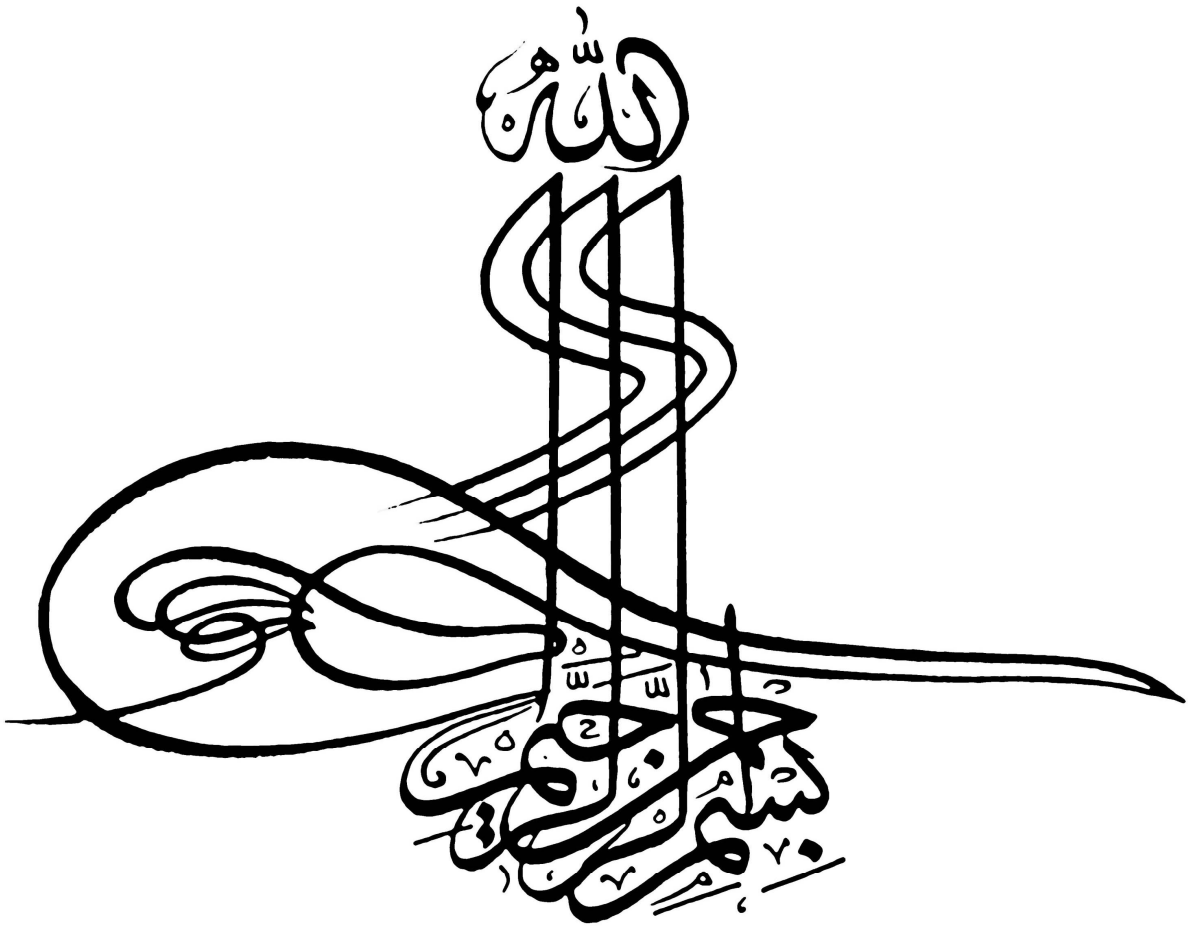
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح‌نباتات

عنوان

ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم بهاره با استفاده از صفات زراعی و ارتباط آن با نشانگرهای مولکولی

اساتید راهنما

دکتر امید سفالیان

دکتر مجید شکرپور

اساتید مشاور

دکتر محمد صدقی

دکتر علی رسول‌زاده

محقق

بهنام فیروزی

دانشگاه محقق اردبیلی

تابستان 1390

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم بهاره با استفاده از صفات زراعی و ارتباط آن با نشانگرهای مولکولی

توسط

بهنام فیروزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در اصلاح نباتات

دانشگاه محقق اردبیلی

اردبیل-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه ..... عالی .....

دکتر امید سفالیان (استاد راهنما و رئیس کمیته) .....

دکتر مجید شکرپور (استاد راهنما) .....

دکتر محمد صدقی (استاد مشاور) .....

دکتر علی رسول‌زاده (استاد مشاور) .....

دکتر رسول اصغری‌زکریا (داور داخلی) .....

دکتر علی اصغری (داور داخلی) .....

شهریور ماه ۱۳۹۰

تقدیم به:

- **خانواده عزیزم به پاس زحمات فراوانی که از ابتدای زندگی‌ام متحمل شده‌اند.**
- **همسر مهربان و فداکارم که مرا دلداری داده و سنگ صبورم بود.**
- **پویندگان علم و حقیقت الهی، که در پرتو آن نور معرفت و انسانیت را به جامعه بشری می‌افشانند.**

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس ذات بی نیاز معبودی را سزد که ذکرش تسلی دل عاشقان و طمأنینه قلب عارفان است. آنکه به قلم قداست و به انسان کرامت بخشید. خداوندی که طلب علم را فریضه قرار داد تا بندگانش در زیر آسمان نیلوفری علم، در مستی و حیرت باقی بمانند. اکنون که در سایه استعانت و الطاف خالق بی همتا مراحل مختلف این تحقیق پایان پذیرفت، بر خود لازم می‌دانم مراتب سپاس و امتنان فراوان خویش را نثار عزیزان و سرورانی نمایم که انجام این تحقیق را مرهون راهنمایی‌ها و مساعدت‌های خود نمودند.

از استاد راهنمای اول خود، جناب آقای **دکتر امید سفالیان** که با صبر و شکیبایی همواره در طی دوره تحصیل و نیز اجرا و تدوین پایان نامه، راهنمایی‌های ارزنده‌ای ارائه فرمودند، سپاسگزاری و تشکر می‌نمایم. از استاد راهنمای دوم جناب آقای **دکتر مجید شکرپور** که جهاد و کوشش علمی و تحقیقاتی ایشان سزاوار ستایش است و در تمام مراحل اجرای این طرح قدم به قدم مرا یاری نمودند خاشعانه تشکر می‌کنم. از جناب آقای دکتر **محمد صدقی** و دکتر **علی رسول‌زاده** که در کمال اخلاص، اندوخته‌های علمی و تجربه‌های عملی خویش را در اختیارم قرار دادند و در این طرح به عنوان مشاور مرا یاری نمودند قدردانی می‌کنم.

در این رهگذر از دوستان و همکلاسی‌های صمیمی و گرانقدر خود مخصوصاً سرکارخانم مهندس **الهه هاشمی‌نژاد** که با همراهی و همدلی خود در طول پروژه مرا یاری رسانده‌اند، کمال تشکر را دارم و از خداوند متعال سلامتی و بهروزی تمامی عزیزان را خواستارم.

بهنام فیروزی

شهریورماه 1390

نام خانوادگی دانشجو: **فیروزی** نام: **بهنام**

عنوان: **ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم بهاره با استفاده از صفات زراعی و ارتبـاط آن بـا نشانگرهای مولکولی**

استاد راهنما: **دکتر امیدسفالیان و دکتر مجیدشکرپور**

اساتید مشاور: **دکترمحمدصدقی و دکتر علی رسول‌زاده**

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

دانشگاه: **محقق اردبیلی** تاریخ فارغ التحصیلی **1390/6/28** تعداد صفحه: **146**

واژه‌های کلیدی: **تنش خشکی، گندم، نشانگرهای مولکولی**

چکیده

به منظور بررسی تحمل خشکی ارقام مختلف گندم در کشت بهاره و ارتباط آن با نشانگرهای مولکولی، آزمایشی در سال زراعی 1388 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در سه سطح تنش خشکی (عدم تنش و سطوح تنش دو سوم و یک سوم آبیاری) انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقم‌ها در همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال 1% اختلاف معنی‌دار داشتند. رقم‌های لاینA درسطح شاهد، سپاهان در سطح تنش دو سوم آبیاری و ارقام هیرمند و بهار در سطح تنش یک سوم آبیاری برترین رقم‌ها از نظر عملکرد دانه بودند. از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی ارقام گلستان، مارون، بهار و 10 ارقام متحمل و ارقام آتیلا50، وری‌ناک، سیستان، آریا، آزادی، کرج2 و سرخ تخم حساس به تنش در هر دو سطح تنش بودند. در تجزیه به عامل‌ها برای صفات زراعی در سطح شاهد چهار عامل و برای سطوح تنش دو سوم و یک سوم آبیاری پنج عامل بیشترین سهم را در توجیه تغییرات بین داده‌ها داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه خوشه‌ای، رقم‌های سپاهان، بهار، هیرمند و کرج3 در هر سه شرایط آبیاری در گروه‌هایی قرار گرفتند که عملکرد در واحد سطح بیشتری نسبت به بقیه ارقام داشتند. میزان فاصله ژنتیکی بین رقم‌ها از 0/111 (بین رقم‌های آتیلا50 و سیستان) تا 0/611 (بین رقم‌های آرتا و سرخ‌تخم) متغیر بود و میانگین فاصله ژنتیکی بین رقم‌ها 0/314 برآورد گردید. آزمون مانتل همبستگی معنی‌داری بین ماتریس فاصله صفات زراعی و مولکولی نشان نداد. همچنین براساس نتایج تجزیه رگرسیون در سطوح شاهد، تنش دو سوم و یک سوم آبیاری به ترتیب 43، 33 و 25 نشانگر مثبت برای صفات زراعی شناسایی شد که از بین این نشانگرها، نشانگرهای $P_{12}L_3$ و $P_{21}L_3$ با صفت طول بوته اصلی، P_4L_1 و $P_{22}L_1$ با صفت طول برگ پرچم، $P_{12}L_3$ و $P_{21}L_3$ با صفت طول سنبله اصلی، $P_{19}L_4$ با صفت تعداد گره، $P_{30}L_4$ با صفت طول ریشک، $P_{10}L_1$ و $P_{22}L_1$ با صفت نسبت پدانکل به طول بوته بطور مشترک در هر سه سطح تنش ارتباط معنی‌داری داشتند.

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل اول- مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

1-1- مقدمه 1

2-1- مبدا و تاریخچه پیدایش‌گندم 3

3-1- اهمیت و ارزش غذایی‌گندم 3

4-1- سطح زیرکشت و عملکرد گندم 4

5-1- گیاهشناسی و طبقه‌بندی ژنتیکی گندم 5

6-1- تعریف تنش و خشکی.....5

7-1- وضعیت خشکی در ایران 7

8-1- تنش خشکی.....8

9-1- واکنش سلولهای گیاهی نسبت به تنش خشکی 8

10-1- صدمات ناشی از تنش خشکی 9

1-10-1- تاثیر تنش خشکی بر توسعه و تقسیم سلول و رشد.....9

2-10-1- تاثیر تنش خشکی بر رشد رویشی و زایشی.....9

3-10-1- تاثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد 9

4-10-1- تاثیر تنش خشکی بر روی فتوسنتز.....10

5-10-1- تاثیر تنش خشکی در مراحل انتهایی رشد (مرحله دانه‌بندی) 10

11-1- اثرات مورفولوژیک تنش خشکی 11

1-11-1- پنجه‌زنی 11

2-11-1- طول بوته 12

3-11-1- طول پدانکل 12

12-1- مکانیسم‌های سازگاری به خشکی 12

1-12-1- فرار از خشکی 13
1-12-2- تحمل خشکی 13
1-12-2-1- تحمل تنش 14
1-12-2-1-1- تنظیم فشار اسمزی 14
1-12-2-1-2- تجمع پرولین 14
1-12-2-2- اجتناب از خشکی 15
1-12-2-2-1- مقاومت روزنه‌ای 15
1-12-2-2-2- کاهش شدت تعرق کوتیکولی 15
1-13- اصلاح مقاومت به خشکی 16
1-14- شاخص‌های کمی تحمل به خشکی 17
1-15- شاخص‌های مقایسه‌ای ارقام در برابر تنش خشکی 17
1-15-1- شاخص تحمل (TOL) 18
1-15-2- شاخص میانگین ریاضی تولید (MP) 18
1-15-3- شاخص میانگین هارمونیک تولید (HARM) 18
1-15-4- شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) 19
1-15-5- شاخص تحمل به تنش (STI) 19
1-15-6- شاخص نسبت افت عملکرد (Y_r) 19
1-15-7- شاخص حساسیت به تنش (SSI) 20
1-16- معیارهای تحمل به خشکی 21
1-17- اهمیت مطالعه تنوع ژنتیکی 22
1-18- انتخاب به کمک نشانگر 23
1-19- انواع نشانگرهای ژنتیکی 23
1-19-1- نشانگرهای مورفولوژیکی 23
1-19-2- نشانگرهای بیوشیمیایی 24

1-19-3- نشانگرهای مولکولی 24
1-19-3-1- نشانگرهای ISSR 25
1-20- مطالعات انجام یافته به کمک نشانگرهای مولکولی 26
اهداف و ضرورت تحقیق 28

فصل دوم- مواد و روش تحقیق

2-1- موقعیت جغرافیایی و زمان اجرای آزمایش 32
2-2- ویژگیهای آب و هوایی منطقه 32
2-3- روش اعمال تنش خشکی در مزرعه 33
2-4- مواد گیاهی و نوع طرح آزمایشی 33
2-5- عملیات مزرعه‌ای 34
2-6- صفات مورد مطالعه 34
2-7- تجزیه مولکولی 36
2-8- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها 39

فصل سوم- نتایج و بحث

3-1- خصوصیات فیزیکی خاک و آب منطقه مورد مطالعه 40
3-2- تعیین نیاز آبی و نیاز آبیاری گندم بهاره 41
3-3- محاسبه تبخیر و تعرق و نیاز آبیاری گندم بهاره 41
3-4- تجزیه واریانس صفات 44
3-5- مقایسه میانگین صفات 44
3-6- مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش 50
3-7- تاثیر تنش خشکی روی صفات مورد مطالعه 54
3-8- بررسی پارامترهای ژنتیکی در صفات مورد بررسی 56
3-9- همبستگی فنوتیپی صفات مورد اندازه‌گیری 59

3-9-1- همبستگی صفات مورفولوژیک در شرایط بدون تنش (شاهد) 59
3-9-2- همبستگی صفات مورفولوژیک در شرایط تنش دو سوم آبیاری..... 60
3-9-3- همبستگی صفات مورفولوژیک در شرایط تنش یک سوم آبیاری 60
3-10- ارزیابی ارقام مورد مطالعه براساس شاخص‌های مقاومت به خشکی 64
3-10-1- تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به خشکی 67
3-11- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورفولوژیک 77
3-12- تجزیه خوشه‌ای ارقام مورد مطالعه براساس صفات مورفولوژیک 86
3-13- تجزیه مولکولی ISSR 100
3-13-1- چندشکلی نوارهای ISSR 100
3-13-2- برآورد فاصله ژنتیکی بین ارقام گندم 103
3-13-3- تجزیه خوشه‌ای بر اساس داده‌های مولکولی 103
3-13-4- تجزیه به مولفه‌های هماهنگ اصلی 104
3-13-5- همبستگی داده‌های مولکولی و زراعی (آزمون مانتل) 106
3-13-6- رابطه بین داده‌های ISSR و صفات زراعی 109
3-14- نتیجه‌گیری کلی 118
3-15- پیشنهادات 121
منابع مورد استفاده 127

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

فصل اول- مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

1-1- مقدمه

جمعیت جهان شش و نیم میلیارد نفر است و انتظار می‌رود تا سال 2050 به نه میلیارد نفر برسد. تولید غذا در دنیا به طور عمده به علت تنش‌های محیطی محدود می‌شود. گفته می‌شود که عوامل محیطی غیرزیستی عامل اصلی کاهش عملکرد (71%) هستند. برآورد میزان کاهش عملکرد بالقوه بوسیله تنش‌های زیستی در محیط‌های متفاوت عبارت است از 14% توسط آفات و حشرات، 28% بیماریها و علف‌های هرز و 58% عوامل دیگر. در تنش‌های غیرزیستی به میزان 17% توسط خشکی، 20% شوری، 40% دمای زیاد، 15% دمای کم و 8% ناشی از عوامل دیگر تخمین زده می‌شود (سرفراز، 2006). حدود 26% از زمین‌های قابل کشت دنیا در مناطق خشک قرار دارد (آتلین و فرای، 1990). تجزیه‌های کلاسیک شامل کاربرد دورگ‌ها برای اصلاح صفات کمی مرتبط با کیفیت و کمیت یک گیاه زراعی، کاربرد کمی دارند (دومنیوک و همکاران، 2002). تاثیر خشکی بر گیاه همیشه یکسان نیست و واکنش به کم‌آبی بستگی به مرحله رشدی گیاه در مواجهه با تنش کم آبی دارد. همچنین، شدت خشکی و مدت آن نقش بسزایی را ایفا می‌کند. بعضی از فرایندهای رشد و نمو به شدت تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. تنش خشکی باعث کوتاه شدن گیاه، کاهش رشد میانگره‌ها، کاهش سطح برگ و ریشه می‌گردد. همچنین مرحله زایشی به تنش رطوبتی بسیار حساس است. برای مثال ذرت در مرحله گلدهی به خشکی بسیار حساس بوده و یک تنش هفت روزه خشکی توام با دمای بالا می‌تواند محصول دانه را تا 50% کاهش دهد (طبائی عقدایی، 1378).

روش‌های اصلاحی رایج می‌توانند برای افزایش سطح تحمل خشکی در بسیاری از گونه‌های زراعی استفاده شوند. در بیشتر برنامه‌های اصلاحی، اصلاح ژنتیکی تحمل خشکی از طریق گزینش برای عملکرد صورت گرفته است. با این حال، به خاطر ماهیت پلی‌ژنیک صفت عملکرد و تاثیر عوامل محیطی، پیشرفت

زیادی مثل صفات ساده‌تر (صفات الیگوژنیک) وجود ندارد. در واقع وراثت‌پذیری کم عملکرد تحت شرایط تنش و تغییرات موقت و گذرای شرایط محیطی مزرعه، باعث کاهش سود ژنتیکی می‌گردد. در نتیجه امید می‌رود کاربرد روش‌های نوین مولکولی در این خصوص امیدبخش باشند. کاربرد نشانگرهای مولکولی مثل RFLP[1]، RAPD[2] و SSR[3]ها، کارایی گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را تسهیل می‌کنند. مزیت آنها تظاهر مستقل از تاثیرات محیطی می‌باشد. بعد از شناسایی نشانگرهای مولکولی پیوسته با عملکرد یا دیگر صفات زراعی مرتبط با تحمل خشکی، این نشانگرها را می‌توان بعنوان معیار گزینش برای تحمل به خشکی مورد استفاده قرار داد (میترا، 2001). همچنین، ISSRها بطور موفقیت‌آمیزی برای برآورد تنوع ژنتیکی در سطح درون و بین‌گونه‌ای در دامنه وسیعی از گونه‌های زراعی شامل برنج (جوشی و همکاران، 2000)، گندم (ناگااوکا و اوگیهارا، 1997)، ارزن انگشتی (سالیماث و همکاران، 1995)، ماش(آجیباده و همکاران، 2000)، سیب زمینی شیرین (هوانگ و سان، 2000)، پرتقال سه برگی (فانگ و همکاران، 1997)، لوبیا (متایز و همکاران، 2000)، ذرت (کانتتی و همکاران، 1995؛ پجیک و همکاران، 1998)، سیب زمینی (پری وست و ویلکینسون، 1999) و بارهنگ (ولف و مورگان ریچاردز، 1998) استفاده شده است. برتری ISSR-PCR بر دیگر تکنیک‌های نشانگر در برخی تحقیقات اثبات شده است (فانگ و همکاران، 1997).

1. Restriction Fragment Length Polymorphism.
2. Random Amplified Polymorphic DNA.
3. Simple Sequence Repeats.

1-2- مبدا و تاریخچه پیدایش‌گندم

گندم از چندین لحاظ یک گیاه ویژه است. از جمله اولین گروه از گیاهان زراعی است که در حدود 20-15 هزار سال پیش اهلی شده است. برای گندم‌هایی که از حفاری‌های ژارمو نزدیک سلیمانیه در عراق بدست آمده است، به کمک کربن رادیواکتیو توانسته‌اند در حدود 10000 سال عمر تعیین کنند. گندم در نواحی مدیترانه شرقی، خاور نزدیک و خاورمیانه تکامل پیدا کرده است و از آنجا سریعاً بطرف جنوب و نواحی اتیوپی و بطرف شرق تا هند و چین غرب و شمال غرب نواحی مدیترانه و اروپا توسعه یافت. 2000 تا 4000 سال قبل از میلاد مسیح در این نواحی گونه‌های مختلف دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید گندم وجود داشتند. در حالی‌که، گندم در اوایل تا اواسط قرن 16 به آمریکا و اواخر قرن 18 به استرالیا راه یافت. سطح کشت گندم در دنیا برابر 230-220 میلیون هکتار است (فائو، 2008). سطحی که از سطح کشت تک‌تک گیاهان زراعی و همچنین غلات دیگر بیشتر است. به عبارت دیگر سطح زیر کشت آن برابر 22% سطح زیر کشت کلیه غلات است (فائو، 2008). گندم در مقایسه با سایر گیاهان غذایی رقابت کننده، یعنی برنج، ذرت و سیب زمینی، بیشترین کالری و پروتئین را برای تغذیه بشر در دنیا تامین می‌کند. همچنین، تجارت جهانی گندم بیشتر از تجارت مجموع سایر غلات است. زراعت گندم از بیشتر گیاهان زراعی ساده‌تر و سازگاری آن در مناطق مختلف که دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی می‌باشند، بیشتر است. گندم در فاصله بین عرض‌های جغرافیایی 30 تا 60 درجه شمالی و 25 تا 40 درجه جنوبی کشت می‌شود و هر ماه از سال در یکی از نقاط دنیا در حال برداشت است. گندم در مقایسه با سایر غلات نسبت به خشکی و سرما، به استثنای زمان ساقه رفتن و گلدهی تا حدودی مقاوم است (کاظمی، 1384).

1-3- اهمیت و ارزش غذایی‌گندم

تولید گندم در دنیا در درجه اول برای تغذیه انسان و در درجه دوم برای تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی می‌باشد. گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهمترین محصول کشاورزی ایران است (نورمحمدی و همکاران، 1377). افزایش تولید گندم در ایران به علت قرار گرفتن در یک منطقه خشک و نیمه خشک دنیا، افزایش بی‌رویه جمعیت در دهه‌های اخیر و همچنین افزایش مصرف سرانه، از طریق گسترش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد از راه به‌زراعی و به‌نژادی ضروری است. افزایش عملکرد به دو طریق شامل اعمال اصول به‌زراعی و استفاده از واریته‌هایی با عملکرد بالقوه بالا و مقاوم به تنش‌های

زیستی و غیرزیستی میسر است. چنانکه، پیدایش واریته‌های جدید گندم در دنیا مانند نورین 10، گینس، پیتیک، پنجامو و واریته‌های منشعب از آن‌ها، با مشخصاتی نظیر پاکوتاهی، پرمحصولی، شاخص برداشت بالا، زودرسی نسبی، مقاومت به بیماری‌ها، کودپذیری و اعمال اصول به‌زراعی در مراحل کاشت، داشت و برداشت آن‌ها سبب توفیق در این راستا شده‌اند (کاظمی، 1384).

4-1- سطح زیرکشت و عملکرد گندم

سطح زیر کشت گندم در دنیا طی سال‌های 1998 تا 2000 از 217 تا 231 میلیون هکتار متغیر بوده است. همچنین، سطح زیر کشت گندم در جهان در سال 2008، 215,614,524 هکتار و میزان تولید محصول از این مقدار سطح زیر کشت 628,101,035 تن و متوسط عملکرد گندم در جهان 2913 کیلوگرم در هکتار است. در ایران نیز میزان تولید گندم در حدود 14,500,000 تن می‌باشد (فائو، 2008). سطح زیر کشت آن در سال‌های اخیر کاهش یافته، به طوری که در سال 2002 به حداقل میزان طی 10 سال اخیر رسیده است. میزان تقاضای جهانی گندم طبق برآورد مرکز بین المللی غذا، تا سال 2020 به میزان 40 درصد بیش از تقاضای فعلی افزایش خواهد یافت و این در حالی است که منابع در دسترس برای تولید گندم با محدودیت‌هایی روبرو است. بنابراین، پیش بینی می‌شود که در سال مذکور حدود صد میلیون تن کمبود عرضه گندم در بازار جهانی وجود داشته باشد (ظهری، 1385).

در سال‌های اخیر تولید گندم در ایران به حدود 15 میلیون تن رسیده است. این میزان تولید از سطحی معادل 6/9 میلیون هکتار (2/7 میلیون هکتار آبی و 4/2 میلیون هکتار دیم) برداشت شده که از میزان تولید فوق حدود 4/5 میلیون تن از اراضی دیم و 10/1 میلیون تن از اراضی آبی تولید شده است. وسعت اراضی دیم و وابستگی تولید در این عرصه‌ها به نزولات جوی که در کشور دارای نوسانات زیادی است، آسیب پذیری تولید گندم را به نحو بارزی افزایش داده است (وزارت جهاد کشاورزی، 1387).

1-5- گیاه‌شناسی و طبقه‌بندی ژنتیکی گندم

گندم با نام علمی *Triticum aestivum* L. از اعضای خانواده گرامینه[1] به شمار می‌رود و با چمن گندمی (آگروپیرون) خویشاوندی نزدیک دارد. گل آذین سنبله‌ای آن متشکل از سنبلچه‌های چندگلچه‌ای (2-9 عدد) است. گلوم‌های سنبلچه‌ها تا حدودی سخت و گلچه‌های فوقانی سنبلچه‌ها نیز معمولاً عقیم هستند. اندازه گلوم‌ها مشابه لماها، ولی کوتاه‌تر از آن‌ها است. لماها از نظر بافت از گلوم‌ها نازک‌تر هستند. نوک آن‌ها می‌تواند ریشک‌دار، نیم ریشک یا بدون ریشک باشد. آپکس دانه کرک‌دار است و تمام اعضای موجود در این جنس یکساله هستند. گندم همانند کلیه غلات فاقد ریشه عمودی بوده و سیستم ریشه آن افشان و مشتمل بر ریشه‌های سمینال و ریشه‌های ثانوی است. گندم به طرق مختلف، برحسب گونه، تیپ تجارتی، سرشت یا عادت رشد و صفات کیفی دانه طبقه‌بندی می‌شود و دارای حداقل 16 گونه مهم، دو نوع عمده تجاری (گندم نان و ماکارونی یا دوروم)، سه تیپ رشد (پاییزه، بهاره و اختیاری) و پنج گروه کیفی دانه (1- گندم سخت قرمز زمستانی، 2- گندم سخت قرمز بهاره، 3- گندم نرم زمستانی، 4- گندم نرم بهاره و 5- گندم دوروم) است (کاظمی، 1384).

1-6- تعریف تنش و خشکی

تنش، واژه‌ای است که اولین بار توسط دانشمندان علوم بیولوژیک در مورد موجودات زنده بکار برده شد. بعدها این واژه‌ها از علم فیزیک گرفته شد و آن را به‌عنوان هر عاملی که امکان بالقوه وارد آوردن صدمه به موجودات زنده را دارد، تعریف نمودند. تنش، نتیجه روند غیرعادی فرآیندهای فیزیولوژیکی است که از تاثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود. همان‌طوری‌که، در تعریف آمده، تنش دارای توان آسیب‌رسانی می‌باشد که بصورت نتیجه یک متابولیسم غیرعادی روی داده و ممکن است به صورت افت رشد، مرگ گیاه و یا مرگ بخشی از گیاه بروز کند (حکمت شعار، 1372).

از نظر فیزیولوژیک، تنش به مجموعه شرایطی اطلاق می‌شود که باعث تغییر در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه و سرانجام صدمه زدن به آن می‌شوند. البته این تعریف در همه شرایط صادق نیست. زیرا، تغییر فرایندهای فیزیولوژیکی الزاماً ممکن است برای گیاه مضر نباشد. عوامل تنش‌زا[2] که بر فرایندهای

1. graminea.

1. Stressors

فیزیولوژیکی موثرند، بسیار زیادند ولی می‌توان آن‌ها را در سه گروه کلی فیزیکی، شیمیایی و زیستی تقسیم‌بندی کرد. از تنش‌های فیزیکی می‌توان به مواردی مانند خشکی، دما، تابش، غرقاب شدن، باد، میدان‌های مغناطیسی اشاره کرد. تنش‌های شیمیایی نیز متعددند که از جمله مهمترین آن‌ها آلودگی هوا، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، سموم، اسیدیته خاک، شوری می‌باشد. کلیه تنش‌های شیمیایی و فیزیکی در گروه کلی تنش‌های غیرزیستی[1] قرار می‌گیرند که در مقابل آن‌ها تنش‌های زیستی[2] همانند رقابت، آللوپاتی، حشرات، عوامل بیماریزا (قارچ، باکتری، ویروس و..) قرار گرفته‌اند (علیزاده، 1381). برخی عوامل تنش‌زا در ترکیب با هم اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. همانطور که برخی نیز اثرات تشدیدکنندگی[3] دارند. مثلا دمای بالا همراه با کمبود آب اثر تنش بر گیاه را تشدید کرده و وضعیت را بدتر می‌سازد (علیزاده، 1381).

پدیده خشکی یک رویداد اقلیمی و محیطی است که به صورت‌های گسترده‌ایی مشخص شده است. خشکی شایع‌ترین تنش محیطی شناخته شده است که مانع از تظاهر کامل پتانسیل ژنتیکی گیاهان زراعی می‌شود و از این رو موجب کاهش تولیدات کشاورزی می‌گردد. تا جایی‌که، به نظر برخی محققین به تنهایی عامل اصلی کاهش عملکرد شناخته شده است. کاهش عملکرد به دلیل خشکی، شوری و سایر عوامل بیش از دو سوم کل صدمه تنش‌های غیر زنده را شامل می‌شود (بوهنرت و برسان، 2001).

خشکی در واقع یک رویداد هواشناختی است که با عدم وقوع بارندگی در یک دوره زمانی همراه می‌باشد. دوره‌ای که به اندازه کافی بلند است تا باعث تخلیه رطوبتی خاک و تنش کمبود آب همراه با کاهش پتانسیل آب در بافت‌های 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 می‌گردد. انواع خشکی در مناطق مختلف در طول فصل زراعی متفاوت است و ممکن است به‌صورت‌های زیر اتفاق افتد (ارزانی، 1383):

1ـ پیوسته بوده و شدت آن دائماً زیاد شود.

2ـ فقط در اوایل فصل باشد .

3ـ فقط در اواخر فصل مصادف با دوره دانه‌بندی گندم باشد.

2. Abiotic
3. Biotic
4. Synergistic

خشکی عامل اصلی محدودکننده تولیدات کشاورزی سراسر جهان می‌باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول دهی باز می‌دارد (میترا، 2001). لذا واژه تنش خشکی برای مواردی که تنش در اثر عدم وقوع بارندگی مفید ایجاد شده، بکار برده می‌شود (سرمدنیا،1372؛ لویت،1980).

1-7- وضعیت خشکی در ایران

متوسط بارندگی سالانه ایران 250-240 میلی متر، و متوسط حجم نزولات سالانه 413 میلیارد متر مکعب می‌باشد. با این میزان بارش، ایران در حدود یک سوم متوسط بارندگی جهان (800 میلی‌متر) را دارد. این درحالی است که کشور دارای 1/2 درصد خشکی‌های جهان می‌باشد. بنابراین، ایران جزء مناطق خشک جهان به شمار می‌رود.

تقسیم‌بندی کشوربراساس مناطق آب و هوایی و میزان بارش بر حسب مساحتی که این مناطق به خود اختصاص داده‌اند در جدول 1-1 ارایه شده است (بایبوردی، 1387).

جدول 1-1- میزان و سطح بارش مناطق مختلف ایران (بایبوردی، 1387)

نوع منطقه	میزان بارندگی (میلی‌متر)	سطح بارش (میلیون هکتار)	درصد از مساحت کل کشور
خشک	<100	22	13
نیمه خشک	100-250	100/4	61
نیمه مرطوب مایل به خشک	250-500	28	17
نیمه مرطوب مایل به مرطوب	500-1000	13	8
مرطوب	>1000	1/6	1
جمع	-	165	100

1-8- تنش خشکی

تنش خشکی[1] به حالتی گفته می‌شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه گیاه به نقطه پژمردگی و یا کمتر از آن تقلیل یابد و در نتیجه آن گیاه زراعی قادر به جذب آب کافی نبوده و یا شدت تعرق به مدت زیادی از شدت جذب آب بیشتر شود. این پدیده موجب تقلیل حجم آب داخلی گیاه، کاهش تورژسانس سلول‌ها، منفی تر شدن پتانسیل آب سلول‌ها و تقلیل هیدراسیون پروتوپلاسم می‌گردد. تنش خشکی هنگامی رخ می‌دهد که بارندگی در طول یک دوره مشخص رخ ندهد و این زمان به نحوی باشد که موجب تخلیه رطوبت خاک گشته و به گیاه خسارت وارد نماید. البته قابل توجه است که طول این دوره بستگی به نوع گیاه، خصوصیات مربوط به نگهداری آب، وضعیت خاک و شرایط محیطی دارد (معاونی و چنگیزی، 1386).

1-9- واکنش سلول‌های گیاهی نسبت به تنش خشکی

واکنش‌های گیاهان به تنش خشکی را می توان به پنج گروه تقسیم‌بندی کرد:

- کاهش پتانسیل آب یا کاهش فعالیت آب سلولی.
- کاهش فشار تورژسانس سلول.
- تراکم مولکول‌های کوچک و درشت به هنگامی که حجم سلول در اثر کاهش تورژسانس تقلیل می‌یابد.
- بهم خوردن روابط فضایی غشاء سلول تونوپلاست و سایر غشاءها در اثر تغییرات حجمی.
- تغییر در ساختمان و پیکربندی مولکول‌های بزرگ با حذف آب دهیدراسیون و یا از طریق تغییر ساختمان آب پیوسته (معاونی و چنگیزی، 1386).

1. Drought Stress

1-10- صدمات ناشی از تنش خشکی

1-10-1- تاثیر تنش خشکی بر توسعه و تقسیم سلول و رشد

رشد سلول در واقع حساس‌ترین فرایند نسبت به کمبود آب می‌باشد. در صورتی که یک سلول گیاهی با کمبود شدید آب مواجه گردد فشار تورژسانس در داخل سلول کاهش می‌یابد و گسترش سلول به علت فقدان فشار درون سلولی کاهش می‌یابد بنابراین، یک همبستگی مثبت نزدیک بین کاهش اندازه سلول و شدت کمبود آب در بافت‌های گیاهی وجود دارد. تقسیم سلول و طویل شدن سلول از مولفه‌های اصلی رشد سلولی و گسترش سطح برگ می‌باشند (معاونی و چنگیزی، 1386؛ جین‌مارسل، 2006؛ آهوجا، 2008).

1-10-2- تاثیر تنش خشکی بر رشد رویشی و زایشی

اثرات تنش خشکی بر رشد، عملکرد و کیفیت گیاه بسیار سریع بوده و مهمترین فرایند تنش خشکی کاهش سرعت نمو، کاهش رشد طولی ساقه، کاهش رشد برگ‌ها و نیز کاهش قطر منفذ روزنه‌هاست. سه مرحله مهم در بروز اثرات تنش خشکی بر فاز زایشی وجود دارد که عبارتند از:

1- پیدایش و تشکیل گل

2-گرده‌افشانی و لقاح

3- تشکیل و پر شدن دانه (معاونی و چنگیزی، 1386؛ جین‌مارسل، 2006؛ آهوجا، 2008).

1-10-3- تاثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد

بطور کلی باید گفت که تنش خشکی و گرما اصلی‌ترین عامل کاهش عملکرد در گیاهان خصوصاً در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد که معمولاً خشکی به همراه درجه حرارت‌های بالا رشد و عملکرد دانه را بطور چشمگیری کاهش می‌دهد. عملکرد در شرایط تنش خشکی وابسته به شدت تنش پتانسیل عملکرد و گریز از تنش دارد. بنابراین، عملکرد دانه و اجزاء آن به عنوان مهمترین معیار انتخاب گیاهان سازگار یا متحمل به تنش‌های محیطی باید در برنامه‌های اصلاحی منظور گردد. اثر تنش خشکی بر عملکرد عمدتاً به این مسئله وابسته است که چه مقدار از ماده خشک تولیدی به عنوان ماده قابل استفاده و مورد مصرف برداشت می‌شود (معاونی و چنگیزی، 1386؛ جین‌مارسل، 2006؛ آهوجا، 2008).