

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

بخش زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی  
گرایش اصلاح نباتات

---

بررسی ژنتیکی، شاخص‌های گزینشی و QTL‌های کنترل کننده تحمل  
به خشکی در گندم نان (*Triticum aestivum L.*)

---

مؤلف :

سمیه امینی‌زاده بزنجانی

اساتید راهنما :

دکتر قاسم محمدی‌نژاد

دکتر روح‌الله عبدالشاهی

استاد مشاور :

دکتر محمد حسین فتوکیان

شهریورماه ۱۳۹۳



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

## بخش زراعت و اصلاح نباتات

### دانشکده کشاورزی

### دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: سمیه امینی زاده بزنجانی

استاد راهنمای اول پایان نامه: دکتر قاسم محمدی نژاد

استاد راهنمای دوم پایان نامه: دکتر روح الله عبدالشاهی

استاد مشاور: دکتر محمد حسین فتوکیان

داور ۱: دکتر مهدی مهبجی

داور ۲: دکتر مهربی صفاری

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع: دکتر الهام خواجه پور

معاون آموزشی و پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر مجید رحیم پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

## تقدیم به:

**پدرم**، اول استادم، بلند تکیه گاهم، امید بودنم، خورشیدی که از روشنایی اش جان گرفتم و لبریزم کرد از شوق.

**مادرم** و لالایی های شبانه اش، مادرم و قصه های عاشقانه اش، مادرم و چشم های جاودانه اش، مادرم دریای بی کران عشق و محبت، که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر، عمری خستگی ها را به جان خرید تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم.

**همسرم**، اسطوره زندگیم، مایه دلگرمیم، پناه خستگیم، او که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

و همه آنهایی که حقی بر من دارند و آنهایی که از هر چه داشتند گذشتند تا در سایه حمایت های بی دریغشان من به نداشته هایم برسم.

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

## سپاس فراوان:

از پدر و مادر عزیز و مهربانم

به پاس تعبیر عظیم و انسانیشان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی  
به پاس گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است  
به پاس قلب‌های بزرگشان که فریاد رس است و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید  
و به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

از همسر

به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش  
و آسایش برای من فراهم آورده است.

از برادران و خواهرم، همراهان همیشگی و پشتوانه‌های زندگیم.

سپاس بی‌حد خود را تقدیم می‌کنم به اساتید راهنمای بزرگوایم (آقای دکتر قاسم محمدی‌نژاد و  
آقای دکتر روح‌الله عبدالشاهی که با حسن خلق و صبر و حوصله زحمت راهنمایی این پایان‌نامه  
را بر عهده گرفتند.

از استاد محترم آقای دکتر محمد حسین فتوکیان که مشاوره این پایان‌نامه را پذیرفتند و اساتید  
گران‌قدر آقای دکتر مهدی مهبجی و خانم دکتر مهری صفاری که داوری این پایان‌نامه را بر  
عهده گرفتند.

و سپاس از دوستان و همکلاسیان همچون گلم (به‌ویژه دوست بسیار عزیزم خانم سالارپور) که  
وجوشان عشقی دوباره به من بخشید.

## چکیده:

خشکی وسیع‌ترین مشکل جهان است که به طور جدی بر عملکرد و کیفیت غلات اثر می‌گذارد. غلات جز پرمصرف‌ترین مواد غذایی بشر هستند و گندم غذای اصلی بیش از ۳۵ درصد از جمعیت جهان است بنابراین دستیابی به معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد این گیاه بسیار حائز اهمیت است. به منظور بررسی ژنتیکی و مطالعه نشانگرهای مرتبط با تحمل به خشکی ۹۶ خانواده  $F_3$  حاصل از تلاقی روشن × کویر به همراه والدین در قالب طرح لاتیس دوگانه کشت شدند. در توارث کلیه صفات اثرات افزایشی، غالبیت و اپیستازی نقش داشتند. همچنین درجه غالبیت در اکثر صفات بیشتر از یک بود که می‌تواند نشان دهنده اهمیت بیش‌تر جزء غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات باشد. لذا پیشنهاد می‌شود گزینش تا نسل‌های دیرتر یعنی تا دسترسی به سطح بالایی از تثبیت ژنی به تأخیر بیافتد. مقدار وراثت پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب از ۰/۹۷-۰/۶۷ و ۰/۳۷-۰/۹۶ متغیر بود. در مقایسه‌ی شاخص‌های گزینش، شاخص‌های اسمیت-هیزل ۱ و پسک-بیکر بازده بالاتری نسبت به اسمیت-هیزل ۲ داشتند. پاسخ‌های مستقیم و همبسته نشان داد که انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس وزن خشک سنبله و طول ریشک باعث گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول‌تر می‌شود و همچنین همبستگی ژنتیکی معنی‌دار صفات با عملکرد و وراثت‌پذیری، مهم‌ترین اجزای کارای یک شاخص می‌باشند. در این پژوهش در مجموع QTL۲۹ برای صفات مورد بررسی شناسایی شد. بیش‌ترین QTL‌های شناسایی شده بر روی کروموزوم 2A قرار داشتند. نشانگر Xwmc515 که بر روی ژنوم 2A قرار دارد نسبت به دیگر نشانگرها با تعداد بیشتری از صفات در ارتباط بود که نشان‌دهنده اهمیت زیاد این ژنوم در تحمل به خشکی در گندم است.

**کلمات کلیدی:** تجزیه میانگین نسل‌ها، تنش خشکی، شاخص‌های گزینشی، گندم

نان، QTL

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱- مقدمه	۲
فصل دوم: کلیات و مرور منابع	
۱-۲- گندم	۵
۱-۱-۲- اهمیت گندم	۵
۲-۱-۲- طبقه بندی گندم	۵
۲-۱-۲-۱- طبقه بندی گندم از لحاظ تعداد کروموزوم	۵
۲-۱-۲-۲- طبقه بندی از نظر خواص زراعی	۶
۲-۱-۲-۳- طبقه بندی تجاری	۶
۲-۲- شرایط اکولوژیکی گندم	۷
۳-۳- اهداف اصلاحی در گندم	۷
۴-۲- تنش های غیر زیستی	۸
۴-۲-۱- خشکی	۹
۴-۲-۲- بررسی واکنش گیاهان به تنش خشکی	۹
۴-۲-۱- مقاومت به خشکی	۹
۴-۲-۲- تحمل خشکی	۹
۴-۲-۳- گریز از خشکی	۱۰
۴-۲-۴- اجتناب از خشکی	۱۰
۴-۲-۵- اثرات تنش خشکی بر روی گیاهان	۱۰
۵-۲- بررسی ژنتیکی صفات کمی	۱۲
۵-۲-۱- تجزیه تحلیل میانگین نسل ها	۱۳

- ۱۶-۲-۵-۲ ..... آزمون مدل
- ۱۸-۲-۶-۲ ..... هتروزیس
- ۱۸-۲-۶-۱ ..... عوامل مؤثر بر هتروزیس
- ۱۹-۲-۷-۲ ..... وراثت پذیری
- ۲۰-۲-۸-۲ ..... شاخص های گزینشی
- ۲۰-۲-۸-۱ ..... صفات ثانویه
- ۲۰-۲-۸-۱-۱ ..... ارتفاع بوته
- ۲۰-۲-۸-۱-۲ ..... شاخص برداشت
- ۲۰-۲-۸-۱-۳ ..... تعداد پنجه
- ۲۱-۲-۸-۱-۴ ..... جذب و کارایی مصرف آب
- ۲۱-۲-۸-۱-۵ ..... سیستم ریشه
- ۲۱-۲-۸-۱-۶ ..... بنیه اولیه گیاه
- ۲۲-۲-۸-۱-۷ ..... تنظیم اسمزی
- ۲۲-۲-۸-۱-۸ ..... زودرسی
- ۲۲-۲-۸-۱-۹ ..... ریشک
- ۲۳-۲-۸-۲ ..... شاخص های انتخاب
- ۲۴-۲-۸-۳ ..... واکنش نسبت به انتخاب
- ۲۴-۲-۸-۴ ..... سابقه و سیر تحول
- ۲۵-۲-۹-۲ ..... نشانگر
- ۲۶-۲-۹-۱ ..... نشانگرهای ژنتیکی
- ۲۶-۲-۹-۲ ..... نشانگرهای مورفولوژیکی
- ۲۶-۲-۹-۳ ..... نشانگرهای مولکولی
- ۲۶-۲-۹-۳-۱ ..... نشانگرهای بیوشیمیایی (پروتئینی)



۲۷	.....DNA بر مبتنی نشانگرهای
۲۷	.....نوکلئیک اسیدهای گیری دو رنگ بر مبتنی نشانگرهای
۲۷	.....پلیمرای زنجیره‌ای بر واکنش نشانگرهای
۲۸	.....گندم نقشه ژنتیکی مورد استفاده در
۲۸	.....اختصاصی نشانگرهای
۲۸	.....تصادفی نشانگرهای
۲۸	.....QTL
۲۹	.....جمعیت‌های مورد استفاده در تجزیه QTL
۲۹	.....جمعیت F <sub>2</sub>
۲۹	.....اندازه جمعیت و تراکم نشانگر
۳۰	.....مکان‌یابی QTL
۳۱	.....روش‌های مکان‌یابی QTL
۳۱	.....تجزیه تک نشانگری
۳۲	.....نقشه‌یابی فاصله‌ای
۳۲	.....مکان‌یابی فاصله‌ای مرکب
۳۳	.....نرم افزارهای مورد استفاده در مکان‌یابی ژن‌های کنترل کننده صفات کمی
۳۴	.....مرور منابع
	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۴۴	.....مواد ژنتیکی
۴۴	.....بخش مزرعه
۴۴	.....صفات مورد مطالعه
۴۷	.....تجزیه میانگین و واریانس نسل‌ها
۵۰	.....شاخص انتخاب

۳-۳- بخش ملکولی ..... ۵۱

#### فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- ارزیابی فنوتیپی صفات مورد مطالعه ..... ۵۵

۴-۱-۱- ارتباط صفات مورد مطالعه ..... ۵۵

۴-۱-۲- تجزیه رگرسیون جهت بررسی روند تغییرات عملکرد ژنوتیپ ها ..... ۶۱

۴-۱-۳- تجزیه علیت صفات وارد شده به مدل رگرسیونی ..... ۶۲

۴-۱-۴- بررسی مقایسات میانگین صفات فنوتیپی ..... ۶۳

۴-۱-۵- تجزیه میانگین نسل ها ..... ۶۵

۴-۱-۶- تجزیه واریانس نسل ها ..... ۶۹

۴-۱-۷- شاخص های انتخاب ..... ۷۳

۴-۱-۸- تجزیه کلاستر ژنوتیپ های مورد بررسی تمام صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ... ۸۲

۴-۲- نتایج مولکولی ..... ۸۳

۴-۲-۱- شناسایی QTL های کنترل کننده صفات وابسته به تحمل به خشکی ..... ۸۳

۴-۳- نتیجه گیری نهایی ..... ۸۷

۴-۴- پیشنهادات ..... ۸۸

پیوست ها ..... ۸۹

#### فصل پنجم: منابع

۵-۱- منابع فارسی ..... ۱۰۳

۵-۲- منابع انگلیسی ..... ۱۰۷

## فهرست جداول و اشکال

- جدول ۱-۱- ضرایب میانگین، اثر افزایشی و غالبیت در نسل‌های مختلف ..... ۱۶
- جدول ۱-۳- وزنه‌ها و ضرایب پارامترهای مورد نظر ..... ۴۸
- جدول ۲-۳- لیست پرایمرهای SSR دارای چندشکلی استفاده شده، همراه با اطلاعات مربوطه ..... ۵۳
- جدول ۱-۴- تجزیه واریانس در قالب طرح لاتیس برای صفات مورد مطالعه ..... ۵۸
- جدول ۲-۴- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد بررسی ..... ۵۹
- جدول ۳-۴- نتایج تجزیه رگرسیون برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه ..... ۶۱
- جدول ۴-۴- نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد ..... ۶۲
- جدول ۵-۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه ..... ۹۰
- جدول ۶-۴- میانگین و خطای معیار صفات اندازه‌گیری شده (کویر\*روشن) در شرایط تنش خشکی ..... ۶۵
- جدول ۷-۴- برآورد میانگین و اجزاء ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی ..... ۶۷
- جدول ۸-۴- برآورد آثار خویش آمیزی و میزان هتروزیس در صفات مورد بررسی ..... ۶۸
- جدول ۹-۴- برآورد اجزاء واریانس و تنوع و متوسط درجه غالبیت برای صفات مورد بررسی ..... ۷۰
- جدول ۱۰-۴- برآورد واریانس اجزاء ژنتیکی، وراثت پذیری عمومی و خصوصی ..... ۷۱
- جدول ۱۱-۴- مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب و وراثت پذیری برای صفات مختلف ..... ۷۳
- جدول ۱۲-۴- مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب برای اجزا عملکرد ..... ۷۴
- جدول ۱۳-۴- ضرایب هر یک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب ..... ۷۴
- جدول ۱۴-۴- عملکرد، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط تنش ..... ۷۶
- جدول ۱۵-۴- کارایی انتخاب از طریق شاخص (H)، پاسخ صفات به انتخاب براساس (G) و سودمندی نسبی شاخص‌ها در شرایط تنش ..... ۸۰
- شکل ۱-۴- تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ..... ۸۲
- جدول ۱۶-۴- QTL‌های شناسایی شده برای صفات مورد بررسی ..... ۸۳

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

همگام با افزایش سریع جمعیت جهان و با این آهنگ رشد، بایستی برای تامین مواد غذایی بخصوص غلات چاره‌ای اندیشید. غلات از روزگار دور با زندگی انسان آمیخته شده است و تقریباً در میان تمامی کشورهای جهان به عنوان پر مصرف‌ترین ماده غذایی بشر شناخته می‌شوند. تخمین زده شده است که جمعیت دنیا در سال ۲۰۵۰ میلادی تقریباً به ۶ میلیارد نفر خواهد رسید. از طرف دیگر محصولات غذایی به دلیل تنش‌های غیر زیستی در حال کاهش هستند و این تنش‌ها تهدید جدی برای صنعت کشاورزی محسوب می‌شوند (مهاجان، ۲۰۰۵). البته اگر نابسامانی‌هایی مانند قهر طبیعت، جنگ و غیره روی دهد ممکن است وضع را بدتر نماید. گندم غله‌ای مهم در بسیاری از مناطق جهان است و غذای اصلی اکثر مردم جهان را تشکیل می‌دهد (رئوف و همکاران، ۲۰۰۷). گندم از زمان اهلی شدن تاکنون همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده است و سطح وسیعی از مزارع کشاورزی را به خود اختصاص داده است (عبدالشاهی و همکاران، ۱۳۸۸). در سطح جهانی یک سوم زمین‌های کشت‌شده زیر کشت غلات، زیر کشت گندم است (امام، ۱۳۸۲). از طرف دیگر نیز اغلب مناطق حاصل‌خیز و مناسب برای کشاورزی به زیر کشت رفته و مناطق باقی‌مانده به دلیل شوری و یا کوهستانی بودن غیر قابل کشت می‌باشند لذا زمین‌های قابل کشت محدود است، پس برای تولید محصولات کشاورزی که جواب‌گوی این افزایش جمعیت باشد لازم است روش‌های مناسبی برای استفاده از امکانات موجود در امر بالابردن محصول و مرغوبیت تولیدات کشاورزی اتخاذ گردد. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی (غیر زنده) در کشاورزی است و اصلاح برای تحمل به خشکی یکی از اهداف مهم اصلاح‌گران است.

تغییرات آب و هوایی، افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به استفاده از آب در بخش غیر کشاورزی (آب شرب، صنعت، معدن و...) مسئله خشکی را پیچیده‌تر کرده است. بنابراین روش‌های بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی بایستی به طور جدی مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی دو روش کلی برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی وجود دارد ۱- روش به زراعی ۲- روش بهنژادی. روش‌های به زراعی نظیر استفاده از شخم مناسب (عدم استفاده از گاوآهن برگردان‌دار)، مبارزه با علف‌های هرز، کاشت در بهترین زمان و... باعث بهبود عملکرد در شرایط تنش می-

شود. اما اصلاح نباتات باعث ایجاد ارقام با عملکرد بالاتر در شرایط خشکی شده است. تولید محصولات کشاورزی در شرایط دیم یکی از مهم‌ترین سیستم‌های تولید غذا در جهان می‌باشد، به طوری که از ۴ میلیارد هکتار اراضی قابل کشت در جهان بیش از یک میلیارد هکتار در شرایط دیم می‌باشد (فائو، ۲۰۰۷). در سال‌های اخیر تولید گندم در ایران به حدود ۱۵ میلیون تن رسیده است. این میزان تولید از سطحی به معادل ۶/۹ میلیون هکتار (۲/۷ میلیون هکتار آبی و ۴/۲ میلیون هکتار دیم) برداشت شده است که از میزان تولید فوق ۴/۵ میلیون تن از اراضی دیم و ۱۰/۱ میلیون تن از اراضی آبی تولید شده بود (امیری فر و همکاران، ۱۳۹۰).

اصلاح ارقام مقاوم به خشکی از مهم‌ترین راه حل‌ها برای مبارزه با مشکل خشکی است (ریتزک و همکاران، ۲۰۰۶). روش اندازه‌گیری مستقیمی برای تحمل به خشکی وجود ندارد و این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (تا کدا و ماتسوکا، ۲۰۰۸). برنامه‌های به‌نژادی بایستی بر روی صفاتی متمرکز شوند که فاصله بین پتانسیل عملکرد و عملکرد را در شرایط تنش کاهش دهند. به‌گزینی برای تحمل به خشکی به خاطر مشکل مدیریت مزرعه، تغییرات فنولوژیکی و بارندگی‌های غیر قابل انتظار، مشکل است. در روش‌های سنتی برای بهبود ژنتیکی تحمل به خشکی گزینش بر اساس عملکرد و پایداری آن در سال‌ها و محیط‌های مختلف انجام می‌شود (عبدالشاهی و همکاران، ۱۳۸۸). ولی این برنامه‌های به‌نژادی به دلیل وراثت‌پذیری پایین عملکرد در شرایط تنش بازده کمی داشت، از این رو به جای عملکرد می‌توان گزینش برای صفات ثانویه را انجام داد (مانیکاولو، ۲۰۰۶).

# فصل دوم

## کلیات و مرور منابع

## ۲-۱- گندم

یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده و در بیشتر مناطق قابل کشت است. گندم گیاهی علفی، یکساله، تک‌لپه و از تیره غلات (Gramineae) و متعلق به زیرتیره گندمیان و جنس (Triticum) است که دارای هیدروکربن، سلولز، پروتئین، چربی، مواد معدنی و انواع ویتامین‌هاست (خدابنده، ۱۳۸۲). تاریخ کشت گندم به ده یا پانزده هزار سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد که اجداد وحشی آن در منطقه بین‌النهرین خاورمیانه بوده و گندم‌هایی که هم‌اکنون مشاهده می‌شود از گندم وحشی مونوکوکوم منشا گرفته‌اند. با وجود این همه گونه‌های متعدد از گندم بیش‌ترین سطح کشت و میزان تولید ۹۴٪ مربوط به گونه aestivum است. در ایران سطح زیر کشت گندم بالای ۶/۵ میلیون هکتار بوده و ۴ میلیون هکتار از آن مربوط به کشت دیم بوده، که چیزی در حدود ۶۰ درصد کشت را شامل می‌شود و بقیه به صورت آبی در حدود ۴۰ درصد می‌باشد.

## ۲-۱-۱ اهمیت گندم

در بین محصولات زراعی، گندم بیش‌ترین سطح زیر کشت را در دنیا دارد و ۲۵ درصد کل محصول غلات دنیا را تشکیل می‌دهد. گندم خوراک اصلی کشورهای در حال توسعه بوده و غذای ۳۵ درصد جمعیت جهان را فراهم می‌کند. این گیاه از نظر تولید و سطح زیر کشت جهانی نسبت به دیگر غلات دانه‌ای رتبه اول را دارا می‌باشد (میری، ۱۳۸۹). مشارکت گندم در تأمین پروتئین مورد نیاز بشر برابر مجموع مشارکت گوشت، شیر و تخم‌مرغ است (امام و همکاران، ۱۳۸۶). بخش عمده‌ای از سطح زیر کشت گندم در مناطق خشک و نیمه خشک ایران و جهان واقع می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲) که در این مناطق، خشکی کاهش قابل توجهی را در تولید محصول ایجاد می‌کند. بنابراین تولید ارقام گندم مقاوم به خشکی بسیار حائز اهمیت بوده و می‌تواند کمک شایان توجهی به کشاورزی و اقتصاد ملی نماید.

## ۲-۱-۲ طبقه‌بندی گندم

### ۲-۱-۲-۱ طبقه‌بندی از لحاظ تعداد کروموزوم

از لحاظ سیتولوژیکی جنس تریتیکوم در ۳ گروه پلوئیدی: دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید دسته‌بندی شده است.



گندم‌های دیپلوئید ( $2n=2x=14$ )

گندم‌هایی که در این گروه قرار دارند بیشتر به صورت وحشی بوده و به صورت علف هرز در مناطق مختلف پراکنده می‌باشند. انواع زراعی آنها خیلی اندک بوده و پوشینه‌دار می‌باشند که مهم‌ترین نوع آنها *T. monocuccum* و *T. boeoticum* است.

گندم‌های تتراپلوئید ( $2n=4x=28$ )

تنوع این گروه در مقایسه با گروه دیپلوئید بیشتر است و در این گروه هم گندم‌های تیپ وحشی و هم تیپ زراعی وجود دارد (*T. durum* و *T. decocuccum*).

گندم‌های هگزاپلوئید ( $2n=6x=42$ )

گندم‌های این گروه عموماً زراعی اند و بیش‌ترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند و مهم‌ترین آنها *T. aestivum* است.

## ۲-۱-۲- طبقه‌بندی از نظر خواص زراعی

به سه دسته گندم‌های بهاره، پاییزه و بهاره-پاییزه تقسیم می‌شوند.

گندم‌های پاییزه با سرما سازگار و به آن نیاز دارند، لپه آنها نیز گرد است. جهت گلدهی، نیاز به طی یک دوره سرمای ۴-۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰-۴۰ روز دارند. در غیر این صورت این گندم‌ها به سنبله نرفته و تولید بذر نمی‌کنند و به رشد علفی خود ادامه می‌دهند. گندم‌های بهاره به سرما نیاز ندارند.

گندم‌های بهاره-پاییزه: این گروه در هر دو فصل قابل کشت می‌باشند به طوری که با سرما سازگارند ولی به آن نیاز ندارند.

## ۲-۱-۳- طبقه‌بندی تجاری

به گندم‌های نرم، نیمه سخت و سخت طبقه‌بندی می‌شوند. در گندم‌های سخت آندوسپرم شیشه‌ای و در گندم‌های نرم پس از رسیدگی، آندوسپرم نرم و آردی است. گندم‌هایی که آندوسپرم آن سخت است گلوتن بیشتری دارند و در نانوایی استفاده می‌شوند. گندم دوروم (ماکارونی) که دانه آن شیشه‌ای و آندوسپرم آن سخت است گلوتن زیاد دارد و میزان نشاسته آن کم است.

## ۲-۲- شرایط اکولوژیکی گندم

گندم به دلیل ارزش غذایی و طیف نسبتاً گسترده سازگاری به شرایط متفاوت آب و هوایی، در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی در سطوح وسیع تری کشت می شود. گرچه گندم در نقاط مختلف دنیا می تواند رشد کند، اما عمدتاً کشت و کار و تولید آن، از نظر جغرافیایی بین ۳۰ تا ۶۹ درجه عرض شمالی و ۲۷ تا ۴۰ درجه عرض جنوبی متمرکز شده است. گندم در مناطقی که میزان بارندگی سالانه آن ها بین ۲۵۰ تا ۱۷۵۰ میلی متر است کشت می شود، ولی بیشترین محصول در مناطقی که میزان بارندگی سالانه آن ها بین ۳۷۵ تا ۱۱۲۵ میلی متر است و دارای توزیع مناسبی می باشد، بدست می آید. بارندگی زیاد مخصوصاً اگر با دمای بالا همراه باشد، به دلیل مهیا شدن شرایط مناسب جهت شیوع بیماری ها، برای رشد گندم مناسب نمی باشد. همچنین بارندگی زیاد، باعث ورس محصول شده و در نهایت عملیات برداشت و خرمن کوبی را به تأخیر می اندازد. هوای سرد و مطلوب در طول دوره رشد و هوای گرم و خشک در طول دوره تشکیل و نمو دانه، بهترین شرایط آب و هوایی برای تولید گندم به شمار می رود. این شرایط، در مناطق نیمه خشک که دارای زمستان های معتدل می باشند، وجود دارد. رطوبت کافی و حرارت معتدل، برای رشد و نمو گندم مناسب می باشد. زراعت گندم در هوای گرم توأم با رطوبت زیاد، موفقیت آمیز نخواهد بود. برعکس، هوای تقریباً خشک ضمن تحریک رشد، آلودگی به بیماری ها و آفات را محدود می سازد. به همین علت، در مناطق معتدل گندم در بهار و تابستان کشت می گردد در صورتی که در نواحی استوایی و مناطق جنوبی که تابستان گرم و زمستان ملایمی دارند، گندم در فصل پاییز کشت می شود. آب و هوای گرم و خشک در دوره رشد و نمو گندم، شیوع بیماری ها را کاهش داده و باعث شیشه ای شدن مقطع اکثر دانه ها می شود. هر چه زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه گندم کوتاه تر باشد، دانه ها کوچک تر و مواد نشاسته ای آن ها کم تر و درصد گلو تن آن ها بیش تر خواهد بود. گندم های سخت (تیپ دوروم) مقاومت بیشتری نسبت به دمای بالا دارند (رادمهر، ۱۳۷۶).

## ۲-۳- اهداف اصلاحی در گندم

مقاومت به ورس: ژن های کاهش دهنده ارتفاع در گندم را با  $Rht_1$  نمایش می دهند. ژن های  $Rht_1$  و  $Rht_2$  از ارقام ژاپنی و  $Rht_3$  از ارقام یوگوسلاوی استخراج شده اند. کاربرد  $Rht_8$  از آنجا که باعث کاهش کمتر در تراکم سنبله و وزن هزار دانه بیشتری شده است نسبت به دو ژن دیگر، افزایش یافته است.

طاقت زمستانی: از دیگر اهداف اصلاحی گندم، افزایش مقاومت به سرما در ارقام اصلاح شده می‌باشد. معمولاً گندم‌های پر طاق به سرما، به خشکی نیز مقاومند. جوامع گندم قرمز ترکی، منبع ژرم پلاس خوبی برای ژن‌های مقاومت به سرما و خشکی هستند.

کیفیت نانوايي: یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاحی در گندم، افزایش کیفیت نانوايي آن می‌باشد. بهاره یا پاییزه بودن: در حالت کلی، بهاره بودن به وسیله ۳-۱ ژن کنترل می‌شود و بر پاییزه بودن غالب است. انتقال این صفت از طریق روش‌های اصلاحی تلاقی برگشتی، امکان پذیر می‌باشد. البته قابل ذکر است که میزان نیاز سرمایی در گندم‌های پاییزه یک صفت پلی ژنیک کمی می‌باشد. البته واضح است بین ارقام و واریته‌ها از نظر نیاز دمایی اختلاف وجود دارد.

زودرسی: زودرسی صفتی کمی و پلی ژن است که البته وراثت پذیری نسبتاً بالایی دارد. زودرسی بردیرسی غالب است که این غالبیت می‌تواند به صورت کامل یا ناقص تظاهر نماید. واریته‌های زودرس مزیت‌هایی دارند که به طور خلاصه عبارتند از: نیاز آبی کمتر، فرار از شرایط نامساعد جوی در آخر دوره رشد، فرار از حمله آفات و بیماری‌ها. گندم‌های زودرس به طور معمول پا کوتاه و مقاوم به ورس هستند و در مناطقی که امکان کشت ثانویه وجود دارد، می‌توانند به خوبی در تناوب قرار گیرند.

## ۲-۴- تنش‌های غیر زیستی

گیاهان عالی به علت استقرار در خاک امکان فرار از تنش‌های غیرزنده را ندارند و به طور مداوم در معرض تنش‌های محیطی غیرزنده قرار می‌گیرند. هر یک از عوامل ایجاد کننده تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، شوری، دمای بالا یا پایین، کمبود یا زیادی عناصر غذایی، فلزات سنگین، آلاینده‌ها و سایر مواد به طور مستقل یا در ترکیب با هم در گیاهان تنش ایجاد می‌کنند. ماهیت غیر قابل حرکت گیاهان و نیاز به محافظت موجب گردیده است مکانیسم‌های منحصر به فردی برای مقابله با عوامل مختلف تنش شکل گیرد. گیاهان برخی مکانیسم‌های متداول برای تحمل و نیز برخی مکانیسم‌های ویژه شامل تغییر بیان ژن، تجمع مواد حل شونده سازگار، سنتز پروتئین‌های تنش، افزایش متابولیسم آنتی اکسیدانی، تسهیل انتقال از طریق غشا و... را ایجاد می‌نماید تا با اثرات تنش مقابله کنند. استرس‌های غیر زنده به‌ویژه خشکی، شوری و سرما به عنوان اولین دلایل کاهش محصولات در سطح جهانی به شمار می‌آیند (کنان، ۲۰۰۷).

## ۲-۴-۱- خشکی

واژه خشکی از دیدگاه‌های مختلف تعاریف متفاوتی دارد. از نقطه نظر هواشناسی به معنی فقدان یا کمبود بلند مدت یا کوتاه مدت نزولات جوی می‌باشد. به تعریفی دیگر، خشکی دوره بدون بارندگی است که ظرفیت رطوبتی خاک، تقاضای تبخیر و نیز کارایی گیاه را متأثر می‌سازد. از نظر هیدرولوژیکی بیانگر وضعیتی است که در آن میزان بارندگی و رطوبت موجود در خاک برای رفع نیازهای گیاه جهت رشد طبیعی، رسیدگی و تولید محصول کافی نباشد. از نظر زراعی خشکی وضعیتی است که آب از نظر مقدار و توزیع به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد تا گیاه بتواند عملکرد بالقوه خود را تولید کند. به عبارت دیگر خشکی در کشاورزی به وضعیتی اطلاق می‌شود که میزان و توزیع بارندگی در طی فصل رشد به اندازه‌ای ناچیز باشد که موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی شود (بخشایشی قشلاق و شکارچی زاده، ۱۳۹۲).

به دلیل بارندگی کم در سال‌های اخیر کاهش عملکرد قابل ملاحظه‌ای رخ داده که تولید گندم در ایران را متأثر کرده است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۱) بنابراین به‌نژادی گندم در شرایط تنش خشکی و تولید ارقامی با عملکرد بالا در این شرایط لازم به نظر می‌رسد.

## ۲-۴-۲- بررسی واکنش گیاهان به تنش خشکی

واکنش گیاهان به تنش خشکی به صورت موارد زیر باشد:

- مقاومت به خشکی
- گریز از دوره خشکی
- اجتناب از خشکی
- باز یابی پس از خشکی

۲-۴-۱- **مقاومت به خشکی:** یک گیاه زراعی در صورتی مقاوم به خشکی قلمداد می‌شود که از توان زنده ماندن در شرایط کم آبی برخوردار باشد. بهتر است در این حالت از درجه مقاومت به خشکی صحبت نمود (احمدی خواه، ۱۳۸۹).

۲-۴-۲- **تحمل خشکی:** تحمل بر خلاف مقاومت، به حالتی اشاره دارد که نه تنها گیاه در شرایط کم آبی زنده می‌ماند، بلکه عملکرد گیاه در شرایط تنش، دچار کاهش معنی داری نمی‌شود (احمدی خواه، ۱۳۸۹). در واقع به صورت توانایی برای ادامه فرآیند بیولوژیکی تعریف