A., Dashti D and Pourshahbazi A. 2008**.** Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. **Desert.** 12: 165–178.
- Naderi Zarnaghi R., and Fotovat R. 2017. Evaluation of drought tolerance of some winter wheat genotypes. **Journal of Crop Ecophysiology. 10(4):945-958**
- Nemati M., Asghari A., Sofalian O., Rasoulzadeh A. and Mohammaddoust H.R. 2012. Effect of water stress on rapeseed cultivars using morpho-physiological traits and their relations with ISSR markers. **Journal of Plant Physiology Bree. 2 (1): 55-66.**
- Nouri-Ganbalani A., Nouri-Ganbalani G. and Hassanpanah D. 2009**.** Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. **In Journal of Food, Agriculture and Environment. 7: 228–234.**
- Ober E.S., Le-Bloa M., Clark C.J.A., Royal A., Jaggard K.W. and Pidgeon J.D. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. **Field Crops Research. 91: 231-249**.
- Oerke E.C., Dehne H.W., Schonbeck F. and Weber A. 1994. Crop Production and Crop Protection: **Estimated Losses in Major Food and Cash Crops, Elsevier, Amsterdam.**
- Otteson B.N., Mergoum M., Ransom J.K. and Schatz Tiller B. 2008. Contribution to spring wheat yield under varying seeding and nitrogen management. **Agronomy Journal. 100: 406-413.**
- Oweis T., Pala M. and Ryan J. 2004. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate**. Agronomy Journal. 90: 672-681.**

- Parida A.K., Dagaonkar V. S., Phalak M. S. and Aurangabadkar L. P. 2008. Differential response of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. **Acta Physiologiae Plantarum. 30: 619 – 627.**
- Peng J., Sun D. and Nevo E. 2011. Wild emmer wheat, Triticum dicoccoides, occupies a pivotal position in wheat domestication. **AJCS 5, 1127-1143**.
- Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C., Connell C.O., Wong E., Russel L., Zern J., Aquino T. and Tsomondo T. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems and Environment. 84: 1–20.**
- Pirdashti H., Tahmasebi – Sarvestani Z. and Bahmanyar M. A. 2009. Comparison of physiological response omong four contrast rice cultivars under drought stress conditions. **World Academy of Science, Engineering and Technology. 49: 52 – 53.**
- Radosevicch S.R., Holt J.S. and Ghersa C.M. 2007. Ecology of weeds and invasive plants, relationship to agriculture and natural resource management. Jon Wiley & Sons Inc., **Hoboken, New Jesey. Pp 454.**
- Ritchie S.W., Nguyen H.T. and Haloday A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. **Crop Science. 30: 105-111.**
- Rizvi S.J. Ketata H., Bazazi D., Roostaii M. and Pala M. 2005. Weed suppressing ability of bread wheat genotyes under greenhouse and field conditions. **Second European Allelopathy Symposium" Allelopathy – from understanding to application 10**.
- Rizvi S.J., Rizvi V., Tahir M., Rahimian H., Shimi H.P. and Atri A. 2000. Genetic variation in allelopathic activity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Wheat Information Services, (Japan) 91: 25-29**
- Rossielle A. and Hamblin A.J. 1981. Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. **Crop Science. 21:1441- 1446.**

- Schwarzlander M. Moran V.C. and Ragha S. 2018. Constrains in weed biological contol: Contrasting response by im plementing nations. **Bio Control.https://doi.org/10.1007/s 10526-9888-2.**
- Sairam, R.K., P.S. Deshmukh and D.C. Saxna. 2011. Role of antioxidant systemes in Anethum genotype tolerance to water stress. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 41: 387-394.**
- Sio-Se Mardeh A., Ahmadi A., Poustini K. and Mohammadi V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. **Field Crop Research. 98: 222- 229**.
- Sneler C. H. 1994. Pedigree analysis of elite soybean lines. **Corp Science 34: 1515-1522.**
- Sofo A., Dichio B., Xiloyannis C. and Masia A. 2004. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. **Plant Science. 166: 293-300.**
- Sorkhy Lellahlo F., Dabbagh Mohammadi Nassab A. and Javanshir A. 2008. Assessment of Leaf Characteristics and Root to Shoot Ratio in Above and Below Ground Interference of Wheat (*Triticum aestivum*) and Different Densities of Wild Oat (*Avena fatua*). **Journal of Science & Technology of Agriculture and Natural Resources. 12 (45): 435-446**.
- Subhani G.M., Hussain M., Ahmad J. and Anwar J. 2011. Response of exotic wheat genotypes to drought stress. **Journal of Agricultural Research, 49(3): 293-305**.
- Subhashchandra B., Lohithaswa H.C., Desai A.S. and Hanchinal R.R. 2009. Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgressive segregation in tetraploid wheat. **Karnataka Journal of Agricultural Science. 22: 36-38.**
- Takeda S. and Matsuoka M. 2008**.** Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. Nature. 9, 444-457.
- Tavakkoli A R. and Owise T Y. 2002. The role of supplemental irrigation and nitrogen in production bread wheat in the hiehland of Iran. Agriculture Water Management. 65: 225-236.

- Tauqeer A.Y., Chen T.X. Tian L., Condon A.G. and Hu Y.G. 2013. Screening of Chinese bread wheat genotypes under two regimes by various drought tolerance indices. Aust. **Journal Crop Science. 7: 2005-2013.**

- Thalooth A.T., Tawfik M.M. and Magda Mohamed H. 2006**.** A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of Mungbeen plants grown under water stress conditions. **World Journal of Agriculture Science. 2(1): 37-46.**
- Tousi-Mojarad M. and Bihamta M.R. 2007. Investigating grain yield and related quantitative characters of wheat using factor analysis. **World Journal of Agriculture Science. 17: 97-107.**

- Vaezi B., Bavei V. and Shiran B. 2010**.** Screening of barley genotypes for drought tolerance by agro-physiological traits in field condition. **African Journal of Agricultural Research. 5: 881-892.**
- Van Acker R.C. and Oree R. 2004. Wild oat (*Avena fatua* L.) and wild mustard (*Brassica kaber*) wheller interference in canola (*Brassica napus*). **Weed Science. 39: 210-221.**
- Velu G. and Singh R.P. 2013. Phenotyping in Wheat Breeding. Phenotyping for plant breeding: Application of phenotyping models for crop improvement.Volume 1. Sep.27-oct2. 1992. Bari.Italy. water- stress studies. **Plant Soil. 39: 205- 207.**

- Verbruggen N. and Hermons C. 2008. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids. 35(4): 753 – 759.**

- Wahid A., Gelani S., Ashraf M. and Foolad M.R. 2007. Heat tolerance in plants: An Overview. **Environmental and Experimental Botany. 61: 199-223.**
- Walker J.A. and King J.R. 2008. Above- and below-ground competition between kura clover (*Trifolium ambiguum*) and meadow bromegrass (*Bromus biebersteinii*): A greenhouse study. Canadian. **Journal Plant Science. 90: 21-27.**

- Wall D.A., Friesen G.H. and Bhati T.K. 2006. Wild mustard interference in traditional and semi-leafless field wheats. Canadian. **Journal Plant Science. 71: 473-480.**
- Warwick S.I., Beckie H.J., Thomas A.G. and Mcdonald T. 2005. The biology of Canadian Weeds. 8. Sinapis arvensis. L. Canadian. **Journal Plant Science. 55: 171-183.**
- Wu H., Pratley J., Lemerle D. and Haig T. 2001. Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*) Ann. Appl. **Biology. 139:1-9.**
- Wu H. 2005. Molecular approaches in improving wheat allelopathy.**Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy, Aggust 2005, Wagga Wagga, Australia**.
- Wu H., Pratley J., Lemerle D. and Haig T. 2000. Laboratory screening for allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*). Agust. **Journal of Agriculture Research. 51: 259-66(13).**
- Yagdi K. 2009. Apath coefficient analysis of some yield component in durum wheat (*Triticum durum*). **Pakistan Journal. 41(2): 745-751.**
- Yildiz M, Terzi H (2008). Effects of NaCl on protein profiles of tetraploid and hexaploid wheat species and their diploid wild progenitors. **Plant Soil Environ 54: 227-233.**
- Yin X., Chasalow S.D., Stam P.M., Kropff J., Dourleijn C.J., Bos I. and Bindraban P.S. 2002. Use of component analysis in QTL mapping of complex crop traits: a case study on yield in barley. **Plant breeding. 121 (4):314-319**
- Zhao D.L., Atlin G.N., Bastiaans L. and Spiertz J.H.J. 2006. Cultivar weed – competitiveness in aerobic rice: heritability, correlated traits, and the potential for indirect selection in weed – free environments. **Crop Science. 46:372-380**
- Zhou G.A., Chang R.Z. and Qiu L.J., 2010. Overexpression of soybean ubiquitin-conjugating enzyme gene GmUBC2 confers enhanced drought and salt tolerance through modulating abiotic stress-responsive gene expression in Arabidopsis. **Plant Molecular Biology. 72: 357-369.**

Evaluation of Drought Tolerance and Weeds Competitive Ability in Different Genotypes of Wheat in Different Environments

Abstract

This study was carried out in order to investigate drought tolerance and competitive ability of wheat genotypes with weeds in rainfed and supplemental irrigation condition in two locations (Shirvan Rainfed Agricultural Research Station and Sisab Agricultural Research station) in North Khorasan Province in 2015-2016. The experiment was conducted as split plot (weed control methods as main factors and wheat genotypes as sub factors) in a randomized complete block design with 20 advanced dryland wheat genotypes in four replications in two conditions of rainfed and supplemental irrigation. The results showed that, supplemental irrigation increased significantly most of growth and yield traits in different wheat genotypes than rainfed conditions in two regions. Based on combined analysis of variance, number of spike per square meter, number of grain per spike, 1000-seed weight and grain yield were significantly increased in Sisab than Shirvan region. The results showed that 17 and 12 genotypes with 2780 and 2608 kg/ha grain yield under supplemental irrigation (without stress) and with 2263 and 2119 kg/ha grain yield under stress conditions, were superior to other genotypes. Fernandez drought tolerance index, mean productivity and geometric mean index of yield with 0.95, 0.93 and 0.82 had the most correlation with wheat grain yield respectively. The results showed that weeds density and dry biomass was greater in supplementary irrigation than rainfed conditions in both regions of study. Also, in Sisab region the density and dry matter of weeds was increased than Shirvan region significantly. The amount of weed damage on grain yield of different genotypes of wheat under supplementary irrigation conditions was higher than rainfed conditions significantly. Based on the results, 12 and 17 genotypes had the highest grain yield in both irrigation and rain fed conditions in weed and weed free treatments compared to other genotypes. The highest reduction in weed biomass was observed in competition with 12 and 17 genotypes, and the weed damage in both supplementary irrigation and rain-fed conditions was lower in genotypes 12 and 17 than other genotypes. According to the results of this experiment, genotypes 12 and 17 were better than other genotypes in terms of growth and yield and competition with weeds under supplemental irrigation and rain fed conditions.

Keywords: Cereals, Drought stress, Dry land farming, Grain yield

Faculty of Agriculture

Ph.D. Thesis in Agroecology

Evaluation of Drought Tolerance and Weeds Competitive Ability in Different Genotypes of Wheat in Different Environments

By: **Elyas Neyestani**

Supervisor:

Dr. Hassan Makarian

Advisors:

Dr. Ali Akbar Ameri

Dr. Mostafa Heidari

November 2018