دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته کشاورزی، گرایش اصلاح نباتات

عنوان پایان نامه:
تعیین برخی مکان‌های ژنی کنترل کننده تحمل به خشکی در مرحله گیاهچه یک جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان

استاد راهنما:
دکتر سعدالله هوشمند

استادان مشاور:
دکتر بهروز شیران دکتر محمود خدام‌باشی

پژوهشگر:
فریبا احمدیان

مهرماه ۱۳۹۰

دانشکده کشاورزی

گروه اصلاح نباتات

پایان‌نامه خانم فریبا احمدیان جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته کشاورزی گرایش اصلاح نباتات با عنوان: تعیین برخی مکان های ژنی کنترل کننده تحمل به خشکی در مرحله گیاهچه یک جمعیت دابل هاپلوئید گندم نان در تاریخ ۱۳۹۰/۷/۱۹ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۶ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان‌نامه:

دکتر سعدالله هوشمند **با مرتبه علمی دانشیار** **امضاء.....**

۲. استادان مشاور پایان‌نامه:

دکتر بهروز شیران **با مرتبه علمی دانشیار** **امضاء.....**

دکتر محمود خدام‌باشی‌امامی **با مرتبه علمی دانشیار** **امضاء.....**

۳. استاد داور داخلی پایان‌نامه:

دکتر فریبا رفیعی **با مرتبه علمی استادیار** **امضاء.....**

۴. استاد داور خارجی پایان‌نامه:

دکتر ابراهیم اسدی خشویی **با مرتبه علمی استادیار** **امضاء.....**

دکتر سید حسن طباطبایی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده کشاورزی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تشکر و قدردانی

لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق

حمدو سپاس بی پایان یگانه پروردگاری را که هستی ام بخشید و مرا در طریق علم و دانش رهنمون نمود و به همنشینی رهروان دانش مفتخرم کرد و خوشه چینی از خرمن علم و دانش را روزیم ساخت.

بر خود لازم می دانم قدردان تمام کسانی باشم که بدون لطف و یاری آن‌ها فایق آمدن بر مشکلات این راه میسر نبود.

از پدر و مادر مهربانم به جهت زحمات فراوانی که برای من متحمل شدند، از خواهران عزیزم که بی ریا مرا یاری نمودند، از همسرم که بدون یاری او اتمام این پایان نامه امکان پذیر نبود صمیمانه سپاسگذارم.

از استاد راهنمای گرا می‌ام جناب آقای دکتر سعدالله هوشمند که صمیمانه و با سعه ی صدر، در تمام مراحل انجام پایان نامه از هر گونه کمک و یاری دریغ ننمودند کمال تشکر را دارم.

از اساتید ارجمند آقایان دکتر بهروز شیران و دکتر محمود خدام باشی که مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند نهایت تشکر را دارم . از اساتید داور خانم دکتر فریبا رفیعی و آقای دکتر ابراهیم اسدی که زحمت مطالعه و تصحیح این پایان نامه را متقبل شدند صمیمانه سپاسگزارم و در نهایت از کلیه دوستان و عزیزانی که مرا در تمامی مراحل این پایان نامه یاری نمودند نهایت تقدیر و تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه ۱۲

فصل دوم: بررسی منابع ۱۶

۲-۱-گندم ۱۶

۲-۱-۱- تاریخچه و منشأ جغرافیایی گندم ۱۶

۲-۱-۲- منشأ ژنتیکی گندم ۱۶

۲-۱-۳- خصوصیات گیاه‌ی و زراعی و ژنتیکی گندم ۱۷

۲-۱-۳-۱- ریشه ۱۸

۲-۱-۳-۲- ساقه ۱۸

۲-۱-۳-۳- برگ ۱۹

۲-۱-۳-۴- گل آذین ۲۰

۲-۱-۳-۵- دانه ۲۰

۲-۲- خشکی ۲۰

۲-۲-۱- اثرات خشکی ۱۷

۲-۲-۲- مکانیزم‌های مقاومت به خشکی ۲۴

۲-۲-۲-۱- مقاومت به خشکی ۲۴

۲-۲-۲-۲- فرار از خشکی (Drought Scapping) ۲۴

۲-۲-۲-۳- اجتناب از خشکی (Drought Avoidance) ۲۴

۲-۲-۲-۴- تحمل به خشکی (Drought Tolerance) ۲۵

۲-۲-۲-۵- التیام (بهبود پس از خشکی) ۲۵

۲-۲-۳- صفات مرتبط با مقاومت به خشکی در گندم ۲۵

۲-۲-۴- پلی‌اتیلن گلیکول ۲۶

۲-۳- وراثت‌پذیری و انواع آن ۲۷

۲-۴- صفات کمی و جایگاه‌های کنترل کننده صفات (QTLs) ۲۸

۲-۴-۱- دلایل تعیین موقعیت QTL ۳۰

۲-۴-۲- اساس شناسایی QTLها ۳۱

۲-۴-۳- مراحل مختلف مکان یابی QTL ۳۱

۲-۴-۴- جمعیت‌های مورد استفاده در مکان یابی QTLها ۳۳

۲-۴-۴-۱- روش‌های تولید گندم دابل‌هاپلوئید ۳۴

۲-۴-۵- آماده نمودن داده‌ها برای نقشه‌یابی QTL ۳۶

۲-۴-۵-۱- داده‌های نشانگر (Marker data) ۳۶

۲-۴-۵-۲- داده‌های فنوتیپی (Phenotypic data) ۳۷

۲-۴-۶- روش‌های تجزیه QTL ۳۷

۲-۴-۶-۱- روش تک نشانگر (SIM: Single Marker Analysis) ۳۸

۲-۴-۶-۲- روش نقشه‌یابی فاصله‌ای ساده (IM: Interval Mapping) ۳۹

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۲-۴-۶-۳- روش نقشه‌یابی فاصله‌ای مرکب(CIM) ۴۰
۲-۴-۶-۴- روش نقشه‌یابی فاصله‌ای چند گانه (MIM) ۴۱
۲-۴-۷- عوامل تأثیر گذار بر کارایی و شناسایی QTLها ۴۱
۲-۵- نشانگر (مارکر) های مولکولی ۴۲
۲-۵-۱- انواع نشانگرها ۴۳
۲-۵-۲- نشانگرSSR ۴۸
۲-۵-۲-۱- مزایای ریزماهواره‌ها ۴۹
۲-۵-۲-۲- معایب ریزماهواره‌ها ۵۰
۲-۵-۲-۳- سازمانده‌ی ریزماهواره‌ها در داخل ژنوم ۵۰
۲-۶- واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز (PCR): ۵۱
۲-۷- الکتروفورز ۵۱
۲-۸- نرم افزارهای مهم تجزیه QTL ۵۱
۲-۹- QTLهای گزارش شده مرتبط با صفات ۵۲
فصل سوم: مواد و روشها ۵۷
۳-۱- مواد گیاهی ۵۷
۳-۲- کشت مواد گیاهی ۵۷
۳-۲-۱- کشت مقدماتی ۵۷
۳-۲-۲- کشت اصلی ۵۸
۳-۳- نحوه تهیه محلول ۱۲درصد پلی اتیلن گلایکول ۵۸
۳-۴- صفات مورد ارزیابی ۶۰
۳-۵- تجزیه‌های آماری ۶۲
۳-۶-مطالعات مولکولی ۶۳
۳-۶-۱- تهیه نمونه گیاهی ۶۳
۳-۶-۲- استخراج DNA ژنومی ۶۳
۳-۶-۳- تعیین کمیت نمونه‌های DNA ۶۴
۳-۶-۴- تعیین کیفیت نمونه‌های DNA ۶۵
۳-۶-۵- یکسان سازی غلظت DNA ۶۶
۳-۶-۶- نشانگرهای ریزماهواره (SSR) ۶۶
۳-۶-۷- طرز تهیه نمودن پرایمرهای SSR ۶۶
۳-۶-۸- شرایط PCR ۶۸
۳-۶-۹- الکتروفورز ژل پلی اکریل آمید با غلظت ۶ درصد ۶۸
۳-۶-۹-۱- رنگ آمیزی ژل الکتروفورز PAA ۷۰

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۶-۱۰- تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات مولکولی و نشانگرها ۷۰

فصل چهارم: نتایج و بحث ۷۱

۴-۱- کشت مقدماتی ۷۱

۴-۲- کشت اصلی ۷۷

۴-۲-۱- تجزیه واریانس و برآورد وراثت‌پذیری ۷۷

۴-۲-۱-۱- درصد جوانه‌زنی روز هفتم ۷۷

۴-۲-۱-۲- درصد جوانه‌زنی روز چهاردهم ۸۸

۴-۲-۱-۳- سرعت جوانه‌زنی ۸۹

۴-۲-۱-۴- ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG) ۹۱

۴-۲-۱-۵- شاخص میزان جوانه‌زنی (GRI) ۹۳

۴-۲-۱-۶- بنیه جوانه‌زنی (VI) ۹۵

۴-۲-۱-۷- طول کلئوپتیل ۹۶

۴-۲-۱-۸- طول ساقه‌چه ۹۸

۴-۲-۱-۹- ارتفاع گیاهچه ۹۹

۴-۲-۱-۱۰- طول ریشه‌چه ۱۰۱

۴-۲-۱-۱۱- نسبت طول ریشه به ساقه ۱۰۲

۴-۲-۱-۱۲- تعداد ریشه ۱۰۴

۴-۲-۱-۱۳- وزن تر ساقه ۱۰۶

۴-۲-۱-۱۴- وزن تر ریشه ۱۰۷

۴-۲-۱-۱۵- وزن خشک ساقه ۱۰۸

۴-۲-۱-۱۶- وزن خشک ریشه ۱۱۰

۴-۲-۱-۱۷- نسبت وزن خشک ریشه به ساقه ۱۱۱

۴-۲-۱-۱۸- محتوای آب برگ ۱۱۳

۴-۲-۲- شاخص‌های تنش ۱۱۵

۴-۲-۲-۱- شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) ۱۱۵

۴-۲-۲-۲- شاخص کاهش درصد جوانه زنی (RPG) ۱۱۸

۴-۲-۲-۳- شاخص حساسیت به خشکی (SI) وزن خشک ساقه ۱۱۹

۴-۲-۲-۴- شاخص حساسیت به خشکی (SI) وزن خشک ریشه ۱۲۰

۴-۲-۲-۵- شاخص مقاومت طول کلئوپتیل ۱۲۱

۴-۲-۲-۶- شاخص مقاومت طول ساقه‌چه ۱۲۲

۴-۲-۲-۷- شاخص مقاومت طول ریشه‌چه ۱۲۳

۴-۲-۲-۸- شاخص مقاومت تعداد ریشه ۱۲۴

۴-۲-۳- همبستگی صفات مورد مطالعه ۱۲۵

۴-۳- نقشه اینکاژی نشانگرهای SSR ۱۳۲

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۴-۴- نتایج نقشه‌یابی جایگاه‌های کنترل‌کننده صفات کمی (QTL) در شرایط بدون تنش..... ۱۳۳
۴-۵- نتایج نقشه‌یابی جایگاه‌های کنترل‌کننده صفات کمی (QTL) تحت تنش خشکی:..... ۱۳۸
۴-۶- نتایج نقشه‌یابی جایگاه‌های کنترل‌کننده صفات کمی همزمان دو محیط بدون تنش و تنش ۱۴۲
۴-۷- نتایج نقشه‌یابی برخی از جایگاه‌های کنترل‌کننده شاخص‌های تنش خشکی در جمعیت..... ۱۴۶
۴-۸- نتیجه‌گیری:..... ۱۴۹
۴-۹- پیشنهادات:..... ۱۵۰
پیوست‌ها ۱۵۱
منابع ۱۵۱

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۲-۱- قسمت‌های مختلف گندم ۱۵
شکل ۲-۲- دیاگرام انواع جمعیت‌های در حال تفرق برای گونه‌های خود گشن ۲۹
شکل۲-۳- طرز تولید لاین‌های دابل‌هاپلوئید مضاعف گندم از طریق تلاقی با ذرت ۳۱
شکل ۲-۴- روند تکاملی تکنیک‌های نشانگرهای مولکولی و پیشرفت انها در دو دهه گذشته ۴۴
شکل ۴-۱- روند رشد کلئوپتیل در سطوح مختلف تنش در آزمایش مقدماتی ۶۸
شکل ۴-۲- روند رشد طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطوح مختلف تنش در آزمایش مقدماتی ۶۹
شکل ۴-۳- روند تغییر در تعداد ریشه در سطوح مختلف تنش در آزمایش مقدماتی ۶۹
شکل ۴-۴- توزیع فراوانی درصد جوانه‌زنی روز هفتم تیمار شاهد و تنش در جمعیت ۷۴
شکل ۴-۵- توزیع فراوانی درصد جوانه‌زنی روز چهاردهم تیمار شاهد و تنش در جمعیت ۸۴
شکل ۴-۶- توزیع فراوانی سرعت جوانه‌زنی تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۸۶
شکل ۴-۷- توزیع فراوانی ضریب سرعت جوانه‌زنی تیمار شاهد و تنش در جمعیت ۸۸
شکل ۴-۸- توزیع فراوانی شاخص میزان جوانه‌زنی تیمار شاهد و تنش در جمعیت ۹۰
شکل ۴-۹- توزیع فراوانی بنیه جوانه‌زنی تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۹۱
شکل ۴-۱۰- توزیع فراوانی طول کلئوپتیل تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۹۳
شکل ۴-۱۱- توزیع فراوانی طول ساقه‌چه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۹۴
شکل ۴-۱۲- توزیع فراوانی ارتفاع گیاهچه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۹۶
شکل ۴-۱۳- توزیع فراوانی طول ریشه‌چه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۹۸
شکل ۴-۱۴- توزیع فراوانی نسبت طول ریشه به ساقه تیمار شاهد و تنش در جمعیت ۹۹
شکل ۴-۱۵- توزیع فراوانی تعداد ریشه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۰۱
شکل ۴-۱۶- توزیع فراوانی وزن تر ساقه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۰۲
شکل ۴-۱۷- توزیع فراوانی وزن تر ریشه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۰۴
شکل ۴-۱۸- توزیع فراوانی وزن خشک ساقه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۰۵
شکل ۴-۱۹- توزیع فراوانی وزن خشک ریشه تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۰۷
شکل ۴-۲۰- توزیع فراوانی وزن خشک ریشه به ساقه تیمار شاهد و تنش در جمعیت ۱۰۸
شکل ۴-۲۱- توزیع فراوانی محتوای آب برگ تیمار شاهد و تنش در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۱۰
شکل ۴-۲۲- توزیع فراوانی شاخص تنش جوانه‌زنی در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۱۱
شکل ۴-۲۳- توزیع فراوانی شاخص کاهش درصد جوانه‌زنی در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۱۴
شکل ۴-۲۴- توزیع فراوانی شاخص حساسیت به خشکی وزن خشک ساقه در جمعیت ۱۱۵
شکل ۴-۲۵- توزیع فراوانی شاخص حساسیت به خشکی وزن خشک ریشه در جمعیت ۱۱۶
شکل ۴-۲۶- توزیع فراوانی شاخص مقاومت طول کلئوپتیل در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۱۷
شکل ۴-۲۷-توزیع فراوانی شاخص مقاومت طول ساقه‌چه در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۱۸
شکل ۴-۲۸-توزیع فراوانی شاخص مقاومت طول ریشه‌چه در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۱۹
شکل ۴-۲۹-توزیع فراوانی شاخص مقاومت تعداد ریشه در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان ۱۲۰
شکل ۴-۳۰- نقشه لینکاژی ۳۵ جفت آغازگر SSR در این تحقیق ۱۲۹

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۴-۳۱- موقعیت QTLهای کنترل کننده تعداد ریشه جمعیت .... در محیط بدون تنش..... ۱۳۲
شکل ۴-۳۲- موقعیت QTLهای کنترل کننده محتوای آب برگ جمعیت ... در محیط بدون تنش..... ۱۳۳
شکل ۴-۳۳- موقعیت QTLهای کنترل کننده وزن تر اندام‌هوایی و وزن خشک ریشه... محیط بدون تنش. ۱۳۴
شکل ۴-۳۴- موقعیت دو QTL کنترل کننده طول ریشه جمعیت دابل‌هاپلوئید نان در محیط تنش. ۱۳۸
شکل ۴-۳۵- موقعیت QTLهای کنترل کننده تعداد ریشه جمعیت دابل هاپلوئید نان در محیط تنش. ۱۳۹
شکل ۴-۳۶- موقعیت QTLهای کنترل کننده ضریب سرعت جوانه‌زنی ... در محیط تنش. ۱۳۹
شکل ۴-۳۷- موقعیت QTLهای کنترل کننده طول ریشه....در حالت تجزیه همزمان دو محیط ۱۴۲
شکل ۴-۳۸- موقعیت QTLهای کنترل کننده شاخص حساسیت وزن خشک ساقه ۱۴۴

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۲-۱- انواع متفاوت نشانگرهای مولکولی و ویژگی های آنها ۴۲
جدول ۳-۱- اسامی لاین‌های دابل‌هاپلوئید و والدین مورد مطالعه..... ۵۵
جدول ۳-۲- تجزیه واریانس و امید ریاضی میانگین مربعات (EMS) در طرح بلوک کاملاً تصادفی..... ۵۸
جدول ۳-۳- اسامی و توالی آغازگرهای ریزماهواره در این آزمایش..... ۶۳
جدول۳-۴- مقدار و غلظت نهایی اجزای واکنش PCR..... ۶۴
جدول ۳-۵- سیکل زمانی و مراحل PCR..... ۶۴
جدول ۳-۶- مراحل رنگ آمیزی ژل الکتروفورز پلی اکریل آمید..... ۶۶
جدول۴-۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش مقدماتی..... ۷۱
جدول ۴-۲- میانگین صفات در سطوح تنش مختلف و درصد تغییر آنها ..... در آزمایش مقدماتی..... ۷۲
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس ، ضریب تغییرات، ضریب تنوع ژنتیکی و ....در محیط بدون تنش..... ۷۶
جدول ۴-۴- تجزیه واریانس، ضریب تغییرات، ضریب تنوع ژنتیکی و ..... در محیط تنش..... ۷۷
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در جمعیت دابل‌هاپلوئید گندم نان..... ۷۸
جدول ۴-۶- میانگین صفات جمعیت مورد مطالعه تحت شرایط محیط نرمال و تنش خشکی..... ۷۹
جدول ۴-۷- مقادیر والدین به همراه میانگین، بیشینه و کمینه‌ی لاین‌های ..... در تیمار شاهد..... ۸۰
جدول ۴-۸- مقادیر والدین به همراه میانگین، بیشینه و کمینه ی لاین‌های .... در تیمار تنش..... ۸۲
جدول ۴-۹- تجزیه واریانس شاخص های تحمل به خشکی..... ۱۱۲
جدول ۴-۱۰- مقادیر والدین به همراه میانگین، بیشینه و ....شاخص‌های تحمل به خشکی..... ۱۱۳
جدول ۴-۱۱- همبستگی بین صفات در شرایط بدون تنش خشکی..... ۱۲۴
جدول ۴-۱۲- همبستگی بین صفات در شرایط تنش خشکی..... ۱۲۵
جدول ۴-۱۳- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت با صفات در شرایط بدون تنش..... ۱۲۶
جدول ۴-۱۴- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت با صفات در شرایط تنش خشکی..... ۱۲۷
جدول ۴-۱۵- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده صفات کمی ... در شرایط بدون تنش ..به روش تک نشانگر..... ۱۳۱
جدول ۴-۱۶- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده... به روش نقشه‌یابی فاصله‌ای ساده در محیط بدون تنش..... ۱۳۲
جدول ۴-۱۷- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده صفات کمی ... در شرایط تنش خشکی ... روش تک نشانگر..... ۱۳۶
جدول ۴-۱۸- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده صفات... روش نقشه‌یابی فاصله‌ای ساده تحت تنش خشکی..... ۱۳۷
جدول ۴-۱۹- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده صفات.. تجزیه همزمان دو محیط ..... روش تک نشانگر..... ۱۴۰
جدول ۴-۲۰- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده صفات... نقشه‌یابی فاصله‌ای ساده..تجزیه همزمان دو محیط..... ۱۴۱
جدول ۴-۲۱- موقعیت جایگاه‌ای کنترل کننده شاخص‌های تنش خشکی ...روش تک نشانگر..... ۱۴۳
جدول ۴-۲۲- موقعیت جایگاه‌های کنترل کننده شاخص‌های تنش خشکی به روش نقشه‌یابی فاصله‌ای ساده..... ۱۴۴

فصل اول

مقدمه

جمعیت کره زمین پیوسته در حال افزایش است . این جمعیت که در سال ۱۹۳۰ میلادی تنها ۲ میلیارد نفر بود، در سال ۱۹۹۰ به ۵/۳ میلیارد نفر رسید و در سال ۲۰۰۰ از ۶ میلیارد نفر تجاوز کرد و پیش-بینی می‌شود که در سال ۲۰۲۵ میلادی به ۸/۵ میلیارد نفر برسد (فائو، ۲۰۰۱-۱۹۸۶). بیش از ۷۵٪ جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه است و متأسفانه سهم عمده افزا یش جمعیت مربوط به این کشورها می - باشد که امروزه با مشکل گرسنگی و سوء تغذ یه دست به گریبان هستند، به گونه‌ای که۲۰ درصد جمعیت این کشورها دچار سوء تغذیه هستند (گالاگر، ۱۹۸۴).

طبق آمار ارائه شده توسط فائو و وزارت جهاد کشاورزی بیش ا ز ۷۰٪ سطح محصولات زراعی در جهان به کشت غلات اختصاص دارد که از این مقدار ۲۲٪ آن را گندم در بر می‌گیرد (فائو، ۲۰۰۵).

غلات مهمترین گیاهان غذایی کره زمین و تأمین کننده ۷۰درصد غذای م‌ردم کره زمین می باشند (گالاگر، ۱۹۸۴). دلایل انتخاب غلات شامل موارد زیر است: غلات دارای گونه‌ها وارقام متعددی است که خود را به مرور زمان با شرایط اقلیم- زراعی متفاوت وفق داده‌اند، کشت و کار آنها آسان است و در دوره رشد و نمو نیاز زیادی به مراقبت ندارند، معمولاً محصول تمامی غلات همزمان می‌رسد و نیز نگهداری و ذخیره آنها آسان است، محصولات فرعی غلات مانند سبوس نیز برای تغذیه دام مورد استفاده قرار می گیرد، غلات در شرایط نامناسب می‌رویند و عملکرد نسبتاً خوبی دارند و با بهبود شرایط بر میزان عملکرد آنها افزوده می شود، غلات می‌توانند هیدرات‌های کربن (نشاسته، قند، سلولز)، پروتئین، روغن، مواد معدنی و برخی ویتامین ها را تأمین کنند (بهنیا، ۱۳۷۳). گندم و برنج رویهم تقریباً ۶۰٪ انرژی مورد نیاز بشر را تأمین می کنند و به طور کلی بیش از ۷۵٪ انرژی و ۵۰٪ پروتئین مورد نیاز بشر از غلات تأمین می شود (گالاگر، ۱۹۸۴). به راستی غلات پایه اصلی تغذیه و بقای بشر به شمار می‌روند و گندم مهمترین گیاه زراعی روی زمین است (امام،۱۳۸۲).

گندم از عمده ترین محصولات کشاورزی ایران و تأمین کننده بیشترین نیاز غذایی کشور می باشد، همچنین روزانه حدود ۴۷٪ از کالری مصرفی سرانه کشور را تامین می نماید (صفی‌خانی، ۱۳۸۶). گندم مهمترین محصول کشاورزی ایران و جهان است . بیش از ۳۰٪ اراضی زیر کشت را این محصول به خود اختصاص داده است (حدود ۲۳۸ میلیون هکتار از ۷۶۰ میلیون هکتار). گندم غذای عمده انسان‌است (حدود ۲۰٪ منابع غذایی) که به اشکال متفاوت مصرف می‌شود. نسبت پروتئین به هیدروکربن در این گیاه ۱ به ۶ می‌باشد، پروتئین‌های موجود در گندم شامل آلبومین، گلوبولین، گلوتنین، گلیادین می باشد. گلوتن در گندم در مقایسه با سایر غلات بالاترین نسبت را دارد (از ۱۶ تا ۵۰ درصد) و این موضوع و همچنین تنوع محصول و کیفیت انباری آن باعث برتری این گیاه نسبت به سایر غلات گردیده است و غذای اصلی بیش از یک سوم مردم جهان را تشکیل می‌دهد(کریمی, ۱۳۷۱ و ارزانی، ۱۳۷۸).

تولید کل غلات جهان ۱/۸ میلیارد تن است که بیشترین میزان آن (حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلیون تن) به گندم اختصاص دارد و از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه نیز گندم در درجه اول اهمیت قرار دارد (صفی خانی، ۱۳۸۶). کابلی (۱۳۸۹) سطح زیر کشت گندم کشور در سال زراعی ۸۸-۸۹ را شش میلیون و ۸۰۰ هزار هکتار اعلام کرد و افزود پیش بینی می شود امسال بالغ بر ۱۵ میلیون تن گندم در کشور تولید و بالغ بر ۱۱ میلیون تن گندم مازاد بر مصرف از کشاورزان خریداری شود (کابلی،۱۳۸۹).

اگر چه در برخی سال‌ها به علت وقوع خشکسالی کاهش زیادی در سطح زیر کشت گندم مشاهده شد (به طوری که در سال ۱۳۷۸ این سطح تا ۴ میلیون و ۷۳۹ هزار هکتار کاهش یافت)، اما طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی: از حدود ۱۳ میلیون و ۵۰ هزار هکتار اراضی زراعی حدود ۹ میلیون و ۵۱۰ هزار هکتار معادل ۷۲/۹۱ درصد در سال زراعی ۸۴-۸۳ به غلات اختصاص داشته است (که از این مقدار ۴۳/۵۷ درصد آن آبیاری شده و ۵۶/۴۳ درصد بقیه به صورت دیم بوده است) و ۷۳/۰۶ درصد از کل، سهم گندم به شمار می‌رود (صفی‌خانی، ۱۳۸۶).

فائو در جدیدترین گزارش خود از آمار تولیدات کشاورزی جهان ایران را از نظر رشد تولید گندم در رتبه دوم جهان و از نظر حجم تولید در رتبه دوازدهم قرار داد . ایران در سال ۲۰۰۹ با تولید ۱۳ میلیون تن گندم دوازدهمین تولید کننده بزرگ گندم در جهان بوده است و پیش بینی می شود با افزایش تولید گندم ایران به ۱۴/۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ این مقام طی این سال نیز حفظ شود (پایگاه اطلاع رسانی دولت، ۱۳۸۹).

مصرف سرانه گندم جهان در سال ۱۹۹۴ برابر۷۱/۱ کیلوگرم در سال برای هر نفر بوده است. در بین قاره‌های جهان، اروپا با متوسط مصرفی برابر ۹۸/۲ کیلوگرم در سال، بیشترین مقدار مصرف سرانه گندم را به خود اختصاص داده است، در حالی که در آفریقا مصرف سرانه گندم ۴۵/۳ کیلوگرم در سال بوده است. در این قاره در تعدادی از کشورها ذرت و برنج به عنوان قوت غالب در الگوی مصرف خانوار به شمار می‌رود. در ایران در سال ۱۳۷۳، مصرف سرانه یک نفر شهری ۱۲۹ کیلوگرم و یک نفر روستایی ۱۸۵ کیلوگرم در سال بوده است (مصرف گندم تحت تأثیر مصرف برنج قرار دارد) (اداره کل آمار و اطلاعات،۱۳۷۶).

خشکی و شوری خاک اصلی ترین فاکتورهای تنش غیر زنده هستند که به طور جدی تولید محصولات و امنیت غذایی را تحت تأثیر قرار می دهند (سیار و همکاران، ۲۰۱۰). کشور ما ایران با داشتن شرایط آب و هوایی ویژه‌ای در هر منطقه اش، بستر مناسبی را برای تولید انواع محصولات کشاورزی فراهم آورده است و

شاخص‌های اقلیمی وجود ۸ نوع اقلیم متفاوت در ا ین سرزمین را خبر می دهند، با این و جود بیش از ۵۸ درصد از این اقلیم‌ها در محدوده بسیار خشک و خشک قرار گرفته اند (صفی‌خانی، ۱۳۸۶). در این میان زراعت غلات و به‌ویژه گندم، بخش اصلی فعالیت های کشاورزان م ناطق خشک و نیمه خشک را تشکیل می دهد (صفی‌خانی، ۱۳۸۶). در شرایط اقلیمی متغیر مناطق نیمه خشک مثل کشور ما، انواع گیاهانی که بتوانند بدون آبیاری کشت شوند نسبتاً محدودند و هیچ کدام از این گیاهان نتوانسته اند بر گندم که مهمترین گیاه این مناطق است ارجح یت پیدا کنند . بنابراین، غلات به ویژه گندم د ر مناطق خشک از اهمیت اقتصادی به‌سزایی برخوردار است (صفی‌خانی، ۱۳۸۶).

خشکی مهمترین تنش محیطی است که بطور معمول حدود ۵۰ درصد از ۲۳۰ میلیون هکتار کشت سالانه گندم دنیا را تحت تأثیر خود قرار م ی‌هد (پیفو و همکاران ، ۲۰۰۵). بیشتر سطح زیر کشت گندم در کشور ایران به صورت کشت دیم است، لذا تاثیر خشکی بر تولید گندم در کشور بسیار حاد خواهد بود . به نحوی که متأسفانه خشکسالی اخیر کشور را مجدد اً به یکی از بزرگترین واردکنندگان گندم در دنیا تبدیل نمود. این موضوع مبین نیاز به توجه بیشتر و استفاده از تمامی پتانسیل ها از جمله روش اقتصادی و با ثبات افزایش تحمل به خشکی گیاهان است (دمندان، ۱۳۸۱).

بسته به اینکه کدام مرحل ه رشد گیاه با تنش خشکی مواجه می شود، عکسل العمل گیاه نسبت به تنش متفاوت است (جاجارمی، ۲۰۰۹). گندم‌های با بنیه اولیه قوی‌تر، سریع‌تر بر روی سطح خاک سایه‌اندازی می‌کنند و هدر رفتن آب را کاهش می دهند. هدر رفتن آب از طریق تبخیر از سطح خاک، کارایی مصرف آب را بخصوص در نواحی خشک، جایی که بیشترین بارندگی در اول فصل زراعی اتفاق می افتد، تحت تأثیر قرار می‌دهد (اسرپیل میر و همکاران، ۲۰۰۷).

انتخاب فنوتیپ برتر همواره به معنای انتخاب ژنوتیپ برتر نبوده و بسته به میزان سهم واریانس محیطی در واریانس فنوتیپی، بین فنوتیپ و ژنوتیپ اختلاف وجود خواهد داشت . این امر به ویژه در مورد صفات کمی که سهم واریانس محیطی در آن ها زیاد است مشهود می باشد. با انتخاب مستقیم یا غیر مستقیم برای ژنوتیپ، سهم واریانس محیطی به حداقل رسیده و کارایی انتخاب افزایش می یابد. این امر در صورتی میسر می‌گردد که خصوصیتی از موجود با وراثت‌پذیری بسیار بالا، دارای تفرق همزمان با صفت مورد نظر بوده و به وسیله آن بتوان به طور غیر مستقیم برای ژنوتیپ صفت مورد نظر انتخاب نمود . نشانگرهای مولکولی همان خصوصیتی هس‌تند که برای انتخاب غیر مستقیم بکار می روند. اگر یک نشانگر مولکولی با ژن (های) کنترل کننده صفت مورد نظر پیوستگی داشته باشد، گزینش بر اساس آن نشانگر در واقع گزینش صفت مورد نظر خواهد بود . این پدیده که امروزه در اصلاح گیاهان زراعی کاربرد وسیعی یافته، انتخاب به کمک نشانگرهای مولکولی نام دارد. (توسلی، ۱۳۸۶)

شناسایی عوامل ژنتیکی کنترل کننده صفات مرتبط با تحمل به خشکی که با سهولت بیشتری قابل تشخیص بوده و تحت تأثیر عوامل محیطی قرار نمی گیرند، زمینه شناسایی و ایجاد ارقام متحمل به خشکی را از طریق گزینش به کمک نشانگر ها به عنوان مکمل روش های مرسوم فراهم می سازد. از دیگر مزایای گزینش به کمک نشانگرها، ارزیابی صفات در مرحله گیاهچه، سرعت بیشتر نسبت به ارزیابی فنوتیپی، امکان انتخاب همزمان صفات متعدد با یک نمونه DNA، شناسایی ژن های فرعی در حضور ژن های اصلی و تشخیص ژن - های مطلوب و نامطلوب می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

برخلاف نشانگر های مورفولوژیک و بیوشیمیایی، نشانگر های DNA از نظر تعداد نسبتاً زیاد بوده و تحت تأثیر شرایط محیطی و مرحله رشد گیاه قرار نمی گیرند (وینتر و کال، ۱۹۹۵). نشانگرهای DNA تفاوت‌های ژنتیکی را با استفاده از ژل الکتروفورز و رنگ آمیزی با مواد شیمیایی(اتیدیوم برماید یا نیترات نقره) یا از طریق کاوشگر های رادیواکتیو نشان می دهند. در این پژوهش از نشانگر SSR که یک نشانگر هم بارز است، استفاده می‌شود. این نشانگر از نظر تکنیکی ساده است، قابل اطمینان و قابل انتقال بین جوامع مختلف است. عیب این نشانگر نیاز به زمان و هزینه زیاد برای طراحی آغازگر است (حیدری، ۱۳۸۶).

بسیاری از صفات مهم زراعی نظیر عملکرد دانه، کیفیت محصول و برخی از انواع مقاومت توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود که به صفات کمی (صفات پلی‌ژنیک، چند فاکتوری، صفات پیچیده) معروف هستند. ناحیه‌ای از ژنوم که حاوی ژن های مرتبط با یک صفت کمی است، مکان های کنترل کننده صفات کمی (QTL: Quantitative Trait Loci) نامیده می‌شود. یکی از راهبرد های بررسی ویژگی های صفات کمی که زمینه‌ای را برای شناسایی و انتخاب QTLها فراهم می‌سازد استفاده از نشانگر های مولکولی است که از سال ۱۹۸۰ آغاز گردید (موهان و همکاران، ۱۹۹۷). استفاده از نشانگرهای مولکولی به عنوان معیار انتخاب جانشین مهمی برای اندازه گیری صفات فیزیولوژیکی است (پرایس و کورتویس، ۱۹۹۹). نشانگرهای مبتنی بر DNA به عنوان ابزارهای ارزشمندی برای به نژادی در برنج، گندم, ذرت، جو، گونه های باغی و گونه های مرتعی مورد توجه بوده است (حیدری, ۱۳۸۶).

دانستن محل ژنها روی کروموزوم ها امکان تمایز بین آثار پیوستگی و پلیوتروپی را نیز فراهم ساخته و در تعیین غالبیت یک جهته و نسبت غالبیت در تک تک مکان های ژنی نقش مهمی دارد (هوشمند، ۱۳۸۱). نقشه‌یابی مکان‌های ژنی صفات کمی (QTL) یکی از روش هایی است که در دهه اخیر برای مطالعه ژنتیکی صفات کمی توسعه یافته است. در این روش تفرق هم زمان صفت کمی و نشانگرهای مولکولی بررسی می شود و در نهایت تعداد ژنها (عوامل مؤثر)، نوع عمل آنها و میزان اثر هر یک برآورد شده و مکان QTLها روی ژنوم شناسایی می‌گردد. از این‌رو می‌توان از نتایج آن در گزینش به کمک نشانگر استفاده نمود. به علاوه مطالعه اثر پلیوتروپی، اثر متقابل QTLها و نیز اثر QTL × محیط قابل بررسی است (محمدی و همکاران, ۱۳۸۴).
علاوه بر این تعیین محل QTLها روی کروموزوم زمینه‌ای مناسب برای افزایش کارایی ناشی از انتخاب فراهم می‌کند. همچنین مکان یابی QTLها امکان همسانه سازی ژن ها، انتقال ژن و انتخاب به کمک نشانگر ها را فراهم می‌کند (هوشمند، ۱۳۸۱). هدف ما اجرای یک آنالیز QTL از پاسخ رشدی گیاهچه های گندم تحت تنش اسمزی القا شده با PEG برای شناسایی نواحی کروموزومی وابسته با توانایی گیاهچه برای حفظ رشد ریشه‌ها، کلئوپتیل‌ها و ساقه‌ها تحت تنش خشکی می‌باشد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱-گندم

۲-۱-۱- تاریخچه و منشأ جغرافیایی گندم

گندم یکی از مهمترین محصولات زراعی جهان می باشد که به همراه برنج و ذرت بیش از ۶۰ درصد پروتئین و کالری خوراکی انسان را تأمین می‌کند (گیل و همکاران، ۲۰۰۴). منشأ گندم را جنوب غربی آسیا می‌دانند. شواهد تاریخی نشان می دهد که گندم در ارمنه بسیار قدیم و قبل از تاریخ، مصرف خوراکی داشته است. سیاحان و تجار اولیه، گندم را به اروپا و مهاجران اروپایی در قرن هفدهم گندم را به قاره آمریکا برده اند (بهنیا، ۱۳۷۳). سابقه کشت گندم به ۱۰ تا ۱۵ هزار سال پیش از میلاد می رسد. در سال ۱۹۴۸ باستان شناسان در دانشگاه شیکاگو در حفاری های یکی از روستاهای عراق که قدمت آن به ۶۷۰۰ سال قبل می‌رسید توانستند دو نوع گندم پیدا کنند که مشابه گندم های امروزی بودند (کریمی، ۱۳۷۱ و خدابنده، ۱۳۷۴).

۲-۱-۲- منشأ ژنتیکی گندم

گندم به راسته Glumiflora، خانواده گرامینه (Poaceae)، طایفه Hordeae و جنس Triticum تعلق دارد. گونه‌های وحشی و اهلی آن از لحاظ تعداد کروموزوم به سه گروه دیپلوئید (AA ،۲n =۲x=۱۴)، تتراپلوئید (AABB ۲n =۴x =۲۸) و هگزاپلوئید (AABBDD ۲n = ۶x =۴۲) تقسیم می‌شود. گندم‌های دیپلوئید شامل نوع وحشی و زراعی پوشینه دار می‌باشند و فاقد نوع زراعی لخت است. نوع تتراپلوئید از انواع وحشی و زراعی پوشینه دار و لخت تشکیل شده است و نوع هگزاپلوئید دارای

انواع زراعی پوشینه‌دار و زراعی لخت هستند و فاقد نوع وحشی می باشند که مهمترین گونه این گندم ها *T. aestivum* است (کاظمی اربط، ۱۳۷۴ و تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۲).

گندم‌های گروه دیپلوئید به گندم های تک دانه نیز معروفند، چرا که در هر سنبلچه در محور سنبله فقط یک دانه وجود دارد، این گندم ها پس از خرمن کوبی از دانه جدا نمی شوند. گندم‌های تتراپلوئید دارای سنبله کوتاه و متراکم می‌باشند که ریشک‌های طویل‌تری را در خود جای می‌دهند (معاونی، ۱۳۸۶).

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) هگزاپلوئید (۲n = ۶x =۴۲) با سه ژنوم (A، B و D) می‌باشد، که در نتیجه یک سری هیبریداسیون های طبیعی ایجاد شده است . ابتدا هیبریداسیون بین *T. urartu* (AA) و یک گونه ناشناخته (BB) که وابستگی نزدیکی با *T. speltoides* (SS) دارد اتفاق افتاده و نتیجه آن گندم تتراپلوئید *T. turgidum* L. (AABB) بود. سپس هیبریداسیون با *T. tauschii* (DD) برای تولید گندم هگزاپلوئید *T. aestivum* L. (AABBDD) صورت گرفته است. برآورد گردیده که هیبریداسیون اخیر تقریباً ۸۰۰۰ سال قبل اتفاق افتاده است. این هیبریداسیون امروزه می تواند تکرار شود بوسیله تلاقی گندم تتراپلوئید (AABB) با T. tauschii (DD) برای ساخت گندم هگزاپلوئید ساختگی. این هگزاپلوئید ساختگی استفاده می شود به عنوان یک واسطه برای انتقال ژن‌ها از اجداد وحشی به گندم های هگزاپلوئید کشت شده برای تنش های زنده مثل بیماری ها و تنش های غیر زنده مثل سرما، خشکی و شوری (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۴).

گندم هگزاپلوئید گونه ای است با ژنوم بزرگ و پیچیده با ۱۵۹۶۶ Mb و با بیش از ۱۰۸۰۰۰ یا ۲۹۵۹۰۰ ژن، بزرگترین ژنوم را در بین مهمترین گیاهان زراعی مولد غذا دارد (زو و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۱-۳- خصوصیات گیاهی و زراعی گندم

گندم گیاهی است یکساله، تک لپه، خود گشن (درصد دگرگوشنی در آن کمتر از یک درصد است)، سازگار با نواحی معتدل و سرد و از نظر واکنش فتوپریودی روز بلند (گالاگر، ۱۹۸۴ و نورمحمدی و همکاران، ۱۳۷۶). گندم از لحاظ زمین در محدوده وسیعی می تواند بروید. خاک های بسیار حاصلخیز برای گندم مناسب نبوده و باعث ورس آن می شود. لذا خاک‌های متوسط تا نیمه سنگین با حاصلخیزی متوسط و زه کش مناسب برای این گیاه توصیه می شود. مناسب‌ترین pH برای گندم ۸/۵-۷ است (بهنیا،۱۳۷۳؛ موسوی فرد، ۱۳۸۸). دامنه تحمل pH برای گندم ۵/۵ تا ۸ می‌باشد. در pH کمتر از ۵/۵ مشکل مسمومیت آلومینیوم و منگنز پیش می آید و نیاز به افزودن آهک به خاک است (ایوانس، ۱۹۸۱) و در PH زیادتر از ۸ حلالیت یون های آهن، منگنز، مس و روی به شدت کاهش می یابد به گونه‌ای که علایم کلروز آهن در مزارع گندم مشهود است (وسترمن، ۱۹۸۷).

از نظر ارتفاع در دنیا، این گیاه از سطح دریا تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری کشت می شود، برخی از ارقام گندم زمستانه سرما را تا ۳۵- °c تحمل می‌کنند و از نظر مقاومت به گرما نیز اگر رطوبت، زیاد نباشد گندم در آب و هوای گرم رشد خوبی دارد و در مناطق گرمسیر، حتی گرمای ۵۰ الی ۵۵ درجه سانتی گراد را به خوبی تحمل می‌کند (معاونی، ۱۳۸۶).

این گیاه اگرچه در عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی و ۳۰ تا ۴۰ درجه جنوبی به خوبی کشت و کار می‌شود، اما بهترین شرایط برای تولید بالای آن آب و هوای سرد و مرطوب طی فصل رشد و گرم و خشک در ز مان دانه‌بندی است. کشت دیم گندم به حد اقل ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر بارندگی احتیاج دارد ، ولی گونه‌های مختلف آن قادرند در مناطقی با ۲۵۰ تا ۱۷۵۰ میلی‌متر بارندگی رشد کنند (کوچکی، ۱۳۶۴؛ خدابنده، ۱۳۷۴و نورمحمدی و همکاران، ۱۳۷۶).

ارقام گندم بر حسب عکس العمل به درجه حرارت و طول روز به سه تیپ بهاره، زمستانه و حدواسط تقسیم می‌شوند (کریمی، ۱۳۷۱). تیپ بهاره جهت عبور از فاز رویشی به فاز زایشی نیاز به سرما ندارد و اغلب خاص مناطق گرمسیر و معتدل هستند، عملکرد این ارقام از ارقام پاییزه کمتر است، تیپ زمستانه برای عب ور از فاز رویشی به زایشی الزاما باید یک دوره سرما را سپری کند یعنی به مدت ۴ تا ۶ هفته در معرض یک دوره سرمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد قرار گیرند که این سرما باید در ابتدای دوره رویشی باشد، تیپ نیمه پاییزه یا بهاره پاییزه برای عبور از فاز رویشی به زایشی نیاز به سرما ندارند ولی تا حدی مقاوم به سرما بوده و در مراطق سرد و معتدل در پاییز کشت می شود، این ارقام در مناطق سرد ۳-۲ هفته دیرتر از گندم پاییزه کشت می‌شوند و چ ند روز زودتر از ارقام پاییزه می رسند (معاونی، ۱۳۸۶). درجه حرارت حداقل و حداکثر برای رشد گندم به ترتیب ۳ تا ۴ و ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد می باشد و درجه حرار ت بهینه آن ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشد (کریمی، ۱۳۷۱).

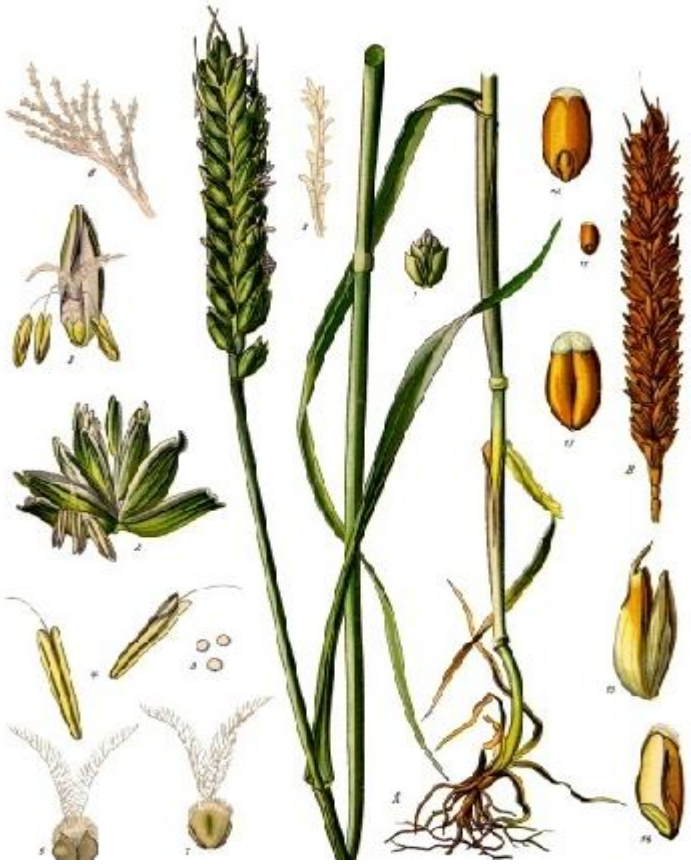
۲-۱-۳-۱- ریشه

اولین اندامی که پوسته دانه را می شکافد و از آن خارج می شود ریشه‌چه می‌باشد. ریشه گرده از نوع افشان است و شامل ریشه های بذری و نابجا می باشد (خدابنده،۱۳۷۴ و امام، ۱۳۸۲). گندم هنگام جوانه زنی به تعداد ۳ تا۸ ریشه اولیه تولید می کند، که این ها مدتی بعد ا ز بین رفته و جای خود را به ریشه های ثانویه می‌دهند. این ریشه‌ها از محل گره ها که در حدود ۲/۵-۲ سانتیمتری سطح زمین قرار دارند خارج گردیده و عهده دار تأمین مواد غذایی و آب برای گیاه می شوند (تاج بخش و پورمیزرا، ۱۳۸۲). عمده ریشه‌های گندم در زراعت آبی در عمق ۲۵-۲۰ سانتیمتر و در زراعت دیم در عمق ۱۵-۱۰ سانتیمتر قرار دارند (به علت عمق کم خاک زراعی و عدم توسعه ریشه‌ها) (بهنیا، ۱۳۷۳).

۲-۱-۳-۲- ساقه

ساقه گندم بندبند ماشوره‌ای و اکثراً توخالی است و بطور متوسط ۵ تا ۷ میانگره دارد که همزمان با بوجود آمدن سنبلچه انتهایی، مریستم میان بافتی میانگره ها فعال می شود و طویل شدن سریع ساقه را تا زمان گرده افشانی باعث می گردد. ساقه اصلی اولین ساقه ای است که از محل گیاهک دانه و از میان غلاف برگ رشد می‌کند و بلندترین ساقه نیز می‌باشد. طول ساقه گندم از ۱۵۰-۳۰ سانتی‌متر بسته به میزان رطوبت و حاصلخیزی خاک و واریته گندم تغییر می کند (بهنیا، ۱۳۷۳؛ چالش، ۱۳۸۶). ضخامت ساقه از پایین به بالا کاهش می‌یابد، فاصله میان گره ها از پایین به طرف بالا افزایش می یابد (معاونی، ۱۳۸۶). پنجه‌ها یا ساقه‌های

ثانویه نیز از جوانه‌های محوری برگ‌های پایینی ساقه اصلی گندم منشأ می گیرند. یک بوته گندم ممکن است از ۵۰-۲ پنجه بسته به موقعیت محل و رقم ایجاد نماید . تحت شرایط مزرعه‌ای معمولاً ۵-۳ پنجه عمومیت دارد. این پنجه‌ها تا قبل از بوجود آمدن ریشه های نابجا جهت جذب آب و مواد غذایی به بوته مادری وابس ته هستند (بهنیا، ۱۳۷۳ و چالش، ۱۳۸۶).



شکل ۲-۱- قسمت‌های مختلف گندم

۲-۱-۳-۳- برگ

برگ‌های گندم کشیده و باریک و شامل پهنک، غلاف، زبانک (Ligule) و یک جفت گوشوارک (Stipel) می‌باشند (بهنیا، ۱۳۷۳). غلاف معمولاً دوسوم میان گره را پوشانده و سبب استحکام آن می شود. پهنک منطقه اصلی غذا سازی گیاه می باشد. زبانک و گوشوارک نیز تا حدودی از نفوذ رطوبت به داخل فضای بین غلاف و ساقه جلوگیری کرده و از پوسیدن احتمالی ساقه جلوگیری می کند (تاج بخش و پورمیرزا، ۱۳۸۲). برگ‌ها در روی ساقه به صورت منفرد و در دو ردیف به طور متناوب قرار دارند (بهنیا، ۱۳۷۳). همزمان با رشد سریع ساقه اندازه غلاف نیز افزایش می یابد. آخرین برگ که نزدیک ترین برگ به سنبله است را برگ پرچم (Flag leaf) گویند که دارای اهمیت زیادی در تأمین مواد فتوسنتزی برای دانه ها می‌باشد. هر عاملی که باعث کاهش سطح برگ پرچم شود و یا از بوجود آمدن آن جلوگیری نماید منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (کوچکی، ۱۳۶۴ و خدابنده، ۱۳۷۴).

۲-۱-۳-۴- گل‌آذین

گل‌آذین گندم ار نوع سنبله (Spikle) و حاوی تعدادی (۱۰ تا ۳۰) سنبلچه (Spiklet) است که هر کدام دارای ۲ تا ۱۵ گلچه (Floret) می‌باشندکه حد اکثر ۵ گل بارور شده و بقیه عقیم می مانند. طول سنبله گندم بین ۱۸-۶ سانتیمتر است و معمولاً در رأس به سنبلچه های نازا ختم می شود. در محل اتصال سنبلچه به محور سنبله دو برگک به نام پوشه یا گلوم (Glume) وجود دارد، هر گلچه نیز دارای دو برگ تغییر شکل یافته به نام گلومل (Glumel) یا پوشینه می‌باشد. گل گندم دو جنسی، دارای سه پرچم و یک مادگی با کلاله دو شاخه و پر مانند می باشند (بهنیا،۱۳۷۳ و موسوی‌فرد، ۱۳۸۸). در برخی از ارقام گندم ها در انتهای پوشینه، تیغه‌ای باریک و گاهی بلند به نام ریشک (Awn) وجود دارد که رنگ و شکل آن در نژادهای مختلف متفاوت می‌باشد (موسوی فرد، ۱۳۸۸).

۲-۱-۳-۵- دانه

دانه گندم در حقیقت یک میوه تک بذری به نام گندمه (Caryopsis) است که تخم مرغی شکل می‌باشد (مارتین، ۱۹۷۶ و گالاگر، ۱۹۸۴). دانه به سختی به پریکارپ (Pericarp) و یا در واقع پوست دانه چسبیده است و جدا کردن پریکارپ فقط با آسیاب کردن میسر است (بهنیا، ۱۳۷۳). طول بذر گندم گرچه در برخی ارقام گندم Durum به بیش از یک سانتیمتر هم می رسد، ولی در بسیاری از ارقام از چند میلیمتر تجاوز نمی کند. در طرف شکمی بذر شکافی سرتاسری وجود دارد که به آن شیار (Crease) (Groove) می‌گویند (مارتین، ۱۹۷۶). رنگ دانه در انواع مختلف از سف ید مایل به زرد تا قرمز تغییر می کند (بهنیا، ۱۳۷۳) و شامل سه بخش عمده جنین (Embryo)، آندوسپرم (Endosperm) و سبوس می‌باشد. سبوس شامل چهار بخش: لایه آلورون (Aleurone) که به صورت یک لایه سلولی آندوسپ‌رم را در بر گرفته، بافت خورش (Nucellus) که باقیمانده بافت خورش تخمک است، پوسته بذر (Testa) که از بافت مادری منشأ می گیرد و از پوشش‌های تخمک بوجود آمده است و پریکارپ (دیواره تخمدان) می‌باشد. آندوسپرم قسمت اعظم دانه (نزدیک ۹۰درصد) را تشکیل می‌دهد که در بر گیرنده هیدارت‌های کربن و مواد پروتئینی است (امام، ۱۳۸۲).

۲-۲- خشکی

ارزیابی‌ها نشان می دهد که ۲۵٪ از زمین‌های کشاورزی جهان با تنش خشکی مواجه اند (جاجارمی، ۲۰۰۹). خشکی در واقع یک رویداد هواشناختی است که با عدم وقوع بارندگی در یک دوره زمانی همراه می باشد، دوره‌ای که به اندازه کافی بلند است تا باعث تخلیه رطوبت خاک و تنش کمبود آب همراه با کاهش پتانسیل آب در بافت های گیاهی گردد. اما از دیدگاه کشاورزی، خشکی عبارت است از ناکافی بودن مقدار و توزیع آب قابل استفاده در طی دوره رشد گیاه، که این امر موجب کاهش بروز توان کامل ژنتیکی گیاه می گردد. خشکی عامل اصلی محدود کننده تولیدات کشاورزی می باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول دهی باز می دارد. اثر خشکی بر عملکرد و درآمد نهایی زارع کاملاً شناخته شده است. اغلب گیاهان زراعی بویژه در طی دوره گلدهی تا نمو بذر به تنش کمبود آب حساسند (میترا، ۲۰۰۱).