

بسم الله الرحمن الرحيم

کاربرد علم فیزیولوژی در اصلاح گندم

مؤلفین:

دکتر سید علی محمد مدرس ثانوی (عضو هیئت علم دانشگاه تربیت مدرس)

دکتر مهدی پناهی (عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان)

مهندس سعید قهاری

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد زنجان

تابستان ۱۳۹۵

سرشناسه :	مدرس ثانوی، سیدعلی محمد، ۱۳۳۸-
عنوان و نام پدید آور :	کاربرد علم فیزیولوژی در اصلاح گندم/ تألیف سیدعلی محمد مدرس ثانوی، مهدی پناهی، سعید قهاری.
مشخصات نشر :	تهران: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری :	۷۲۸ ص.
شابک :	۹۷۸-۶۰۰-۱۰۲-۶۸۶-۷
وضعیت فهرست نویسی :	فیا
موضوع :	گندم — فیزیولوژی
موضوع :	گندم — اصلاح نژاد
شناسه افزوده :	پناهی، مهدی، ۱۳۴۰-
شناسه افزوده :	قهاری، سعید، ۱۳۶۰-
شناسه افزوده :	جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات
رده بندی کنگره :	۱۹۱ SB ۱۳۹۳ م ۴۳/۹
رده بندی دیویی :	۶۳۳/۱۱۲۱
شماره کتابداری :	۳۷۲۱۱۰۴

کاربرد علم فیزیولوژی در اصلاح گندم

مولفان: دکتر سیدعلی محمد مدرس ثانوی، دکتر مهدی پناهی، مهندس سعید قهاری
ناشر: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی
چاپ: خوارزمی
نوبت چاپ: اول- ۱۳۹۵
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۳۵۰۰۰ تومان
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۰۲-۶۸۶-۷

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ ه.ش. است. هر کسی تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مولف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه نماید مورد پیگیری قانونی قرار خواهد گرفت.



استان زنجان

نشانی مرکز پخش انتشارات جهاد دانشگاهی واحد زنجان:
زنجان، دانشگاه زنجان، باشگاه علمی فرهنگی جهاد دانشگاهی
پست الکترونیکی: znacecr@yahoo.com تلفن: ۰۲۴-۳۲۲۸۳۰۱۱

۹۲	شناسایی بست زنی QTL	۷	
۹۳	آزمایشی قوتیابی	۲۹	فصل ۱
۹۵	جزیه تفرق بالک (BSA)	۳۲	کاربرد علم فیزیولوژی در اصلاح گندم
۹۷	شناسایی QTLs	۳۶	صفات فیزیولوژیک و انتخاب غیر مستقیم
۱۰۰	بیشرفت در ژنتیک مولکولی گندم	۳۹	آزمایشی، یافته‌های فیزیولوژیک در برنامه‌های ایترا و گریش
۱۰۳	نقشه‌ی QTLs گندم	۴۰	نتیجه‌گیری
۱۰۴	انتخاب با کمک نشانگر (MAS)	۴۳	فصل ۲
۱۰۵	انتخاب با کمک نشانگر	۴۶	ذخایر ژنتیکی
۱۰۶	استراتژی‌های جدید MAS	۵۱	ذخایر جهان، تمام، قابلیت تغییر پذیری
۱۱۵	فصل ۴	۵۳	خزانه‌ی تکثیر بذری
۱۱۶	انتخاب محل کاشت	۵۵	بیعاری در خزانه‌ی بذری
۱۱۹	تناوب	۵۵	دیدگاه‌های مولکولی و تنوع ژنتیکی
۱۲۰	آماده‌سازی خزانه	۵۶	چگونگی کاربرد صفات مشخص
۱۲۱	روش‌های کاشت	۵۷	به کارگیری ذخایر ژنتیکی
۱۲۲	روش‌های آماری	۶۰	صفات تأثیرگذار بر عملکرد گندم فاراب
۱۲۲	کود	۶۰	صفات افزایش دهنده‌ی عملکرد تحت شرایط تنش
۱۲۳	آبیاری		نتیجه‌گیری
۱۲۳	راهبرد حفاظت از گیاه	۶۹	فصل ۳
۱۲۴	ورس	۷۱	ژنوم
۱۲۵	برداشت محصول	۷۳	مولکول DNA
۱۲۵	محاسبه‌ی عملکرد اجزای عملکرد	۷۳	ژن و کروموزوم
۱۲۸	نمونه‌گیری از بیوماس گیاهان	۷۴	ژنوم گندم
۱۲۸	اجزای عملکرد در مزرعه	۷۵	مارکرهای DNA
۱۳۰	تخمین عملکرد	۷۶	روش RFLP (قطعات بریده شده‌ی چند شکلی طولی)
۱۳۴	ارزیابی بقایای گیاهی	۷۶	مارکرهای واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (PCR)
۱۴۱	فصل ۵	۸۱	کاربرد مارکرهای DNA
۱۴۴	شناسایی صفات فیزیولوژیک	۸۲	ژنوم
۱۴۵	روش تبصص ایزوتوپ کربن (Δ)	۸۳	مارکرهای مولکولی و اصلاح گیاهان
۱۴۷	رابطه‌ی Δ و کارایی مصرف آب	۸۳	انگشت نگاری
۱۴۸	روش‌های دیگر	۸۶	نقشه‌ی ژنتیکی
۱۴۸	کاربرد موارد فوق در اصلاح گیاهان	۸۷	تجزیه مولکولی ژنوم پلاسماها
۱۵۵	کاربرد در اصلاح گیاهان (انتخاب محیط و نوع نمونه)	۸۹	نقشه‌ی پیوستگی (لینکاز)

۲۷۸.....	آزمون‌های طراحی شده.....	۱۵۵..... Δ	میزان مواد معدنی خوشه‌های بالغ به عنوان معیار
۲۷۹.....	آزمون مستقیم یخ زدگی.....	۱۶۰.....	روش طیف‌سنجی انعکاسی.....
۲۸۷.....	آزمون غیرمستقیم یخ زدگی.....	۱۶۶.....	اندازه‌گیری.....
۲۸۸.....	نتیجه‌گیری.....	۱۶۷.....	کاربرد شاخص بازتاب کانوپی.....
۲۹۷.....	فصل ۱۰.....	۱۸۵.....	فصل ۶.....
۳۱۰.....	تحمل به گرما.....	۱۸۸.....	ارزیابی پتانسیل تغییرات در برنامه‌های اصلاح گندم.....
۳۰۴.....	صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به گرما.....	۱۹۰.....	پذیرش اقتصادی و سرمایه‌گذاری.....
۳۰۶.....	دیدگاه فیزیولوژیک تحمل به گرما.....	۲۰۱.....	نتیجه‌گیری.....
۳۰۷.....	کاهش درجه حرارت کانوپی.....	۲۰۵.....	فصل ۷.....
۳۰۷.....	عوامل مؤثر بر CTD.....	۲۰۸.....	گستره‌ی انتخابی.....
۳۱۰.....	ارتباط CTD با عملکرد.....	۲۰۹.....	ارزیابی عوامل محدودکننده.....
۳۱۴.....	کارایی CTD در بررسی لاین‌های برتر.....	۲۱۲.....	اصلاح گیاهان و افزایش.....
۳۱۴.....	هدایت روزنه‌ای.....	۲۱۴.....	مصرف آب.....
۳۱۵.....	پایداری حرارتی غشاء.....	۲۲۸.....	شاخص برداشت.....
۳۱۸.....	اندازه‌گیری MT روی گیاهچه‌ها و برگ پرچم‌ها.....	۲۱۲.....	نتیجه‌گیری.....
۳۱۸.....	تنوع ژنتیکی برای تحمل به گرما.....	۲۳۷.....	فصل ۸.....
۳۲۱.....	راهبردهای زراعی برای تقلیل اثرات تنش حرارتی.....	۲۴۰.....	توزیع خاک‌های شور.....
۳۲۲.....	بچه‌گیری.....	۲۴۱.....	طبقه‌بندی خاک‌های شور.....
۳۳۱.....	فصل ۱۱.....		تأثیرات شوری- فلزیایی بر گیاهان.....
۳۳۴.....	علامت مرتبط با غرقاب شدن.....	۲۴۳.....	اثرات مورفولوژیک.....
۳۳۷.....	اثرات غرقاب شدن بر شیمی خاک.....	۲۴۳.....	اثرات فیزیولوژیک.....
۳۳۸.....	اصلاح شیمیایی جهت تحمل به غرقاب شدن.....	۲۴۵.....	اثرات بیوشیمیایی.....
۳۴۳.....	ارزیابی تحمل گیاهان به غرقاب شدگی.....	۲۴۶.....	مکانیسم تحمل به شوری.....
۳۴۴.....	عملیات زراعی و مراقبتی.....	۲۴۷.....	افزایش تحمل گیاه به تنش شوری.....
۳۴۵.....	ارزیابی تحمل به غرقاب شدن.....	۲۵۲.....	اصلاح تحت شرایط تنش شوری.....
۳۴۹.....	نتیجه‌گیری.....	۲۵۴.....	افزایش کارایی اصلاح.....
۳۵۹.....	فصل ۱۲.....	۲۵۶.....	نتیجه‌گیری.....
۳۶۲.....	وسعت مشکل.....	۲۶۳.....	فصل ۹.....
۳۶۲.....	خسارت ایجاد شده.....	۲۶۸.....	تنش و از بین رفتن گیاهان در زمستان.....
۳۶۳.....	مکانیسم تحمل.....	۲۷۲.....	تحمل به یخ‌زدگی در گندم.....
۳۶۴.....	ارزیابی روش‌ها.....	۲۷۴.....	دیدگاه‌های اصلاحی.....
۳۶۶.....	نتیجه‌گیری.....	۲۷۶.....	روش‌ها.....
۳۶۹.....	فصل ۱۳.....	۲۷۸.....	تنش زمستانه در مزرعه.....

محیط و عملکرد بالقوه.....	۳۷۱	کمبود روی در خاک.....	۴۶۲
ژنوتیپ و عملکرد بالقوه.....	۳۷۳	تأثیر عوامل خاکی و جوی بر کمبود روی.....	۴۶۳
۱- فنولوژی گیاه زراعی.....	۳۷۴	تجزیه خاک.....	۴۶۵
۲- فعالیت‌های فیزیولوژیک.....	۳۷۷	اصلاح کمبود روی.....	۴۶۶
۳ صفات مورفولوژیک.....	۳۷۸	اثر عنصر روی بر عملکرد سلول.....	۴۶۸
صفات امیدبخش و عملکرد.....	۳۷۹	غلظت بحرانی روی در گیاهان.....	۴۷۱
روش‌های ارزیابی.....	۳۸۲	کارایی عنصر روی.....	۴۷۴
تجهیزات اندازه‌گیری.....	۳۸۶	بررسی برگ.....	۴۷۵
نتیجه‌گیری.....	۳۹۰	رشد ریشه و شاخه.....	۴۷۵
فصل ۱۴.....	۳۹۹	ژنوتیپ و جذب روی.....	۴۷۶
سازگاری گندم.....	۴۰۰	انتقال روی از ریشه به اندام هوایی.....	۴۷۸
چگونه گندم با شرایط محیطی سازگار می‌شود؟.....	۴۰۳	غلظت روی در بافت‌ها.....	۴۷۹
۱-۳ قبل از سبز شدن.....	۴۰۷	مورفولوژی ریشه.....	۴۷۹
۲-۳ نمو رویشی.....	۴۰۸	تأثیرات غشای سلولی بر جذب روی.....	۴۸۰
۳-۳ نمو زایشی.....	۴۰۸	فیتوسیدروفورها.....	۴۸۱
۴-۳ مرحله‌ی نمو زایشی.....	۴۰۹	وراثت پذیری کارایی روی در گندم نان.....	۴۸۵
۵-۳ بعد از گرده‌افشانی و پر شدن دانه.....	۴۱۲	نتیجه‌گیری.....	۴۹۱
۴- ژن‌هایی که بر پاسخ فیزیولوژیک گیاه تأثیر گذارند.....	۴۱۰	فصل ۱۷.....	۵۰۵
بهبود سازگاری.....	۴۰۵	نیروژن.....	۵۱۰
مراحل کلیدی فنولوژیکی.....	۴۱۶	میزان جذب کارایی مصرف نیروژن.....	۵۱۲
مراحل نمو و عملکرد.....	۴۱۷	بهبود کارایی مصرف نیروژن.....	۵۱۴
فصل ۱۵.....	۴۲۷	فسفر.....	۵۱۵
گسترش جهانی خاک‌های اسیدی.....	۴۳۰	کارایی جذب در مقایسه با کارایی مصرف فسفر.....	۵۱۸
خواص شیمیایی خاک اسیدی.....	۴۳۱	بهبود کارایی مصرف فسفر.....	۵۱۹
عدم حاصل خیزی خاک اسیدی.....	۴۳۳	محاسبه‌ی کارایی جذب مواد غذایی.....	۵۲۱
مکانیسم مقاومت به سمیت آلومینیوم.....	۴۳۵	محاسبه‌ی کارایی مصرف مواد غذایی.....	۵۲۲
مکانیسم‌های ژنتیکی مقاومت به سمیت آلومینیوم.....	۴۳۶	نتیجه‌گیری.....	۵۲۳
بانک ژن جهت افزایش تحمل به سمیت آلومینیوم.....	۴۴۰	فصل ۱۸.....	۵۲۹
ارزیابی تحمل به سمیت آلومینیوم.....	۴۴۱	گستره‌ی تحقیق روی ریشه.....	۵۳۱
پروتکل آزمایشگاهی برای روش Modified pulse.....	۴۴۲	مورفولوژی ریشه‌ی گندم.....	۵۳۲
مقایسه‌ی روش لکه‌ی همانو کسلین و روش رشد ریشه.....	۴۴۵	توارث‌پذیری صفات ریشه.....	۵۳۴
نتیجه‌گیری.....	۴۴۹	تأثیر ریشه بر رشد گیاه گندم.....	۵۳۵
فصل ۱۶.....	۴۵۹	کارایی مصرف مواد غذایی.....	۵۳۶

۵۳۹.....	پارامترهای ریشه و روش های اندازه گیری.....
۵۵۴.....	نتیجه گیری.....
۵۶۵.....	فصل ۱۹.....
۵۶۸.....	تعریف کارایی مصرف مواد غذایی.....
۵۶۹.....	برنامه های اصلاحی.....
۵۷۲.....	ذخیره ی مواد غذایی در بذر.....
۵۷۳.....	کیفیت مواد معدنی بذر.....
۵۷۴.....	بررسی ژنتیکی ریزمغذی ها.....
۵۷۴.....	کارایی مصرف.....
۵۷۶.....	کارایی ریشه.....
۵۷۹.....	کارایی منگ.....
۵۸۰.....	کارایی بُر و تحمل به کمبود.....
۵۸۳.....	روش های ارزیابی.....
۵۸۳.....	آزمایش های مزرعه ای.....
۵۸۸.....	جمع آوری و تحلیل نمونه های گیاه.....
۵۹۰.....	ارزیابی محیط های کنترل شده.....
۵۹۴.....	کیفیت.....
۵۹۷.....	دیدگاه اصلاحی.....
۵۹۸.....	ارزیابی تولید مثل.....
۵۹۸.....	ارزیابی سسل های بعدی.....
۵۹۹.....	کاربرد مازک های مولکولی در ارزیابی کارایی ریزمغذی ها.....
۶۰۲.....	هابلونید مضاعف و ارزیابی ارقام کارآمد به ریزمغذی ها.....
۶۰۶.....	هابلونید مضاعف جهت توصیف نشانگرهای مولکولی.....
۶۰۶.....	نتیجه گیری.....
۶۱۷.....	فصل ۲۰.....
۶۲۰.....	خسارت شوری.....
۶۲۲.....	سازوکارهای تحمل به شوری.....
۶۲۶.....	سازگاری گیاه به تنش شوری.....
۶۰۹.....	اهمیت استفاده از خویشاوندان وحشی گیاهان.....
۶۴۰.....	منابع تحمل به شوری در گراس ها.....
۶۴۴.....	درجه بندی شوری خاک و کلاس اراضی.....
۶۵۱.....	ارقام بومی مقاوم به شوری.....
۶۶۱.....	فصل ۲۱.....
۶۶۳.....	تنش خشکی و انواع آن.....
۶۶۵.....	اثرات تنش خشکی بر گیاهان مختلف.....
۶۶۶.....	مکانیسم های مقابله با تنش خشکی.....
۶۸۲.....	اهمیت کشت گندم.....
.....	بررسی صفات مرتبط با مقاومت به تنش خشکی در گندم.....
۶۹۶.....	صفات فنولوژیک.....
۶۹۷.....	قدرت زیست گیاهچه.....
.....	عادت رشد و معماری گیاهی.....
.....	مورفولوژی برگ.....
۷۰۱.....	توزیع ریشه و آناتومی آن.....
۷۰۱.....	نظم اسمزی.....
۷۰۳.....	توزیع مجدد آسمیلانت ها در برنج.....
۷۰۴.....	انتقال مجدد.....
۷۰۵.....	پیر شدن برگ.....
۷۰۶.....	تبعض سلیه ایروتوب های کربن.....
۷۰۷.....	توزیع آب در برگ پریده شده.....
۷۰۸.....	قابلیت ترکیب پذیری.....
۷۱۰.....	براث زنی کنترل کننده صفات.....
۷۱۴.....	قابلیت توارث.....
۷۱۶.....	هتروزیس.....
۷۱۷.....	تنش صدمات.....

مقدمه

علم فیزیولوژی در اصلاح گندم

چگونه می‌توان تحقیقات منظمی در رابطه با اصلاح گندم با بهره‌گیری از علم فیزیولوژی انجام داد؟ این کتاب به کاربرد علم فیزیولوژی گیاهی در برنامه‌های اصلاحی گندم پرداخته تا به موارد زیر پاسخ دهد:

- ۱- ارزیابی فیزیولوژیکی صفت مورد نظر در یک استراتژی اصلاحی.
 - ۲- انتخاب صفات فیزیولوژیک و تعیین میزان سودمندی آن در برنامه‌های اصلاحی.
- در فصل‌های بعدی اطلاعات گسترده‌تری در ارتباط با رویکرد فیزیولوژیک در اصلاح گندم آمده و مورد بحث قرار خواهد گرفت. معیارهای فیزیولوژیک به کار رفته در برنامه‌های اصلاحی کاملاً صریح نیستند. یک مثال خوب؛ گزینش ارقام برتر جهت کاهش ارتفاع و بهبود مقاومت به ورس، طول روز و بهاره‌سازی می‌باشد تا در گستره‌ی وسیعی از عرض‌های جغرافیایی (کاشت بهاره و پاییزه گندم) بتوان اقدام به کشت این گیاه استراتژیک نمود.
- با آن‌که، درک روشنی نسبت به جزئیات این موضوع (حساسیت به طول روز، بهاره‌سازی، اثر متقابل آن‌ها با یکدیگر و با محیط) وجود ندارد، ولی وارثت‌پذیری ساده‌ی ژن‌های حساسیت به طول

روز (*Ppd*)، بهاره‌سازی (*Vrn*) و زودرسی یا دیررسی، این امکان را به آن‌ها می‌دهد که در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی مشارکت داده شوند. این حقیقت در مورد ژن کاهش‌دهنده‌ی ارتفاع (*Rht*) نیز صادق است. در آینده، کسب یافته‌های بیشتر از اصول ژنتیکی این صفات، کاربرد برنامه‌های اصلاح گیاهان را در مورد آن‌ها ممکن می‌سازد.

انتخاب گیاهان جهت کاهش ارتفاع و بهبود سازگاری با شرایط محیطی، برای محققان علم اصلاح گیاهان چه آن ساده نبوده است. نقش عوامل فیزیولوژیک در بهبود عملکرد گندم بهاره (دلیل انقلاب سبز) غرقابا نکار است (Reynolds *et al.*, 1999). در اکثر برنامه‌های اصلاحی نقش صفات فیزیولوژیک کم‌رنگ بوده است (Rajaran and van Ginkel, 1996). البته، استثناهایی نیز وجود دارد که در بر به آن‌ها اشاره خواهد شد:

۱- دوام سطح سبز: گندم به مقابله با کلروفیل، سرعت فتوسنتز و بهبود مقاومت به بیماری بستیگی دارد (Fischer *et al.*, 1998).

۲- زاویه‌ی عمودی برگ با خط افق: تعادل زیادی از ژنوتیپ‌های گندم دوروم^۱ و گندم نانوائی قابل مشاهده بوده و با عملکرد آن همبستگی سبکی دارد. این ژن در سال ۱۹۷۰ وارد بانک ژرم پلاسما سیمیت^۲ گردیده است (Fischer, 1996).

تلاش‌های اخیر اصلاح‌گران و فیزیولوژیست‌های یهی بر این سؤال معطوف می‌باشد که چگونه می‌توان از علم فیزیولوژی در اصلاح گیاه بهره برد (Jackson *et al.*, 1996). در آینده این علم به موارد زیر بیشتر خواهد پرداخت:

۱- تمرکز کارهای اصلاحی روی محدوده‌ی خاصی از ژرم پلاسماها.

۲- کار روی جمعیت‌های بزرگ‌تر جهت دستیابی به روش‌های نوین اصلاح.

۳- شناسایی صفاتی که در انتخاب غیرمستقیم تأثیرگذار باشند.

۴- شناسایی صفاتی که در برنامه‌های تلفیقی به کار خواهند رفت.

۵- آزمایش‌های انتخابی هدایت شده در محیط‌های تحت کنترل.

۶- پیشرفت تجهیزات جهت سهولت در جداسازی لاین‌ها.

در فصل‌های بعدی بسیاری از این پیشنهادها در قالب ارزیابی صفات فیزیولوژیک انتخابی به منظور اصلاح گندم، مورد بحث قرار خواهد گرفت.

فیزیولوژی و علم اصلاح گیاهان

الف) علم و تجربه

اصلاح گیاهان ترکیبی از علم، هنر و تجربه است. این علم بر کاربرد ژن‌ها جهت مقاومت در برابر بیماری یا سازگاری با شرایط محیطی پایه‌گذاری شده است. هنر اصلاح، درک ژرمپلاسم و تلفیق علم با تجربه است. درک بیشتر این امکان را برای محققان فراهم می‌کند تا در اتخاذ تصمیمات اصلاحی بر مبنای علوم اکولوژی و زیست‌شناسی، به نقاط مبهم و تاریک جهان هستی رخنه نمایند. درک فیزیولوژیک از علم اصلاح گیاه یک ضرورتی محسوب شده و احتمال موفقیت با ایجاد انتخاب تجربی کارآمدتر، ارتقا می‌یابد.

ب: مبانی نظری به کارگیری صفات فیزیولوژیک

یک صفت دارای تنوع ژنتیکی بوده و این سؤال پیش می‌آید که چگونه می‌توان از آن به عنوان معیار انتخاب جهت افزایش کارایی اصلاح بهره برد؟ بدون آزمایش قادر به پاسخ‌گویی نخواهیم بود. افزایش اطلاعات اصلاح‌گر در مورد تلاقی‌ها می‌تواند به تولید وارته‌ی مورد نیاز منجر گردد. یک سؤال اساسی این است که آیا انتخاب برای داشتن یک صفت فیزیولوژیک برای تک‌پایه‌ییر مفید خواهد بود؟ اولویت‌بندی نظریه‌ها و طراحی یک مدل ذهنی جهت ایجاد پیوند میان دانش فیزیولوژی و بیوشیمی الزامی به نظر می‌رسد (شکل ۱).

اگر عامل اصلی محدودکننده‌ی عملکرد، تنش آبی باشد، انتخاب ژنوتیپ‌هایی با قابلیت ریشه‌ی عمیق می‌تواند مفید بوده و پیشنهاد گردد. زیرا در نقاط عمیق پروفیل خاک، آب قابل دسترس بیشتری موجود می‌باشد؛ اگرچه، انتخاب لاین‌هایی با این ویژگی عملکرد را تضمین نخواهد کرد. دلیل آن نیز گستردگی عوامل مؤثر بر تحمل به خشکی گیاه می‌باشد که ممکن است ژنتیکی بوده یا مکانیسم‌های

دیگری نظیر تنظیم اسمزی، تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه، فتوسنتز خوشه به خصوص خوشه‌های بالایی بوته، متابولیسم، تحمل به گرما، استقرار و رویش مناسب گیاه تحت شرایط تنش رطوبتی از آن جمله باشد (شکل ۱).

به کارگیری علم ژنتیک در برنامه‌های اصلاحی محیط‌های خشک با شکست روبه‌رو گردید. پیشرفت‌های اندکی در محیط‌های تحت تنش رطوبتی در مقایسه با محیط‌های مرطوب مشاهده شد و اغلب به انتخاب غیرمطمئن در شرایط تنش خشکی ختم گردید. اگر بیشتر از یک مکانیسم در تحمل به خشکی دخالت داشته باشد، احتمال تشدید اثرات متقابل (اثر سینرژیک)، به دشواری اصلاح می‌افزاید. ژنوتیپ مطلوب، ممکن است در کلیه‌ی محیط‌های خشک مطلوب نباشد (بیشترین تجلی را در صفات زیر دارد:

- ۱- اندازه‌ی بذرها و طول ژنوتیپ، استقرار سریع‌تر گیاه زراعی).
- ۲- گسترش سریع بوته قبل از گرسختگی (کاهش تأخیر از خاک).
- ۳- فتوسنتز خوشه و نسبت مواد ذخیره شده در ساقه برای انتقال مجدد (پس از گرده‌افشانی گندم به پر شدن دانه در خلال تنش کمک شایانی می‌نماید).
- ۴- هدایت روزنه‌ای (شاخصی برای توانایی جذب آب از اعماق خاک توسط ریشه).
- ۵- تنظیم اسمزی (حفظ عملکرد سلول در شرایط کاهش پتانسیل آب).
- ۶- تجمع اسیدآسیزیک (سازگار کردن سلول‌ها به تنش).
- ۷- تحمل به گرما (تنش گرمایی سبب کاهش میزان تعرق برگ است و شرایط خشکی می‌گردد).
- ۸- صفات آناتومیک برگ مانند کرک‌دار بودن، مومی‌شدن، لوله‌ای شدن و ضخامت برگ (کاهش خطر انعکاس نور).
- ۹- حفظ پنجه‌زنی و دوام سبز ماندن (افزایش تحمل به خشکی).

مبنای ژنتیکی صفات فیزیولوژیک

ارزش یک صفت فیزیولوژیک برای تعیین اساس ژنتیکی آن تحت تأثیر تعداد و محل ژن‌های دخیل در تجلی آن صفت قرار می‌گیرد. مارکرهای مولکولی می‌توانند ما را به توسعه‌ی جمعیت‌هایی با صفات

سودمندتر هدایت کنند. این اطلاعات این امکان را می‌دهد که تلاقی را برای بهبود صفات متحمل به خشکی بدون تجلی فنوتیپ والدین و نتاج گسترش دهید. اگر یک صفت از نظر ژنتیکی پیچیده و ظهورش اپیستاتیک بوده و با دیگر ژن‌ها اثر متقابل داشته باشد، مارکرها اطلاعات جامع و سودمندی را در مورد لوسی^۱ (مکان ژن یا لوکوس) در اختیار محققان قرار می‌دهند. استفاده از مارکرهای ژنتیکی می‌تواند وقت گیر و نیازمند سرمایه‌گذاری زیاد باشد ولی اطلاعات کسب شده برای همیشه قابل استفاده است.



شکل ۱- مدل فرضی تحمل به خشکی در گیاه گندم

ترکیب صفات فیزیولوژیک

روش‌های ترکیب صفات دارای دو بخش می‌باشد که عبارتند از:

۱- بخش اول: شناسایی صفات مرتبط با عملکرد

الف- قبل از طراحی یک برنامه‌ی تحقیقی باید محیط مورد کشت تعریف گردد. (جدوز، ۱۳۹۱) زیرا عوامل محیطی تأثیرگذارند. انتخاب صفات جهت افزایش عملکرد در این شرایط خشکی، در این شرایط پوشش سریع سطح زمین از بقایای گیاهی و مالچ خاکی، به منظور حفظ رطوبت خاک مفید است. ارزیابی دقیق از محیط مورد نظر جهت طراحی دقیق طرح آزمایشی (درجه‌ی حاصل بروفال خاک، عرض جغرافیایی و نوع خاک) و انتخاب صحیح تیمار آزمایشی (تاریخ کاشت، مدت پخت گیاه زراعی) مطلوب به نظر می‌رسد. تکرار در آزمون نیز قابل توصیه است. ممکن است تقلید از محیط مورد نظر به داور دقیق میسر نگردد ولی با مدیریت علمی می‌توان به کاهش این فاصله امیدوار بود. با این وجود تصحیحات باید بر مبنای محیط هدف اتخاذ گردد.

محققان روی تنش‌های غیرزیستی و عملکرد گندم تحت شرایط خشکی مطالعات زیادی انجام دادند (Blum, 1988; Evans, 1993; Loss and Siddiqui, 2000). بین گرما و خشکی با عملکرد همبستگی وجود دارد. جهت بهره‌گیری از یک صفت در برنامه‌ی اصلاحی باید دو معیار را رعایت نمود:

۱- معنی‌دار بودن تنوع ژنتیکی برای آن صفات.

۲- صرفه‌ی اقتصادی انتخاب یک صفت.

جدول ۱- عوامل کلیدی مؤثر بر محیط تحت آزمایش

واحد	پارامتر
اقلیم	
(مانگین ماهانه) °C	حد اکثر درجهی حرارت روزانه
(مینگین ماهانه) °C	حد اقل درجهی حرارت روزانه
ساعت یا زول بر مترمربع بر روز	ساعات آفتابی بودن یا تابش اشعه
میلی متر در ماه (mm/Month)	بارندگی سالیانه
صد ماکزیمم بر مینیمم	رطوبت نسبی
محیط گیاه	
تن در هکتار (t/ha)	متوسط عملکرد
میزهای زراعی تاسیده	پیشینه ی گیاه زراعی
درصد کاهش	تنش های زیستی
خاک	
خاک رسی یا لومی یا شن	نوع خاک
pH	pH خاک
فشرده گی خاک	خواص فیزیکی
درصد	ماده ی آلی
بر حسب ساسی متر	عمق ریشه دهی
مدیریت	
(کلوگرم در هکتار) N.P.K	مقادیر راجع کودی
فراوانی در میلی متر (اگر قابل دسترس باشد)	جدول زمان بندی آبیاری
فراوانی	کنترل آفت، بیماری و علف هرز

صفات را می توان به دو دسته طبقه بندی نمود:

صفات ساده مرتبط با یک صفت مورفو- فیزیولوژیکی همانند ژرم شدن، برگ، ترکیب تعدادی از صفات ساده و ایجاد اثرات جدید مانند درجهی حرارت کانوپی (صفات ا عامه از چندین صفت ساده) معیاری برای ارزیابی نتاج می باشد. قابلیت توارث (اندازه گیری نسبت واریانس ژنتیکی σ^2_g به واریانس فنوتیپی σ^2_p) این صفات بسیار کمتر از توارث پذیری صفات ساده می باشد. جمع آوری ژرم پلاسما به ویژه از محیط اصلی می تواند به تولید بانک ژن منتج گردد (جدول ۲).

اگر تنوع ژنتیکی یک صفت معنی دار نشد، ترکیب صفات مشترک در لاین های والدینی ضروری به نظر می رسد. دلایل زیادی جهت پذیرش صرفه ی اقتصادی یک صفت وجود دارد. مطالعات اولیه روی لاین هایی که تنوع ژنتیکی متوسطی داشتند، نشان داد که همبستگی شدیدی بین صفت با عملکرد دیده می شود. نکته ی مهم، انتخاب ژرم پلاسما حاوی صفات مطلوب پایدار می باشد. اگر ظهور

صفت مورد نظر ما در ژرمپلاسم بالا باشد، بر موفقیت تحقیق افزوده می‌گردد. پیشرفت در انتخاب فیزیولوژیک یک صفت تنها هنگامی ارزشمند است که حداکثر کارایی از آن صفت مدنظر باشد در غیر این صورت، به شناسایی منابع ژنتیکی جدیدتر منتهی می‌گردد. لاین‌های مورد مطالعه باید دارای دامنه‌ی تنوع ژنتیکی قابل پذیرشی برای یک صفت (تنوع بیشتر با حداکثر سازگاری ژنتیکی) باشند.

جدول ۲- خصوصیات مطلوب در اصلاح فیزیولوژیک لاین‌ها

- سازگاری با محیط هدف
- دامنه‌ی قابل قبول از رسیدگی (بلوغ) گیاه
- مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها
- پذیرش گونه‌ی زراعی قابل قبول
- سازگاری ژنتیکی گسترده
- عدم حساسیت در ارتفاع بوته
- واکنش مناسب به بهارسازی و طول روز

عاقلاً نه است که با لاین‌های زیاد (به طور متوسط ۱۰۰ لاین) کار را شروع کنید. تعداد لاین‌گزینش شده به تنوع ژنتیکی برای صفت مورد نظر بستگی دارد. عواملی مانند بیماری و آبیاری نامنظم می‌تواند خطاهای تجلی صفات فیزیولوژیک را بیشتر نماید. علاوه بر انتخاب یک مکان تست مناسب که حاکی از محیط مورد نظر باشد، به مدیریت سایر عوامل تأثیرگذار نیز نیاز است. شرایط کاشت، درجه‌ی حرارت و فتوپریود باید نماینده‌ی محیط هدف باشند تا از ظهور صفات غیرمرتبط با اهداف آزمایش جلوگیری گردد. مدیریت مطلوب سایر عوامل نظیر آماده‌سازی زمین و آفات جهت کاستن خطای آزمایشی الزامی است. کیفیت بذر، عامل مهمی در استقرار مطلوب گیاه است، ضمن این که دانه‌ها هم باید از یک منطقه جمع‌آوری شوند.

کارایی انتخاب فیزیولوژیک صفات با چگونگی تجلی یک صفت اندازه‌گیری می‌شود. برای هر صفت باید براساس زمان اندازه‌گیری و حداکثر ظهور ژنتیکی آزمایش‌هایی انجام داد. سه گروه از عوامل بر ظهور یک صفت اثر قابل توجهی دارند:

۱- عوامل محیطی نظیر درجه‌ی حرارت، تابش خورشیدی، وضعیت آبیاری، وضعیت تغذیه‌ای و نوع خاک.

۲- نوسانات روزانه‌ی درجه‌ی حرارت و تابش خورشیدی.

۳- عوامل فیزیولوژیک نظیر سن گیاه و تنوع ژنتیکی لاین‌ها.

میزان کاوفیل برگ نسبت به تغییرات روزانه بی‌تأثیر است؛ اگرچه، از شرایط تغذیه‌ای و سن برگ تأثیر می‌پذیرد. برای سنجش کلروفیل برگ از برگ پرچم یا از جوان‌ترین برگ، نمونه‌گیری می‌کنند. میزان هدایه برگ و تنفس دمای کانوبی (CTD) در قیاس با درجه‌ی حرارت و رطوبت نسبی (کمبود فشار بخار) اثرات گسترده‌تری بر عملکرد گیاه دارند. مطالعات امانی و همکارانش (*Amani et al.*, 1996) بیان می‌کند که به‌متن تجلی CTD در بعدازظهرهای گرم که ابری در آسمان دیده نمی‌شود و در کرت‌هایی که به خوبی آبیاری شده‌اند، قابل مشاهده است. این صفت بر فنولوژی گیاه گندم قبل از پر شدن دانه اثر گذاشته و بیشترین همبستگی را با عملکرد از خود بروز داده است.

جدول ۳- مدیریت عوامل مؤثر بر صفت

عواملی که باید نماینده‌ی محیط هدف باشد:
• تناوب زراعی.
• تاریخ کاشت (رژیم حرارتی و فتوپریود محدود هدف).
• روش کاشت.
• مقدار بذر.
• رژیم کودی.
• رژیم آبیاری.
عواملی که باید به‌طور مطلوب مدیریت گردند:
• منبع و کیفیت بذر.
• آماده‌سازی زمین.
• کنترل آفت و بیماری.
• کنترل علف‌هرز.
• طرح آماری مناسب.