دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته اصلاح نباتات

عنوان

ارزیابی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم بهاره تحت شرایط تنش خشکی

استادان راهنما

دکتر محمد مقدم واحد **دکتر سعید اهری‌زاد**

استاد مشاور

دکتر سید ابوالقاسم محمدی

پژوهشگر

مینا مقدس‌زاده اهرابی

شهریور ماه ۱۳۸۹ **شماره پایان‌نامه:۵**

تقدیم به آنانکه به من آموختند

تقدیم به دو شمع فروزان زندگانیم

پدر و مادر مهربانم

هوالمحبوب

تقدیر و تشکر

پروردگار متعال را شاکر و سپاسگزارم که قدرت پیمودن این راه را به من عطا فرمود و در سخت‌ترین لحظات نیز مرا به خود وا نگذاشت.

از اساتید فرزانه و ارجمندم جناب آقای دکتر محمد مقدم واحد و جناب آقای دکتر سعید اهری زاد که با وجود زحمات ایشان در نهایت صبر و بردباری مرا در تمام مراحل اجرای این پژوهش یاری دادند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم، چرا که اگر راهنمایی‌های ارزنده و گوهربارشان نبود این پژوهش هرگز به ثمر نمی‌رسید.

از استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر سید ابوالقاسم محمدی کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از جناب آقای دکتر محمود تورچی که زحمت بازخوانی و داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم. از مدیر محترم گروه جناب آقای دکتر مصطفی ولیزاده تقدیر و تشکر می‌نمایم. همچنین از سایر اساتید گروه زراعت و اصلاح نباتات که در طول تحصیل از محضرشان کسب علم نموده و از راهنمایی‌های ارزنده‌شان بهره برده‌ام سپاسگزارم.

از دوستان عزیزم خانم هانادی، زارع، حضرتی، سواری، شایان، صادق پور، فرجزاده، هامیان، محمودیان و شریعت و همچنین آقایان مهندس طباطبائی، نورآئین، کریمی و سبزی و تمام کسانی که مرا به نحوی در پیشبرد این تحقیق یاری نمودند تشکر می‌نمایم.

از خواهر و برادر عزیزم به پاس یاری‌هایشان صمیمانه سپاسگزارم.

از دو فرشته مهربان زندگانیم، پدر و مادر عزیزم که هیچگاه قدردان زحماتشان نخواهم بود نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم و این پایان نامه را به آنان تقدیم می‌کنم.

مینا مقدس زاده

نام خانوادگی: مقدس‌زاده‌اهرابی نام: مینا

عنوان پایان نامه: ارزیابی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم بهاره تحت شرایط تنش خشکی

استادان راهنما: دکتر محمد مقدم‌واحد- دکتر سعید اهری‌زاد

استاد مشاور: دکتر سید ابوالقاسم محمدی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی کشاورزی گرایش: اصلاح نباتات

دانشگاه: تبریز دانشکده: کشاورزی تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۹/۶/۳۰ تعداد صفحات: ۱۰۲

کلید واژه ها: تنش خشکی، لاین‌های اینبرد نوترکیب، گندم بهاره، صفات زراعی، عملکرد دانه

چکیده:

ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌گردد و گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک در اکثر نقاط کشور با مشکل کمبود آب مواجه است. بنابراین شناسایی ارقام متحمل به تنش خشکی یکی از اهداف اصلی اصلاحگران می‌باشد. به منظور بررسی اثر تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی، ۷۲ لاین اینبرد نوترکیب گندم بهاره حاصل از تلاقی رقم آمریکایی Yecora Rojo (پرمحصول، پاکوتاه و زودرس) به‌عنوان والد پدری و لاین ایرانی No. ۴۹ (پابلند و دیررس) به‌عنوان والد مادری، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار به اجرا درآمد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین لاین‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اختلاف بین شرایط عادی و تنش خشکی نیز برای کلیه صفات بجز شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله معنی‌دار شد. اثر متقابل لاین × شرایط برای هیچکدام از صفات معنی‌دار نشد. بنابراین امکان مقایسه لاین‌ها در متوسط شرایط محیطی فراهم شد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه تعداد روز تا ظهور سنبله، وزن هزاردانه و طول سنبله بیشترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی و ارتفاع بوته کمترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی را دارا بودند. عملکرد دانه بیشترین و تعداد روز تا ظهور سنبله کمترین درصد بازده ژنتیکی را به خود اختصاص دادند. از نظر عملکرد دانه، لاین‌های ۹۶، ۱۲۲، ۱۲۳ و ۱۵۵ به‌عنوان برترین لاین‌ها شناخته شدند. شاخص‌های MP، GMP و STI به‌عنوان مؤثرترین شاخص‌ها جهت شناسایی لاین‌های برتر و ضعیف شناخته شدند. با توجه به شاخص‌های مذکور لاین‌های ۹۶، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۳۸، ۱۴۹ و ۱۵۵ به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند. براساس تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه با سایر صفات، به ترتیب تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزاردانه به‌عنوان متغیرهای تأثیر گذار بر عملکرد دانه وارد مدل نهایی شدند. با حضور این متغیرها ضریب تبیین مدل به ۰/۸۱۹ درصد رسید. نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه و صفات وابسته بر اساس رگرسیون گام به گام نشانگر اثرات مستقیم مثبت و معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزاردانه بر عملکرد دانه بود. تجزیه خوشه‌ای یکبار براساس کلیه صفات مورد ارزیابی و بار دیگر بر اساس عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن بر اساس رگرسیون گام به گام انجام گرفت. که در هر دوحالت دو گروه حاصل شد که لاین‌های برتر از نظر صفات مورد ارزیابی در گروه اول قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها، سه عامل استخراج گردید که این سه عامل در مجموع ۷۷/۵۰۶ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول به‌عنوان عامل مؤثر بر رشد رویشی، عامل دوم به عنوان عامل مؤثر بر عملکرد دانه و عامل سوم به‌عنوان عامل مؤثر بر قدرت پنجه‌زایی نامگذاری گردید.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: بررسی منابع

۱- بررسی منابع

۱-۱- گندم ۳

۱-۲- طبقه‌بندی ژنتیکی گندم ٤

۱-۳- لاین‌های اینبرد نوترکیب (RIL) ٥

۱-٤- تنش خشکی ٦

۱-٤-۱- اثر تنش خشکی بر گندم ٦

۱-٤-۲- تأثیر تنش خشکی بر برخی از صفات زراعی گندم ۸

۱-۲-٤-۱- تعداد دانه در سنبله ۸

۲-۲-٤-۱- وزن هزاردانه ۱۰

۳-۲-٤-۱- تعداد سنبله در مترمربع ۱۲

٤-۲-٤-۱- شاخص برداشت ۱۲

٥-۲-٤-۱- ارتفاع بوته ۱٤

٦-۲-٤-۱- طول سنبله ۱٦

۷-۲-٤-۱- تعداد روز تا ظهور سنبله ۱۷

۸-۲-٤-۱- عملکرد دانه ۱۹

۱-٥- شاخص‌های تحمل به تنش ۲۳

۱-٥-۱- میانگین حسابی عملکرد (MP) ۲٤

۱-٥-۲- تحمل (TOL) ۲٤

۱-٥-۳- شاخص حساسیت به تنش (SSI) ۲٤

۱-٥-٤- میانگین هندسی عملکرد (GMP) ۲٥

۱-٥-٥- شاخص تحمل به تنش (STI) ۲٥

۱-٦- برخی از مطالعات مرتبط با شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم ۲٦

۱-۷- اهداف پژوهش ۲۹

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد گیاهی ۳۰

۲-۲- مشخصات محل اجرای طرح ۳۰

-۲- طرح آزمایشی و عملیات زراعی ۳۰

۲-٤- صفات مورد اندازه‌گیری ۳۱

۲-۵- محاسبات آماری ۳۳

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-نتایج و بحث

۳-۱- تجزیه واریانس چند متغیره ۳٦

۳-۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی ۳٦

۳-۳- مقایسه میانگین لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم بهاره به همراه والدین از نظر صفات مورد ارزیابی ۳۹

۳-٤- مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات مورد ارزیابی در متوسط شرایط محیطی ٤۵

۳-۵- وراثت‌پذیری خصوصی، ضریب تنوع و بازده ژنتیکی صفات مورد ارزیابی در متوسط شرایط محیطی ٤۷

۳-٦- همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در متوسط شرایط محیطی ٤۹

۳-۷- تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه در متوسط شرایط محیطی ۵۲

۳-۸- تجزیه علیت عملکرد دانه با صفات مرتبط در متوسط شرایط محیطی ۵۳

۳-۹- تجزیه خوشه‌ای لاین‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی در متوسط شرایط محیطی ۵٦

۳-۱۰- تجزیه خوشه‌ای لاین‌های مورد مطالعه بر اساس عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در متوسط شرایط محیطی. ۵۹

۳-۱۱- تجزیه به عامل‌ها در متوسط شرایط محیطی ٦۲

۳-۱۲- مقایسه لاین‌های اینبرد نوترکیب از نظر شاخص‌های تحمل به تنش ٦٤

نتیجه‌گیری کلی ۷۰

پیشنهادات ۷۲

منابع مورد استفاده ۷۳

مقدمه

گندم اولین گیاه زراعی اهلی شده و جوانترین گونه پلی‌پلوئید در میان گونه‌های زراعی و جزو چهار غله اصلی تأمین کنندهٔ نیاز غذایی بشر می‌باشد (کاظمی، ۱۳۷۸). برخی از پژوهشگران سابقه کشت گندم را تا ۱۵ هزار سال قبل از میلاد مسیح اعلام کرده‌اند (اسلافر، ۱۹۹۴). گندم گرچه دارای گونه‌های متعددی است ولی بیشترین سطح زیرکشت (حدود ۹۰٪) و بالاترین میزان تولید (حدود ۹۴٪ تولید جهانی) مربوط به گونه *Triticum aestivum* (گندم نان) است (امام، ۱۳۸۳). گندم نان که مبداء آن جنوب‌غربی آسیا و مناطق خاورمیانه می‌باشد دارای کیفیت و کمیت برتر و گسترش کشت بیشتر نسبت به سایر ارقام زراعی گندم است و تحت شرایط اقلیمی متفاوت رشد کرده و محصول کافی با کیفیت نانوایی مناسب تولید می‌کند (خدابنده، ۱۳۷۲). بنابر آمار سازمان خواربار جهانی در سال ۲۰۰۹ سطح زیر کشت گندم در دنیا بیش از ۲۲۵/۴۳۷ میلیون هکتار و میزان تولید جهانی این غله با ارزش بالغ بر ۶۸۱/۹۱۵ میلیون تن بوده است. در همین سال سطح زیرکشت گندم در ایران بیش از ۶/۶۴۷ میلیون هکتار و میزان تولید آن بالغ بر ۱۳/۴۸۴ میلیون تن گزارش شده است (فائو، ۲۰۱۰).

با توجه به سرعت رشد جمعیت جهان پیش‌بینی می‌شود که جمعیت کرهٔ زمین در سال ۲۰۲۵ میلادی به ۸/۵ میلیارد نفر برسد. چنانچه عرضه غذا بصورت کنونی انجام شود، کشورهای در حال توسعه که $\frac{۳}{٤}$ جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند باید طی ۱۵ سال آینده حداقل ۶۰ درصد به تولیدات کشاورزی خود بیفزایند. به دلیل محدودیت اراضی زیر کشت، باید افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی مورد توجه قرار گیرد (فائو، ۲۰۰۳).

شرایط دشوار محیطی عامل کنترل کننده پراکنش گونه‌های گیاهی روی کره زمین است. تحت این شرایط، تنش به اثرات هر عامل محیطی که به طور بالقوه و نامطلوب حیات و عملکرد موجودات زنده را متأثر کند اطلاق می‌شود. خشکی، شوری، گرما، سرما، آلاینده‌ها و تشعشعات از عوامل مهم ایجاد تنش در گیاهان می‌باشند که باعث کاهش تولیدات گیاهی می‌شوند (یاماگوچی‌شینوزاکی و همکاران، ۲۰۰۲).

در حال حاضر تنش خشکی مشکل اصلی تولید گندم در بسیاری از نقاط جهان محسوب می‌شود (بی‌نام، ۲۰۰۵). تنش کمبود آب تقریباً تولید را در ۲۵ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان محدود می‌کند و به تنهایی عامل اصلی کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی شناخته شده است (بوهنرت و بریسان، ۲۰۰۱).

عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای بوده و به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی است، بنابراین شناسایی صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشته و از وراثت‌پذیری بالاتری نسبت به آن برخوردار هستند در گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول، به‌ویژه در نسل‌های در حال تفرق کمک شایانی به اصلاحگر خواهد کرد (یوسف و همکاران، ۲۰۰۸؛ منی و همکاران، ۲۰۰۹). در عین حال، برخی مطالعات نشان داده‌اند که تنها وراثت‌پذیری بالا برای گزینش در نسل‌های پیشرفته کافی نیست و باید وراثت‌پذیری بالا با بازده ژنتیکی زیاد نیز توأم باشد (ممون و همکاران، ۲۰۰۷؛ منگی و همکاران، ۲۰۰۸).

هدف از این مطالعه، بررسی اثر تنش کمبود آب در مرحلهٔ سنبله‌دهی بر عملکرد دانه و اجزای آن در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم بهاره و تعیین صفات مرتبط با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل است.

بررسی منابع

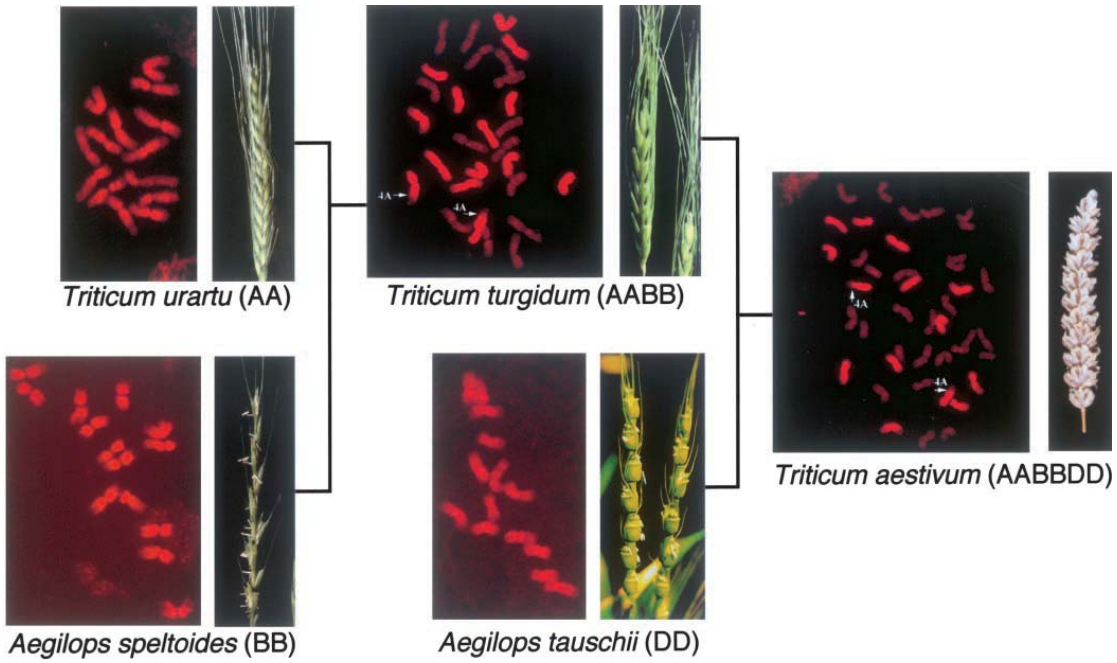
۱- بررسی منابع

۱-۱- گندم

گندم گیاهی تک لپه، یکساله، خودگشن و از تیرهٔ غلات است. ریشه‌های گندم افشان و سطحی هستند. ریشه‌های اصلی و فرعی از محل طوقه خارج شده و عمق فعالیت آنها در خاک حدود ۳۰ سانتی متر است ولی ریشه‌ها در شرایط مناسب تا ۸۰ سانتی‌متر زیر خاک نیز نفوذ می‌کنند. اصولاً بهترین نوع خاک‌ها برای زراعت گندم خاک‌های عمیق لومی شنی، لومی و رسی می‌باشد که زهکشی در آنها بخوبی صورت گیرد. البته در مواقع بروز تنش خشکی، خاک‌های ریز بافت عملکرد بیشتری نسبت به خاک‌های درشت بافت تولید می کنند. حداقل دمای مورد نیاز برای جوانه‌زنی ۴-۳ درجه سانتی‌گراد و مناسب‌ترین دما برای دوره گلدهی و باروری ۲۴-۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ساقه گندم مانند ساقه تمام گیاهان خانواده غلات بندبند و توخالی است. هر برگ از دو بخش غلاف و پهنک تشکیل شده است و در حد فاصل برگ و دمبرگ، زبانک و گوشوارک‌ها قرار دارند. انتهای ساقه گندم حاوی یک سنبله است که دارای یک محور اصلی بوده و سنبلچه‌ها بر روی آن بوجود می‌آیند. هر سنبلچه دارای ۳ الی ۵ گلچه است که پس از عمل لقاح معمولاً دو گلچه بارور تبدیل به دانه می‌گردد. برخی از نژادهای گندم، دارای ریشک بوده که گاهی بلند و گاهی کوتاه و برخی فاقد آن می‌باشند. ریشک‌ها در شرایط نامساعد فصل رشد نقش فیزیولوژیکی مهمی ایفا می‌نمایند و دارای کلروپلاست و روزنه بوده و فتوسنتز انجام می‌دهند. ریشک موجب افزایش وزن دانه شده و نقش آن با افزایش کم آبی اهمیت بیشتری می‌یابد (طباطبایی و خانی، ۱۳۸۱). گندم می‌تواند دارای ۳-۲ عدد پنجه در بوته شود که پنجه‌زنی از مرحله ۴-۳ برگی آغاز می‌گردد. هر سنبله حاوی ۵۰-۳۰ عدد دانه می‌باشدکه وزن هزاردانه معمولاً بین ۶۰-۳۰ گرم می‌باشدکه این میزان بسته به واریته و شرایط رشد متغیر می‌باشد (بی‌نام، ۲۰۱۰).

۲-۱- طبقه‌بندی ژنتیکی گندم

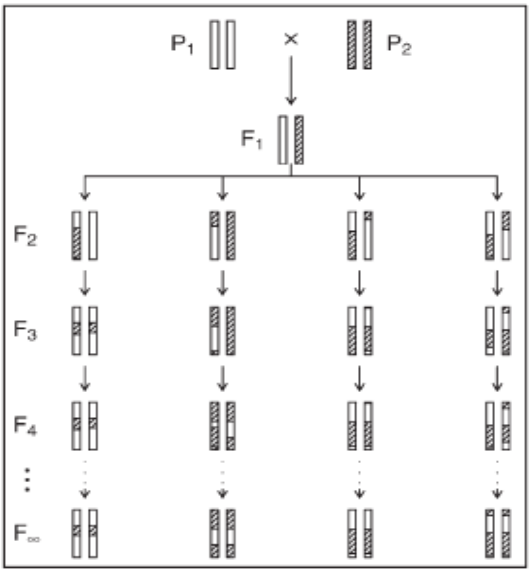
از نظر ژنتیکی انواع گندم در سه گروه دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید قرار می‌گیرند. گندم نان با نام علمی *Triticum aestivum* L. ($2n = 6x = 42$ *AABBDD*) گیاهی آلوهگزاپلوئید است که از تلاقی *Triticum turgidum* ($2n = 4x = 28$ *AABB*) (دهندهٔ ژنوم‌های A و B) و *Aegilops tauschii* ($2n = 2x = 14$ *DD*) (دهندهٔ ژنوم D) به‌وجود آمده است (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۸) (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نحوه پیدایش گندم نان (*Triticum aestivum*) (برگرفته از گیل و همکاران، ۲۰۰۴)

۳-۱- لاین‌های اینبرد نوترکیب[۱] (RIL)

لاین اینبرد نوترکیب دارای ترکیب متفاوتی از کروموزوم‌های والدینی و نوترکیب است و از مجموعه منحصر به فردی از نقاط برش نوترکیب برخوردار می‌باشد. به منظور تشکیل لاین‌های اینبرد نوترکیب، دو لاین اینبرد با هم تلاقی داده می‌شوند تا نسل F_1 هتروزیگوت بدست آید. سپس F_1ها خودبارور می‌شوند تا نسل F_2 حاصل شود. در اثر کراسینگ آور بین دو کروموزوم والدی خالص که در هر گیاه F_1 وجود دارد، اکثر افراد نسل F_2 حاوی کروموزوم‌های نوترکیب خواهند بود. در این حالت گفته می‌شود که الل‌های والدینی در نسل F_2 تفرق می‌یابند. افراد نسل F_2 پایه گذار تشکیل RILها هستند. هر نسل بعدی از خودباروری نسل قبلی و با روش بالک تک بذر تا ایجاد لاین‌های اینبرد نوترکیب ادامه می‌یابد. لاین‌های اینبرد نوترکیب از جمعیت‌های مصنوعی مورد استفاده برای مکان یابی QTLها محسوب می‌شوند (پانزآ تیم، ۲۰۰۹) (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- نحوه تشکیل لاین‌های اینبرد نوترکیب (برگرفته از برومن، ۲۰۰۵)

[۱]- Recombinant Inbred Lines

٤-١- تنش خشکی

تنش‌های محیطی را می‌توان به دو دسته عمده تنش‌های زنده و غیر زنده تقسیم‌بندی کرد (چاوز و الیویرا، ۲۰۰۴). گیاهان در شرایط مزرعه‌ای در معرض تنش‌های غیر زنده متفاوتی از قبیل کمبود آب، دمای بالا، شوری و سرما قرار دارند. برآورد شده است که شرایط تنش‌زا می‌توانند بصورت بالقوه عملکرد گیاهان زراعی را بیش از ۵۰ درصد کاهش دهند (ویج و تیاجی، ۲۰۰۷). تنش خشکی مانند بسیاری از تنش‌های محیطی اثرات زیانباری روی عملکرد گیاهان زراعی می‌گذارد و کمی آب قابل دسترس در بیشتر مناطق کشاورزی جهان دلیل اصلی کاهش عملکرد غلات به حساب می‌آید (وسلی و همکاران، ۲۰۰۲). بطورکلی در نواحی مهم کشت گندم در جهان سه نوع تنش خشکی وجود دارد (ون گینکل و همکاران، ۱۹۹۸) که عبارتند از:

۱. تنش خشکی ابتدایی که در اوایل فصل رشد رخ می‌دهد

۲. تنش خشکی پیوسته که شدت آن در طول فصل رشد مرتباً افزایش می‌یابد

۳. تنش خشکی انتهایی که در اواخر فصل رشد و مصادف با دوران دانه‌بندی رخ می‌دهد

تنش خشکی انتهایی یکی از عوامل اصلی و کاهش عملکرد گندم در مناطق نیمه خشک با آب و هوای مدیترانه‌ای است.

١-٤-١- اثر تنش خشکی بر گندم

واکنش گیاهان به تنش خشکی بسته به شدت تنش و طول دورهٔ آن متغیر است. علاوه بر شدت و طول دورهٔ تنش خشکی، مرحلهٔ رشد گیاه که در آن تنش رخ می‌دهد نیز در میزان تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاهان حائز اهمیت است (هاشمی‌دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵). تنش خشکی در اوایل دورهٔ رشد

منجر به رشد ضعیف گیاه، کاهش توسعه ریشه و پنجه‌دهی می‌شود. خمیدگی و پیچیدگی برگ‌ها در اواسط روز نیز از علائم تنش خشکی می‌باشد. تنش خشکی درگندم در مرحلهٔ سنبله‌دهی می‌تواند موجب کاهش تعداد سنبلچه و گلچه در سنبله گندم گردد. تنش‌های شدید ممکن است منجر به عقیمی کامل یا نسبی دانه گرده گندم شود. در بسیاری از محیط‌های نیمه خشک، رطوبت نسبی در ابتدای فصل رشد در بالاترین حد بوده و سپس بطور تصاعدی کاهش می‌یابد. در این مناطق عموماً دورهٔ پر شدن دانه گندم مصادف با کم آبی و افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شود. در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. بنابراین، در ژنوتیپ‌های زودرس، کارآیی مصرف آب بیشتر خواهد بود. البته در شرایطی که تنش خشکی در اوایل فصل رشد بروز نماید و تا قبل از گلدهی خاتمه یابد، ارقام دیررس عملکرد بالاتری نسبت به ارقام زودرس خواهند داشت (نجفی‌میرک و شیخی‌گرجانی، ۱۳۸۴).

نتایج تحقیقات کمیلی و همکاران (۱۳۸۵) نشان می‌دهد که بروز تنش رطوبتی در مراحل قبل از گرده‌افشانی گندم موجب کاهش رشد و نمو و بیوماس می‌شود و تشکیل دانه و باروری آنرا بطور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در حالی‌که تنش پس از گرده‌افشانی بیشتر موجب محدودیت مخزن و کاهش ظرفیت ذخیره‌ای آن و انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده و انتقال مجدد آنها می‌شود. همچنین این محققین گزارش کردند که مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه‌ها جزو بحرانی‌ترین مراحل نمو گندم در شرایط تنش خشکی می‌باشند. ناظری (۲۰۰۵) گزارش کرده است که تنش خشکی بعد از گرده افشانی موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه، وزن دانه و تولید محصول می‌شود.

۲-٤-۱- تأثیر تنش خشکی بر برخی از صفات زراعی گندم

۱-۲-٤-۱- تعداد دانه در سنبله

عملکرد تحت تأثیر تعداد پنجه در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه است و هرگونه تغییری در تعداد دانه در نهایت روی عملکرد تأثیر خواهد گذاشت (راجرام و همکاران، ۱۹۹۶). گزارش شده است که عملکرد دانه بالا در ارقام جدید گندم نان و دوروم عمدتاً ناشی از افزایش تعداد دانه در سنبله این ارقام می‌باشد (کالدرینی و همکاران، ۱۹۹۹). وقوع تنش خشکی در قبل از گرده‌افشانی مهمترین عامل کاهش‌دهندهٔ عملکرد دانه از طریق تعداد دانه در سنبله گزارش گردیده است. در حالی‌که در تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی، اندازه دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (انتر و فولر، ۱۹۹۸). سنجری و یزدان سپاس (۲۰۰۸) با بررسی تنش خشکی قبل و بعد از گلدهی روی ژنوتیپ‌های گندم دریافتند که میزان کاهش تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش خشکی قبل از گلدهی نسبت به تنش خشکی بعد از گلدهی بطور معنی‌دار بیشتراست. در عین حال غلامی و پوراسداللهی (۲۰۰۸) با اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گندم گزارش کردند که حداقل تعداد دانه در سنبله هنگام وقوع تنش خشکی در مرحله گرده افشانی به دست می‌آید. میربهار و همکاران (۲۰۰۹) نیز عنوان کردند که بیشترین کاهش تعداد دانه در سنبله در مرحلهٔ خشکی انتهایی رخ می‌دهد. کیمورتو و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که تنش خشکی در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه تا رسیدگی موجب افزایش گلچه‌های عقیم می‌شود. سایر محققان نیز کاهش تعداد دانه در سنبله را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (گل‌آبادی و همکاران، ۲۰۰۵؛ الرجب، ۲۰۰۶؛ بلترانو و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات محمداکرم و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی از حداقل تعداد سنبلچه‌های عقیم در سنبله برخوردار هستند.

مقدم و همکاران (۱۹۹۷)، آی‌سی‌سک و یلدریم (b ۲۰۰۶) و گورجانویک و کرالجویک بالالیک (۲۰۰۶) با بررسی ژنوتیپ‌های گندم نشان دادند که در شرایط عادی تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه دارد. کلیس و یگباسانلار (۲۰۱۰) وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. علی و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه ۷۰ ژنوتیپ گندم نان اظهار داشتند که در شرایط عادی بین تعداد دانه در سنبله و طول سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد.

دنسیس و همکاران (۲۰۰۰) و خان و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم دریافتند که تحت شرایط تنش خشکی تعداد دانه در سنبله اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار روی عملکرد دارد. یعنی تحت شرایط تنش خشکی افزایش تعداد دانه در سنبله موجب افزایش عملکرد می‌شود. افزون بر این، دنسیس و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که تعداد سنبلچه‌های عقیم در هر سنبله اثر مستقیم منفی روی عملکرد دانه دارد. سیمانه و همکاران (۱۹۹۳)، اشفق و همکاران (۲۰۰۳) و دوگان (۲۰۰۹) در بررسی‌های خود روی ژنوتیپ‌های گندم نشان دادند که تعداد دانه در سنبله در شرایط عادی بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه دارد. دوکویوکو و آکایا (۱۹۹۹) بر اساس تجزیه علیت نشان دادند که اثر غیرمستقیم تعداد دانه در سنبله از طریق وزن دانه در سنبله روی عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار است.

کاشیف و همکاران (۲۰۰۳)، علی و همکاران (۲۰۰۸) و هاگ و همکاران (۲۰۰۸) به ترتیب وراثت‌پذیری عمومی ۰/۶۸، ۰/۶۹ و ۰/۸۳ را برای تعداد دانه در سنبله در شرایط عادی گزارش کردند. علی و همکاران (۲۰۰۸) ضریب تغییرات ژنتیکی ۲۱/۴۵ درصد را برای تعداد دانه در سنبله بدست آوردند. گل‌آبادی و ارزانی (۱۳۸۲) و مقدم و همکاران (۱۹۹۷) نیز نتایج مشابهی بدست آوردند.

۲-۲-٤-۱- وزن هزاردانه

وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد گندم در پایان مرحلهٔ رسیدگی تبیین می‌شود. در حالیکه تعداد سنبله، در طول رشد رویشی و تعداد دانه در سنبله در زمان فعالیت زایشی گیاه تعیین می‌گردد (هاشمی‌دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵).

قمرنیا و گوئینگ (۲۰۰۵) با بررسی ۳ ژنوتیپ گندم نان نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی وزن دانه بطور معنی‌دار کاهش می‌یابد. بیومی و همکاران (۲۰۰۸) نیز کاهش ۱۶/۴ درصد در وزن هزاردانه را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند. مطالعات متعدد دیگری کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (بلترانو و همکاران، ۲۰۰۶؛ مدنی و همکاران، ۲۰۰۷؛ مستر نجلو و همکاران، ۲۰۰۸). سالم (۲۰۰۳) با مطالعه ۴ ژنوتیپ گندم نان و ۴ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط عادی و تنش خشکی انتهایی اظهار داشت که ژنوتیپ‌های مقاوم حداقل کاهش وزن هزاردانه را در شرایط تنش خشکی دارا می‌باشند.

کیمورتو و همکاران (۲۰۰۳) پنج ژنوتیپ گندم نان را در شرایط تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نمو مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که تنش خشکی در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه تا رسیدگی موجب کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه می‌گردد. همام (۲۰۰۸) با مطالعه اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نمو گندم اظهار داشت که قطع آبیاری از مراحل پنجه‌دهی، چکمه‌ای و شیری تا برداشت موجب کاهش وزن هزاردانه بطور متوسط به میزان ۱۶/۳۵، ۳۰/۵۵ و ۳۸/۶۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد. میربهار و همکاران (۲۰۰۹) بیشترین میزان کاهش وزن هزاردانه را در زمان وقوع تنش خشکی انتهایی ذکر کردند. نورمندمؤید و همکاران (۱۳۸۰ الف) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر ۲۰ لاین که

بیشترین آسیب ناشی از اثر تنش خشکی بر روی صفت عملکرد دانه می‌باشد و این موضوع در اثر کاهش شدید وزن دانه‌ها به علت بروز خشکی در دوره دانه بستن ایجاد می‌گردد. مقدم و همکاران (۱۹۹۷)، سالم و همکاران (b ۲۰۰۶)، آی‌سی‌سک و یلدریم (b ۲۰۰۶) و دوگان (۲۰۰۹) با بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط عادی، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن هزاردانه و عملکرد دانه مشاهده کردند. احمدی و باجلان (۲۰۰۸) و نوری قنبلانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن هزاردانه و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی مشاهده کردند. یگدی (۲۰۰۹) با مطالعه ژنوتیپ‌های گندم دوروم اظهار داشت که در شرایط عادی وزن هزاردانه اثر مستقیم روی عملکرد دانه دارد و موجب افزایش آن می‌گردد. خان و همکاران (۲۰۰۳) نیز به اثر مستقیم مثبت وزن هزاردانه بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی اشاره کرده‌اند.

مقدم و همکاران (۱۹۹۷) وراثت‌پذیری بالایی را برای صفت وزن دانه در شرایط عادی گزارش کردند و کاشیف و همکاران (۲۰۰۳) وراثت‌پذیری بالای ۰/۷، علی و همکاران (۲۰۰۸) و هاگ و همکاران (۲۰۰۸) وراثت پذیری بالای ۰/۹ و عید (۲۰۰۹) وراثت‌پذیری خصوصی و بازده ژنتیکی بالا را برای صفت وزن دانه در شرایط عادی گزارش کرد. سبحانی و چودری (a ۲۰۰۰) وراثت‌پذیری خصوصی وزن دانه را در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی بالا گزارش کردند. مقدم و همکاران (۱۹۹۷) و کملودین و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم به ترتیب ضریب تغییرات ژنتیکی ۱۷/۷ و ۱۷ را برای وزن هزاردانه بدست آوردند و اظهار کردند که این صفت جزو صفاتی است که دارای ضریب تغییرات ژنتیکی بیشتر نسبت به اکثر صفات است.

۳-۲-٤-۱- تعداد سنبله در مترمربع

اکویاما و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که تعداد سنبله در مترمربع از صفات مهمی است که با عملکرد بالاتر دانه در شرایط عادی و تنش خشکی ارتباط دارد و در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی اثر مستقیم تعداد سنبله در مترمربع بر عملکرد دانه مثبت گزارش گردید. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از مطالعات آنان گزینش مستقیم برای تعداد سنبله بیشتر در مترمربع موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. مؤیدی و همکاران (۲۰۱۰) با اعمال تنش خشکی در سه مرحله تک برگی تا آغاز گلدهی، آغاز گلدهی تا گرده افشانی و گرده افشانی تا پرشدن دانه ها دریافتند که تعداد سنبله در مترمربع به ترتیب به میزان ۸، ۳۰ و ۱۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌یابد. مطالعات عید (۲۰۰۹) نیز نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش تعداد سنبله در بوته می‌شود. دوکویوکو و آکایا (۱۹۹۹)، برگال و همکاران (۲۰۰۲) و گوبراک و همکاران (۲۰۰۸) با ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دریافتند که تعداد سنبله در مترمربع اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار روی عملکرد دانه دارد. گل‌آبادی و ارزانی (۱۳۸۲) و مقدم و همکاران (۱۹۹۷) به ترتیب ضریب تغییرات ژنتیکی ۲۴/۸ و ۱۸/۵ را برای تعداد سنبله در مترمربع گزارش کردند.

٤-۲-٤-۱- شاخص برداشت

در بررسی‌های مزرعه‌ای به علت عدم دسترسی دقیق به مادهٔ خشک حاصل از ریشه‌ها شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به کل ماده خشک حاصل از اندام‌های هوایی محاسبه می‌شود. شاخص برداشت به مقدار ماده خشک تولید شده در قبل و بعد از گرده‌افشانی و به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی قبل از گرده‌افشانی بستگی دارد (لودلو و موچو،۱۹۹۰). شاخص برداشت به عنوان یک صفت کمی، نشان‌دهندهٔ کارآیی گیاه در توزیع مواد فتوسنتزی به سمت دانه است و معرفی ژنوتیپ‌هایی با شاخص برداشت بالا از اهداف اصلی و مهم