دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته
کشاورزی - اصلاح نباتات

بررسی الگوی بیان ژن رمزکننده‌ی آنزیم NADP- malic در آجیلوپس و برخی گونه‌های دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید گندم

به کوشش
زهرا زکی‌پور

استاد راهنما
دکتر عباس عالم‌زاده

اسفند ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب زهرا زکی‌پور (۹۰۸۸۱۵) دانشجوی رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی اظهار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه، دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه مالکیت فکری و معنوی، متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: زهرا زکی‌پور

تاریخ و امضا: ۱۳۹۳/۰۲/۱۵

به نام خدا

بررسی الگوی بیان ژن رمزکننده‌ی آنزیم NADP- malic در آجیلوپس و برخی گونه‌های دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید گندم

به کوشش

زهرا زکی‌پور

پایان‌نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی

از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

مهندسی کشاورزی گرایش اصلاح نباتات

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان‌نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر عباس عالم‌زاده، استادیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شیراز (استاد راهنما).....

دکتر هومن راضی، استادیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شیراز (استاد مشاور).....

دکتر حسن پاک‌نیت، دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شیراز (استاد مشاور).....

دکتر الهه توکل، استادیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شیراز (داور متخصص داخلی).....

اسفند ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر و مادرم

خدای را بسی شاکرم که از روی سخاوت و بخشندگی، پدر و مادری فداکار نسیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند. . . .

تقدیم به همسرم

که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

تقدیم به خواهرانم

آنانکه وجودشان شادی بخش زندگی من است.

سپاسگزاری

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. بر خود لازم می‌دانم و به جاست تا در این مختصر، قدردان زحمات عزیزانی باشم که مرا در این مهم یاری نمودند. در ابتدا از زحمات خانواده عزیزم به خصوص پدر و مادر مهربانم، همسر فهیمم و خواهران عزیزم تشکر می‌کنم که همواره مایه دلگرمی و آرامش من بودند. از استاد راهنمایم، جناب آقای **دکتر عباس عالم‌زاده** کمال تقدیر و تشکر را دارم که با صبر و حوصله مرا در این امر راهنمایی کردند. از اساتید مشاور، آقایان **دکتر هومن راضی** و **دکتر حسن پاک‌نیت** کمال تشکر را دارم. از سرکار خانم **دکتر الهه توکل** که داوری این پژوهش را به عهداه داشتند و همچنین از زحمات بیدریغشان در طول تحصیل قدر دانی می-کنم. از اساتید محترم بخش جناب آقایان دکتر داد خدایی و دکتر حیدری که در طی تحصیل از آموزش‌های موثر آن‌ها بهره برده‌ام، کمال تشکر را دارم. همچنین سزاوار است تا از زحمات آقایان مهندس متقی، مهندس ایزدی، شفیعی، نوری و خانم حسنلی نیز تشکر لازم را داشته باشم. زحمات ارزشمند دوستانی که در این برهه از زندگی کنارم بودند، مهندس نجمه برخورداری، مینا سیفایی، ایدا آزاد، طیبه مشکانی، زهرا کلباسی، اعظم صف شکن، افسانه نعمت‌پور، لیلا نعمت‌پور، نرجس سروستانی راهپیما، کلثوم صالحی و آقایان مهندس جم، مهندس احمدی و مهندس شاملو را ارج می‌نهم.

چکیده

بررسی الگوی بیان ژن رمزکننده‌ی آنزیم NADP- mali در آجیلوپس و برخی گونه‌های دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید گندم

به کوشش

زهرا زکی‌پور

در این پژوهش برای بررسی بیان ژن رمز کننده *TaNADP-ME1* در گندم نان و خویشاوندان آن از ۴ گونه شامل: *Aegilops crassa*، *Triticum boeticum*، *Triticum turgidum* و *Triticum aestivum* استفاده شد. بذر گیاهان مذکور در تابستان سال ۱۳۹۲ در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلدان‌های دوکیلو گرمی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز کشت شدند. یک جفت آغازگر اختصاصی بر اساس توالی ژن *TaNADP-ME1* و یک جفت آغازگر اختصاصی بر اساس توالی ژن رمز کننده اکتین طراحی شد. از برگ هر چهار گونه گیاهی آرانا و دی‌انا استخراج و سپس با استفاده از آرانا، سی‌دی‌انا تهیه شد. بعد از هم غلظت کردن سی‌دی‌ان‌های تهیه شده، با استفاده از روش نیمه کمی بیان ژن مذکور در گونه‌های ذکر شده بررسی‌شد. باندهای بدست آمده با نرم افزار TotalLab شدت سنجی شد داده‌های حاصل با نرم افزار SAS مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده از استخراج دی‌انا، تعداد نسخه‌های این ژن در ژنوم *T. aestivum* (AABBDD) و *A. crassa* (DDMM) با هم برابر و از *T. turgidum* (AABB) بیشتر است و تعداد نسخه‌های این ژن در *T. boeticum* (AA) از سه گونه دیگر کمتر است. بر اساس این نتایج هر سه ژنوم AA، BB و DD هرکدام تنها یک نسخه از این ژن را دارند در حالیکه احتمالا روی ژنوم MM دو نسخه از این ژن وجود دارد. براساس نتایج بدست آمده از سی‌دی‌انا تهیه شده، ژن *TaNADP-ME1* از بیان بیشتری نسبت به اکتین در بافت برگ برخوردار است. این ژن در چهار گیاه مورد بررسی تقریبا به یک نسبت بیان می-شود که شاید این مساله به دلیل نحوه تنظیم بیان این ژن در گونه‌های مختلف باشد.. بررسی بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ، ریشه و ساقه‌ی گندم نان و گندم دوروم نشان داد که میزان بیان این ژن در بافت برگ بیشتر از ریشه و ساقه است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیان این ژن در بافت برگ با تفاوت معنی‌داری از بافت ریشه بیشتر است.

کلید واژه: بیان ژن، *NADP-ME1*، گندم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- گندم ۲

۱-۲- میزان تولید و مصرف جهانی گندم ۴

۱-۳- *Triticum turgidum* ۵

۱-۴- *Triticum boeticum* ۶

۱-۵- *Aegilops crassa* ۷

۱-۶- ژن رمزکننده NADP- malic enzyme ۸

۱-۷-روش‌های بررسی الگوی بیان ژن ۱۲

۱-۸-اهداف پژوهش ۱۵

فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های پیشین

۲-۱- ژن رمز کننده NADP-ME ۱۶

۲-۱-۱- دسته بندی ژن رمزکننده NADP- ME بر اساس نقش و محل فعالیت ۱۶

۲-۱-۲- بررسی ژن رمزکننده NADP- ME در غلات ۱۸

۲-۱-۳- بررسی ژن رمزکننده NADP- ME در گیاهان دیگر ۲۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- طرح و اجرای آزمایش ۲۶

۳-۱-۱- انتخاب بذر ۲۶

۳-۱-۲- کاشت و داشت ۲۶

۳-۱-۳- نمونه‌برداری ۲۶

۳-۲- طراحی آغازگرها ۲۷

۳-۲-۱- تهیه محلول ذخیره و محلول مورد استفاده از آغازگر ۲۷

۳-۳- بررسی الگوی بیان ژن رمز کننده NADP-ME در گندم و خویشاوندان آن ۲۸

۳-۳-۱- پروتکل استخراج اران‌ا ۲۸

۳-۳-۲- تیمار DNase ۲۹

۳-۳-۳- تهیه ژل آگارز و انجام الکتروفورز ۳۰

عنوان **صفحه**

۳-۳-۴- سنتز سی‌دی‌ان‌ا ۳۱
۳-۳-۵- تعیین غلظت سی‌دی‌ان‌ا تهیه شده و انجام واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز ۳۲
۳-۳-۶- تعیین شدت باندهای مربوط به قطعات تکثیر شده ۳۳
۳-۳-۷- تجزیه تحلیل آماری ۳۳
۳-۴- تعیین منشأ ژن رمز کننده NADP-ME1 ..... ۳۴
۳-۴-۱- پروتکل استخراج دی‌ان‌ا ۳۴
۳-۴-۲- تعیین غلظت دی‌ان‌ا استخراج شده و انجام واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز ۳۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- تعیین منشأ ژن رمز کننده TaNADP-ME1 در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۳۸
۴-۱-۱- بررسی کیفیت دی‌ان‌ا استخراج شده ۳۸
۴-۱-۲- قطعات تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در گندم نان و خویشاوندان آن ۳۹
۴-۱-۳- نتیجه واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز ۳۹
۴-۱-۴- شدت باندهای مربوط به قطعات ۱۰۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۰
۴-۲- بررسی الگوی بیان ژن رمز کننده NADP-ME1 در گندم نان و خویشاوندان آن ۴۲
۴-۲-۱- بررسی کیفیت آران‌ا استخراج شده ۴۲
۴-۲-۲- اطمینان از عدم آلودگی در آران‌ا استخراج شده ۴۳
۴-۲-۳- غلظت سی‌دی‌ان‌ا تهیه شده ۴۴
۴-۲-۴- روش نیمه کمی بیان ژن ۴۵
۴-۲-۵- شدت باندهای مربوط به قطعات ۵۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۶
۴-۳- بررسی بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ، ریشه و ساقه گندم نان و گندم دوروم. ۴۹
۴-۴- تعیین نقاط اینترونی ۵۵

نتیجه‌گیری ۵۶
پیشنهادها ۵۶

فهرست منابع

منابع فارسی ۵۷
منابع انگلیسی ۵۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- وضعیت گندم در سال ۲۰۱۲ ..... ۵
جدول ۲-۱- تفاوت *NADP-ME* در گونه‌های مختلف ۱۸
جدول ۳-۱- توالی‌های آغازگرها برای آیزوفرم *TaNADP-ME1* در گندم هگزاپلوئید ۲۷
جدول ۳-۲- مواد مورد نیاز برای تیمار DNase ۳۰
جدول ۳-۳- مواد و مقادیر مورد نیاز برای بافر تانک الکتروفورز ۳۱
جدول ۳-۴- مواد مورد نیاز برای سنتز سی‌دی‌ان‌ا ۳۱
جدول ۳-۵- مواد مورد نیاز در هر واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز ۳۲
جدول ۳-۶- برنامه واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز برای ژن *TaNADP-ME1* ۳۲
جدول ۳-۷- برنامه واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز برای ژن اکتین ۳۳
جدول ۳-۸- مواد مورد نیاز در هر واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز ۳۵
جدول ۴-۱- تعیین غلظت دی‌ان‌ا ساخته شده ۳۹
جدول ۴-۲- شدت باندهای مربوط به قطعات ۱۰۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۰
جدول ۴-۳- جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعیین منشأ ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۱
جدول ۴-۴- غلظت سی‌دی‌ان‌های تهیه شده بر حسب ng/µl از بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۴
جدول ۴-۵- شدت باندهای مربوط به قطعات ۵۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۶
جدول ۴-۶- شدت باندهای بدست آمده از قطعات ۴۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن اکتین در گندم نان و خویشاوندان آن ۴۶
جدول ۴-۷- جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۷
جدول ۴-۸- غلظت سی‌دی‌ان‌های تهیه شده در بافت‌های مختلف گندم نان ۴۹
جدول ۴-۹- غلظت سی‌دی‌ان‌های تهیه شده در بافت‌های مختلف گندم دوروم ۴۹

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱۰- شدت باندهای بدست آمده از قطعات تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* نسبت به اکتین در بافت برگ، ریشه و ساقه گندم نان ۵۲
جدول ۴-۱۱- شدت باندهای بدست آمده از قطعات تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* نسبت به اکتین در بافت برگ، ریشه و ساقه گندم دوروم ۵۲
جدول ۴-۱۲- جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت-های مختلف گندم نان..... ۵۲
جدول ۴-۱۳- جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت-های مختلف گندم دوروم..... ۵۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

۱-۱- مسیر تکامل گندم ۴
۱-۲- انواع علامت‌دهی برای گیاهان طی تنش خشکی، سرما و شوری ۹
۱-۳- نقش احتمالی NADP-malic در گیاه ۱۰
۴-۱- دی‌ان‌اهای استخراج شده از گندم نان وخویشاوندان آن ۳۸
۴-۲- قطعات ۱۰۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* ۳۹
۴-۳- بررسی نرمال بودن داده‌ها مربوط به قطعات ۱۰۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* ۴۰
۴-۴- مقایسه میزان دی‌ان‌ا تکثیر شده‌ی *TaNADP-ME1* در گندم نان و خویشاوندان آن .....
۴-۵- آران‌ا استخراج شده از گندم نان و خویشاوندان آن ۴۲
۴-۶- قطعات تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* با استفاده از آران‌ا و دی‌ان‌ا به عنوان الگو ۴۴
۴-۷- قطعات ۵۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* ۴۵
۴-۸- قطعات ۴۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن رمز کننده اکتین ۴۵
۴-۹- بررسی نرمال بودن داده‌ها مربوط به قطعات ۵۰۰ جفت بازی تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت برگ گندم نان و خویشاوندان آن ۴۷
۴-۱۰- مقایسه میزان بیان *TaNADP-ME1* در گندم نان و خویشاوندان آن ۴۸
۴-۱۱- قطعات تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت‌های مختلف گندم نان ۵۰
۴-۱۲- قطعات تکثیر شده از ژن *TaNADP-ME1* در بافت‌های مختلف گندم دوروم ۵۰
۴-۱۳- قطعات تکثیر شده از ژن رمز کننده اکتین در بافت‌های مختلف گندم نان ۵۱
۴-۱۴- قطعات تکثیر شده از ژن رمز کننده اکتین در بافت‌های مختلف گندم دوروم ۵۱
۴-۱۵- مقایسه میزان بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت‌های مختلف گندم نان ۵۴
۴-۱۶- مقایسه میزان بیان ژن *TaNADP-ME1* در بافت‌های مختلف گندم دوروم ۵۴
۴-۱۷- نواحی اینترونی و نواحی اگزونی ژن *TaNADP-ME1* در آرابیدوپسیس ۵۵

فصل اول

مقدمه

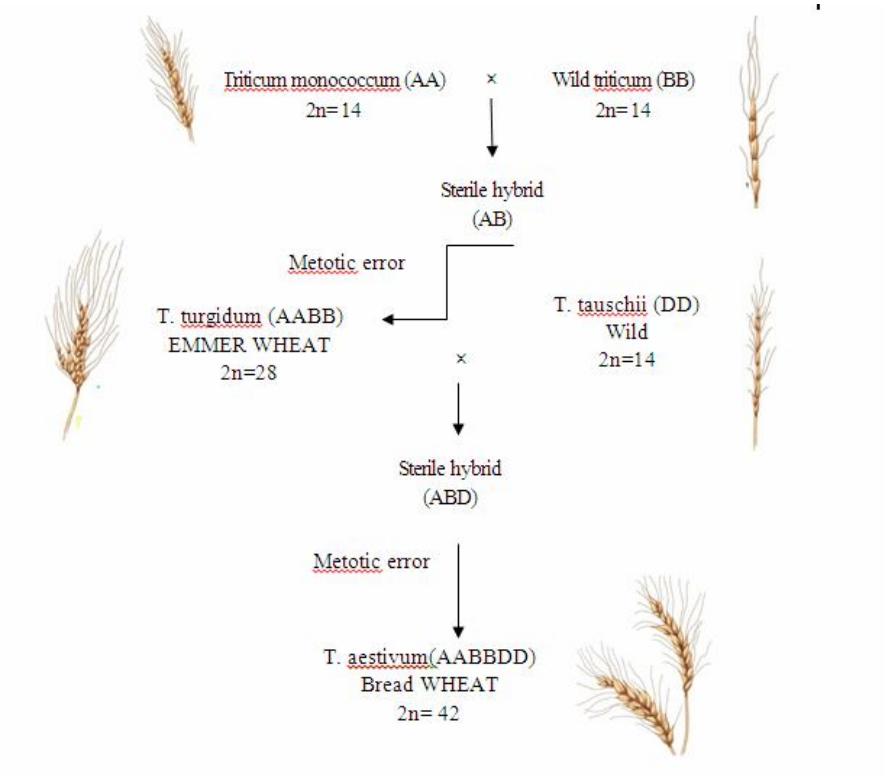
۱-۱-گندم

غلات دانه‌ای مهم‌ترین منبع تأمین غذای بشر هستند و به نظر می‌رسد که بشر در آینده برای تأمین غذای خود همچنان به غلات به عنوان غذای اصلی نیازمند باشد که در این میان سه غله گندم، برنج و ذرت همچنان بیشترین سهم را در تأمین غذای بشر به عهده خواهند داشت (امام، ۱۳۹۰). در این میان گندم رتبه اول را در تأمین غذای بشر به عهده دارد. به همین دلیل تحقیقات زیادی روی گندم به منظور بهبود کیفیت و کمیت آن انجام شده است (امام، ۱۳۹۰). گندم مهمترین غله روی زمین است (Martin *et al.,* 1976؛ امام، ۱۳۹۰). این گیاه جزء مهمترین گونه زراعی دنیا با نام جنس *Triticum* و از خانواده گندمیان می‌باشد (خدابنده، ۱۳۸۴). گندم دارای چهارگونه خودرو *Triticum uratu* ، *T. monococcum* ، *T. boeticum* و پنج گونه زراعی *T. tauschii* ، *T. turgidum* ، *T. dicoccoides* ، *T. dicoccum*، *T. aestivum* و *T. comactum* در ایران است. از میان گونه‌های زراعی سه گونه تتراپلوئید (*T. tauschii* ، *T. turgidum* و *T. dicoccum*) و دو گونه هگزاپلوئید (*T. aestivum* و *T. comactum*) هستند (خرازیان و رحیمی‌نژاد، ۱۳۸۷). بر اساس طبقه‌بندی انجام شده گونه‌های متعلق به این جنس در سه گروه کلی قرار می‌گیرند: ۱. دیپلوییدها ۲. تتراپلوئیدها ۳. هگزاپلوییدها (خدابنده، ۱۳۸۴). گندم‌های کنونی از گندم وحشی تک بذری مونوکوکوم[1] منشأ گرفته‌اند. برای تبدیل گندم از حالت وحشی به صورت کنونی راه تکاملی طولانی پیموده شده و تلاقی‌های زیادی صورت گرفته است (شکل ۱) (امام، ۱۳۹۰). ژنوم گندم نان (گندم هگزاپلوئید) از سه ژنوم AA ، BB و DD به وجود آمده است دهنده ژنوم AA با سطح پلوئیدی 2n=2x=14 و نام علمی *Triticum monococcum* ، دهنده ژنوم DD با سطح پلوئیدی 2n=2x=14 و نام علمی *Aegilops tauschii* و دهنده ژنوم BB با سطح

1. monococcum

پلوئیدی 2n=2x=14 و یک نوع آجیلوپس می‌باشد. گندم دوروم یا ماکارونی نیز تتراپلوئید بوده و ژنوم آن AABB می‌باشد (امام ۱۳۹۰).

سابقه کشت گندم به ۱۰ تا ۱۵ هزار سال پیش از میلاد می‌رسد اجداد وحشی گندم در منطقه‌ی خاورمیانه، غرب ایران، شرق ترکیه و شمال عراق پیدا شده و هم اکنون هم در آن مناطق وجود دارند (امام، ۱۳۹۰). منشأ آن بر اساس شواهد باستان شناسی هلال حاصلخیزی است که قسمت‌هایی از ایران را نیز شامل می‌شود (امام، ۱۳۹۰؛ Evans and Peacock, 1981؛ Harlan and Zohary, 1996؛ Fairbaim *et al*., 2002؛ Kilian *et al*., 2007؛ Michael *et al*., 2011). طبق شواهد ژنتیکی از این منطقه به عنوان منشأ کشاورزی و منشأ اهلی سازی گندم نیز یاد می‌شود (Heun *et al*., 1997؛ Ozkan *et al*., 2005؛ Luo *et al*., 2007؛ Kilian *et al*., 2007). گندم در محدوده عرض جغرافیایی ۶۷ درجه شمالی در نروژ، فنلاند و روسیه تا ۴۵ درجه عرض جنوبی در آرژانتین کشت می‌شود. گندم در ایران نیز از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی است و افزایش محصول آن مورد توجه بوده و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار است (امام، ۱۳۹۰). گندم یکی از محصولات استراتژیک کشور بوده و بیش از ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد کالری مورد نیاز جمعیت کشور را تأمین می‌کند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). در بین غلات دانه‌ای، گندم هم از لحاظ سطح زیر کشت و هم از لحاظ میزان تولید، مهم‌ترین گیاه زراعی تأمین کننده غذای انسان به شمار می‌رود (امام، ۱۳۹۰). گندم، نزدیک به یک سوم از کل زمین‌های قابل کشت جهان را به خود اختصاص داده است (Emam, 2007.). عمده‌ترین کشورهای تولید کننده گندم، چین، هندوستان و آمریکا هستند (Bushuk and Rasper, 1994).



شکل ۱-۱ مسیر تکامل گندم نان (امام، ۱۳۹۰)

۱-۲- میزان تولید و مصرف جهانی

گندم در ۱۲۰ کشور دنیا کشت می‌شود و حدود ۱۹ درصد کالری مصرفی دنیا را تأمین می‌کند (Aksoy and Beghin, 2005). گندم از لحاظ میزان تولید ۶۷۰ میلیون تن در جهان، ۳۱۱ میلیون تن در آسیا و ۱۳ میلیون تن در ایران را در سال ۲۰۱۲ به خود اختصاص داده است. بر اساس آخرین آمار بدست آمده از مرکز فائو، چین با تولید ۱۱۷ میلیون تن گندم در سال ۲۰۱۱ اولین کشور تولید کننده جهان و ایران با تولید ۱۳ میلیون تن گندم، چهاردهمین کشور جهان در بین ۲۰ کشور تولید کننده گندم شناخته شده‌اند (www.FAOstat.org). تجارت جهانی برای گندم در سال ۲۰۱۲ چیزی در حدود ۱۳۴ میلیون تن بوده است (www.igc.int). سطح زیر کشت گندم در جهان ۲۱۵ میلیون هکتار، در آسیا ۱۰۰ میلیون

هکتار و در ایران ۷ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۲ می‌باشد (www.FAOstat.org). عملکرد گندم در جهان ۳۱۱۳۳ هکتاگرم در هکتار، در آسیا ۳۰۸۴۸ هکتاگرم در هکتار و در ایران ۱۹۷۱۴ هکتاگرم در هکتار در سال ۲۰۱۲ گزارش شده است (جدول۱-۱) (www.FAOstat.org).

جدول ۱-۱ وضعیت گندم در سال ۲۰۱۲

	جهان	آسیا	ایران
سطح زیر کشت (هکتار)	۲۱۵۴۸۹۴۸۵	۱۰۰۸۸۸۵۳۴	۷۰۰۰۰۰۰
تولید (تن)	۶۷۰۸۷۵۱۱۰	۳۱۱۲۲۴۸۷۱	۱۳۸۰۰۰۰۰
عملکرد(هکتاگرم/ هکتار)	۳۱۱۳۳	۳۰۸۴۸	۱۹۷۱۴

۱-۳- *Triticum turgidum*

گندم دوروم با نام علمی *Triticum turgidum var durum* از گونه‌های تتراپلوئید (2n=4x=28, AABB) و دومین گونه مهم جنس گندم در دنیا می‌باشد و حدود ۱۰ درصد از مساحت کشت جهانی گندم به آن اختصاص داده شده است. بیشترین مساحت کشت این محصول در منطقه مدیترانه قرار دارد (صادق‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). گندم دوروم محصولی مهم و صنعتی به شمار می‌رود اهمیت این گندم به واسطه خصوصیاتی است که آرد آن دارد و آن را مناسب تهیه‌ی انواع ماکارونی و اسپاگتی می‌کند (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۹۱). خصوصیات گلوتن سنگین، خمیر غیر چسبنده و سنگین، این نوع گندم را برای تهیه محصولات خمیری از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده‌آل کرده است (نقوی و همکاران، ۱۳۸۱؛ نبوتی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش مصرف ماکارونی در کشور سبب گسترش روز افزون تأسیس کارخانه‌ها و صنایع ماکارونی‌سازی شده است. با افزایش زراعت گندم دوروم در ایران علاوه بر افزایش سطح تولید گندم در کشور می‌توان ماده اولیه صنایع ماکارونی‌سازی را تأمین و با ارتقا کیفیت محصولات تولیدی زمینه مساعدی برای صادرات ماکارونی و سمولینا به خارج

از کشور را فراهم کرد (دهقان و همکاران، ۱۳۹۰).

تنوع ژنتیکی گیاهان زراعی اصلی همانند گندم دوروم با گذشت زمان کاهش پیدا کرده است. مناطق غربی کشور دارای بیشترین تنوع ژنتیکی گندم دوروم می‌باشد (رشیدی منفرد و همکاران، ۱۳۹۰). کشت و کار دوروم در ایران به طور سنتی از دیرباز در مناطق دیم گرمسیری و نیمه گرمسیری کشور با ارتفاع ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا مرسوم بوده است.

گندم دوروم از لحاظ شوری نسبت به گندم نان حساس‌تر است به همین دلیل تولید و کشت آن در مناطقی با خاک‌های شور و سدیمی محدود است (Munns *et al*., 2006).

Triticum boeticum **-۴-۱**

تریتیکوم بوئتیکوم یک گونه وحشی از خانواده گندمیان و جنس تریتیکوم می‌باشد (www.plants.USDA.gov). این گیاه با نام عمومی Wild einkorn و نام علمی *Triticum boeticum* شناخته شده است. گیاه تریتیکوم بوئتیکوم دیپلوئید (2n=2x=14) و دارای ژنوم AA می‌باشد (Guo *et al*., 2011). Einkorn در زبان آلمانی به معنی تک دانه است. گندم-های einkorn به دو صورت وحشی *Triticum monococcum spp. boeticum* و اهلی *Triticum monococcum spp. monococccum* وجود دارند. تصور می‌شود تریتیکوم مونوکوکوم بوئتیکوم جد وحشی تریتیکوم مونوکوکوم مونوکوکوم می‌باشد. ژنوم گندم *Triticum boeticum* از بیشترین شباهت با ژنوم A گندم نان برخوردار می‌باشد (Kimber and Sears, 1987). اولین تجزیه تحلیل‌های ژنتیکی نشان می‌دهد منشأ گونه‌های وحشی گندم تریتیکوم مونوکوکوم بوئتیکوم در کوه‌های Karaçadag ترکیه در مکان‌های اولیه کشاورزی می‌باشد (Glemin and Bataillon, 2009) بر اساس تقسیم‌بندی واویلف، ایران یکی از مناطق اصلی منشأ گونه‌های اجداد وحشی گندم بوده است و مناطق غربی ایران از آذربایجان تا لرستان و فارس جزء محدوده پراکنش *Triticum boeticum* و *Triticum urartu* در جهان می‌باشد (جعفرآقایی و همکاران، ۱۳۹۲).

۱-۵- *Aegilops crassa*

جنس آژیلوپس شامل ۱۱ گونه دیپلوئید و ۱۲ گونه پلی‌پلوئید می‌باشد. تمامی گونه‌های دیپلوئید دارای ژنوم متمایز می‌باشند و به آسانی از طریق خصوصیات مورفولوژیک قابل تشخیص هستند. در مقابل مرز مورفولوژیک بین گونه‌های پلی‌پلوئید آژیلوپس نامشخص است و تعداد زیادی از آن‌ها دارای فرم‌های حدواسط می‌باشند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۹).

تاکنون ۳ ژنوم محوری در جنس آژیلوپس شناسایی شده است که بر اساس آن همه‌ی گونه‌های پلی‌پلوئید به ۳ کلاستر دسته بندی شدند. یکی از این کلاسترها شامل ژنوم DD می‌باشد که شامل یک گونه دپلوئید و ۵ گونه پلی‌پلوئید می‌باشند. یکی از این گونه‌های پلی-پلوئید، آژیلوپس کراسا (*Aegilops crassa*) است که شامل ۲ سیتوتیپ تتراپلوئید ($2n=4x=28$ D_1D_1MM) و هگزاپلوئید ($2n=6x=42$ $D_1D_1MMD_2D_2$) می‌باشد (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۹).

گندم وحشی تتراپلوئید کراسا با نام علمی *Aegilops crassa* دارای ژنوم DDMM می-باشد. پیشنهاد شده که یکی از ژنوم‌های آژیلوپس کراسا تتراپلوئید از ژنوم D آژیلوپس تائوشی (*Aegilops tauschii*) مشتق شده و سپس طی گونه‌زایی مشمول تغییرات اساسی شده است (Badeava *et al*., 2002). همچنین فرضیه‌ای وجود دارد که ژنوم دیگر آن یعنی ژنوم M از آژیلوپس کموسا (*Aegilops comosa*) بدست آمده است (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۹؛ Kihara and Tanaka, 1970).

آژیلوپس کراسا دارای تنوع مورفولوژیک زیادی بوده و در ناحیه وسیعی شامل (ترکیه، فلسطین، سوریه، لبنان، عراق، ایران، افغانستان، ترکمنستان و کوه‌های التای) پراکنش یافته و به صورت یک علف هرز در دامنه‌های سنگی، استیپ و کنار جاده‌ها رشد می‌کند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۹).