اصلاح نباتات از طریق صفات فیزیولوژیک
راهنمای بررسی‌های فنوتیپی گندم در مزرعه

تألیف:

آلیستر پاسک، جولیان پیتراگالا، دبرا مولان و ماتیو رینولدز

ترجمه:

دکتر محسن سعیدی، دکتر سعید جلالی‌هنرمند

(اعضای هیأت علمی دانشگاه رازی)

دکتر علی رسایی

سرشناسه	:	پاسک، آلیستر-
عنوان و نام پدیدآور	:	اصلاح نباتات ازطریق صفات فیزیولوژیک (راهنمای بررسی‌های فنوتیپی گندم در مزرعه)/ آلیستر پاسک، جولیان پیتراگالا، دبرا مولان، ماتیو رینولدز؛ ترجمه محسن سعیدی، سعید جلالی هنرمند، علی رسایی.
مشخصات نشر	:	مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	:	۲۲۴ ص. : مصور، جدول.
فروست	:	(انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد؛ ۵۳۹ : کشاورزی ۲۲۵).
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۳۶۸-۵
عنوان اصلی	:	Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. 2012.
موضوع	:	گیاهان زراعی – اصلاح نژاد.
موضوع	:	گیاهان زراعی – ژنتیک.
موضوع	:	فراورده‌های زراعی – اصلاح.
شناسه افزوده	:	جولیان پیترا گالا ، دبرا مولان؛ ماتیو رینولدز، نویسندگان همکار.
شناسه افزوده	:	محسن سعیدی ، سعید جلالی هنرمند، علی رسایی، مترجمین.
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۵؛ ۲پ ۶۸الف/۸/ SB ۱۸۵
رده بندی دیوئی	:	۶۳۱/۵۲۳

انتشارات جهاددانشگاهی مشهد

مشهد میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی، سازمان مرکزی جهاددانشگاهی مشهد

ص. پ. ۱۳۷۶ ـ ۹۱۷۷۵ تلفن ۳۸۸۳۲۳۶۷ مرکز پخش ۳۸۸۴۲۲۳۰

E-mail: info@jdmpress.com www.jdmpress.com

اصلاح نباتات از طریق صفات فیزیولوژیک

(راهنمای بررسی‌های فنوتیپی گندم در مزرعه)

تألیف: آلیستر پاسک، جولیان پیتراگالا، دبرا مولان و ماتیو رینولدز

ترجمه: دکتر محسن سعیدی، دکتر سعید جلالی‌هنرمند، دکتر علی رسایی

حروفچینی: واژگان خرد / چاپ و صحافی: چاپ نیکو

چاپ اول پاییز ۱۳۹۵ / ۵۰۰ نسخه / شمارهٔ نشر ۵۳۹

شابک: ۵-۳۶۸-۳۲۴-۹۶۴-۹۷۸ ISBN: 978-964-324-368-5

کلیهٔ حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۱۸۰،۰۰۰ ریال

به‌نام خداوند جان و خرد

کتاب بزرگترین دستاورد فرهنگی بشر است. دانش بشری مدیون هزاران هزار کتابی است که درطول تاریخ با رنج و تلاش فراوان گرد آمده‌اند. کتاب تداوم معرفت علمی انسان‌است که سرانجام به تراکم دانش و بروز دگرگونی‌های تمدنی می‌انجامد.

جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و توسعهٔ کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر پانصدوسی‌ونهمین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

فهرست

پیشگفتار مترجمان ۷
مقدمه ۸

بخش ۱: صفات دمای تاج‌پوشش، هدایت روزنه‌ای و وضعیت آب

۱ دمای تاج‌پوشش گیاهی ۲۲
۲ هدایت روزنه‌ای ۳۲
۳ پتانسیل آب برگ ۳۸

بخش۲: شاخص‌های طیف بازتاب نور و اندازه‌گیری محتوی رنگیزه‌های گیاهی

۴ تنظیم اسمزی ۴۴
۵ محتوای نسبی آب برگ ۵۱
۶ تبعیض ایزوتوپ کربن ۵۶
۷ طیف انعکاس نور ۶۲
۸ شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی ۷۱
۹ محتوی کلروفیل ۷۸

بخش۳ : فتوسنتز و جذب نور

۱۰ پوشش سطح زمین توسط گیاهان زراعی ۸۴
۱۱ جذب نور ۹۷
۱۲ سطح سبز گیاه، سطح برگ و پیری ۱۰۵
۱۳ تبادلات گازی و فلورسانس کلروفیل ۱۱۲

بخش۴: آنالیـزهای مستقیم رشـد

۱۴ تعیین مراحل نموی کلیدی ۱۲۸
۱۵ زیست‌توده تولیدشده در طول فصل رشد ۱۳۷
۱۶ محتوای کربوهیدرات محلول..... ۱۴۵
۱۷ نمونه‌برداری خاک برای تعیین محتوای رطوبت، مواد غذایی و ریشه..... ۱۵۲
۱۸ عملکرد دانه و اجزای آن..... ۱۶۶

بخش۵: بررسـی‌های گیاه زراعی

۱۹ صفات مورفولوژیک گیاهان زراعی ۱۸۲
۲۰ بررسی‌های خسارت در طول فصل رشد..... ۱۹۳

بخش۶: توصیـه‌های کلـی

۲۱ توصیه‌های کلی برای انجام عملیات مزرعه‌ای مناسب..... ۲۰۲
۲۲ توصیه‌های کلی برای استفاده از وسایل..... ۲۱۰

پیوست..... ۲۱۷
واژه‌نامه ۲۱۸
علائم اختصاری ۲۲۲

پیشگفتار مترجمان

خداوند بزرگ را سپاسگزاریم که به‌ما توفیق ترجمه کتاب حاضر را عطا فرمود. همانطور که می‌دانیم گندم مهم‌ترین گیاه زراعی دنیاست. برنامه‌های اصلاحی در جهت بهبود کمّی و کیفی عملکرد این گیاه، از گذشته‌های دور شروع شده و اکنون نیز به‌سرعت در حال انجام است و محققین فراوانی نیز تحقیقات خود را در جهت اصلاح این گیاه متمرکز نموده‌اند.

صفات فیزیولوژیک، اهمیت حیاتی در بقا و سازگاری گیاهان از جمله گندم به عوامل محیطی و درنهایت شکل‌گیری کمّی و کیفی عملکرد دانه دارند. ازاین‌رو توجه به این صفات در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور مطالعه میزان مقاومت گیاهان به عوامل کاهنده عملکرد دانه (انواع تنش‌های محیطی) بسیار اهمیت دارد. بنابراین، شناخت صفات فیزیولوژیک گیاه برای اصلاح‌گران، نکته‌ای کلیدی است. امروزه این صفات به‌طور وسیعی در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کتاب راهنمای بسیار خوبی جهت استفاده صحیح و به‌موقع از این صفات در جهت پیشبرد صحیح برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی مخصوصاً گندم می‌باشد. باتوجه به مطالب گفته‌شده، مطالعه کتاب حاضر برای محققین علوم گیاهی و از جمله اصلاح‌گران محترم، دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی علوم گیاهی توصیه می‌شود.

به‌رغم تمامی تلاش‌های صورت‌گرفته برای ارائه ترجمه‌ای صحیح و روان، بی‌شک کتاب حاضر خالی از اشکال نیست. بنابراین موجب خوشحالی است که استادان، صاحبنظران و دانشجویان گرامی پیشنهادات خود را جهت رفع نقایص احتمالی به مترجمان گوشزد نمایند. این نکات با کمال سپاسگزاری بررسی شده و در چاپ بعدی کتاب لحاظ خواهند شد.

محسن سعیدی
سعید جلالی‌هنرمند
علی رسایی

مقدمه

این کتاب نحوه استفاده از صفات فنوتیپی جهت مطالعات کاربردی در مورد گیاهان زراعی را آموزش می‌دهد. تکنیک‌هایی در این کتاب بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند که بیشتر در مرکز بین‌المللی مطالعه گندم و ذرت[1] مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کتاب راهنمای مناسبی جهت اندازه‌گیری دقیق و تکرارپذیر خصوصیات فیزیولوژیک در طول دوره رشد گیاهان زراعی است و در واقع ادامه جلد اول کتاب اصلاح از طریق خصوصیات فیزیولوژیک (رینولدز و همکاران، ۲۰۱۲) (مطالعات میان‌رشته‌ای جهت بهبود سازگاری گیاهان زراعی) می‌باشد.

بخش۱: دمای تاج‌پوشش، هدایت روزنه‌ای و روابط آبی گیاه

این خصوصیات در ارتباط با تعرق گیاه و تثبیت کربن می‌باشند (رینولدز و همکاران، ۲۰۱۲). دمای تاج‌پوشش گیاهی و تبعیض بین ایزوتوپ‌های مختلف کربن از جمله خصوصیاتی هستند که جهت اصلاح گیاهان زراعی در محیط تنش‌زا به‌طور گسترده استفاده می‌شوند. دمای پایین‌تر تاج‌پوشش گیاهی با عملکرد در شرایط تنش خشکی و گرمایی همبستگی مثبت دارد. همچنین مدارک فیزیولوژیک (لوپز و رینولدز، ۲۰۱۰) و ژنتیکی (پینتو و همکاران، ۲۰۱۰) به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که چنین همبستگی با ظرفیت ریشه‌ها و آوندهای چوبی در انتقال آب در این شرایط وجود دارد. دمای تاج‌پوشش گیاهی نسبت به عوامل محیطی حساس است و جهت اطمینان در تخمین صحیح آن بهتر است آسمان صاف و بدون ابر بوده و جریان هوا در حداقل باشد.

در اوایل دوره رشد و در شرایط عدم تنش رطوبتی، جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها با راندمان تعرق بالاتر می‌توان از اندازه‌گیری تبعیض در استفاده از ایزوتوپ‌های مختلف کربن در برگ‌ها استفاده نمود. این نوع انتخاب در مناطقی که ذخیره‌سازی آب در خاک در اوایل فصل رشد جهت مراحل پرشدن دانه مورد نیاز است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کاندون و همکاران، ۲۰۰۴). در حقیقت، مقدار تبعیض در استفاده از ایزوتوپ‌های مختلف کربن در هر بافتی از گیاه نشان‌دهنده متوسط غلظت دی‌اکسیدکربن داخلی آن گیاه در طول دوره رشد می‌باشد. بنابراین، زمانی‌که مقدار تبعیض ایزوتوپ‌های کربن در دانه‌های ارقام مختلف اندازه‌گیری می‌شود (مخصوصاً در گیاهان در شرایط تنش خشکی)، بیشتر نشان‌دهنده دسترسی نسبی آنها به آب می‌باشد تا راندمان مصرف آب. ازاین‌رو، در تفسیر نتایج حاصل از

1. International Maize and Wheat Improvement Center= CIMMYT

اندازه‌گیری تبعیض در مصرف ایزوتوپ‌های مختلف کربن همیشه بایستی به شرایط رشدی گیاه و اثرات ژنتیکی که می‌توانند بر مقدار آب قابل‌دسترس یک رقم خاص و بنابراین بر پاسخ‌های روزنه‌ای اثر بگذارند، توجه نمود. بایستی توجه نمود که اندازه‌گیری تبعیض در استفاده از ایزوتوپ‌های مختلف کربن نسبت به اندازه‌گیری دمای تاج‌پوشش گیاهی یا هدایت روزنه‌ای پرهزینه‌تر بوده و برای اندازه‌گیری آن نیاز به دستگاه طیف‌سنج جرمی می‌باشد.

هدایت روزنه‌ای یکی از خصوصیات فیزیولوژیک است که به‌عنوان یک معیار انتخاب مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌اندازه سنجش دمای تاج‌پوشش گیاهی و تبعیض در استفاده از ایزوتوپ‌های مختلف کربن مفید و مؤثر است (کاندون و همکاران، ۲۰۰۸). اگرچه دستگاهی که برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای استفاده می‌شود (پرومتر) کوچک‌تر از دستگاهی است که برای اندازه‌گیری دمای تاج‌پوشش استفاده می‌شود (دماسنج مادون قرمز)، اما برای هر اندازه‌گیری وقت بیشتری می‌خواهد و جهت اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای، دستگاه پرومتر برخلاف دماسنج مادون قرمز بایستی در تماس مستقیم برگ قرار گیرد. همین تماس ممکن است روی هدایت روزنه‌ای و افزایش خطای دستگاه مؤثر باشد. در هر صورت داده‌های به‌دست‌آمده تقریباً تکرارپذیر بوده و در طول زمان می‌توان نحوه تغییر این صفت را در یک ژنوتیپ خاص به‌راحتی بررسی نمود. علاوه‌براین، تخریبی‌نبودن این اندازه‌گیری نیز یک مزیت به‌حساب می‌آید.

پتانسیل آب برگ در زمان طولانی‌تری نسبت به هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین تکنیک مناسبی جهت فعالیت‌های اصلاحی که در آن تعداد زیادی ژنوتیپ بررسی می‌شود، نیست. اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ در طول روز، مقدار آب برگ را نشان می‌دهد و اندازه‌گیری آن در اوایل روز تخمینی از پتانسیل آب خاک در منطقه فعال ریشه یک ژنوتیپ خاص است. بنابراین، اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ یک وسیله مناسب و دقیق جهت بررسی مقدار آب گیاه و خاک در منطقه فعال ریشه بوده و می‌توان در آزمایشگاه برای چند ژنوتیپ خاص و یا چند کرت خاص این صفت را اندازه‌گیری نمود. مقدار آب نسبی برگ روش جایگزین دیگری جهت تخمین حالت آبی گیاه است. اندازه‌گیری این صفت به وسایل خاصی نیاز ندارد و هزینه‌بر نیست، ولی باتوجه به اینکه چندین‌بار وزن‌کردن حین اندازه‌گیری این صفت انجام می‌شود، بنابراین زیاد دقیق نیست. تنظیم اسمزی روش مناسبی نیست زیرا جهت بالابودن دقت اندازه‌گیری این صفت بایستی پتانسیل آب منطقه ریشه را کنترل نمود. همچنین عمق نفوذ ریشه‌ها نیز در نتایج تنظیم اسمزی تأثیر می‌گذارد. افزایش تنظیم اسمزی سلول‌ها جهت جلوگیری از هدرروی آب سلول‌ها و بافت‌ها نیاز می‌باشد. این خصوصیت در نگهداری آب سلول‌ها برخلاف شیب پتانسیل آبی ایجادشده کمک می‌کند. همچنین در برقراری رشد ریشه در شرایط خشکی نیز مشارکت دارد (مورگان و کندن، ۱۹۸۶).

بخش۲: شاخص‌های طیف بازتاب نور و اندازه‌گیری محتوی رنگیزه‌های گیاهی

تکنیک‌های مبتنی بر بررسی طیف بازتاب نور با استفاده از اندازه‌گیری طول موج‌های مرئی و قرمز دور انجام می‌شوند. کاربرد این روش‌ها در مزرعه ساده و سریع بوده و نیاز به نمونه‌گیری تخریبی ندارند. به‌همین‌دلیل کرت‌ها را می‌توان کوچک‌تر در نظر گرفت (در جهت کاهش هزینه‌ها) و در هر کرت می‌توان اندازه‌گیری‌ها را به تعداد زیاد تکرار نمود. بسیاری از شاخص‌های بازتاب نور را می‌توان جهت بررسی طیف وسیعی از خصوصیات گیاهی از جمله رشد رویشی، رنگدانه‌ها، مقدار آب موجود در بافت‌ها که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی است، مورد استفاده قرار داد (جلد اول همین کتاب را ببینید). این اندازه‌گیری‌ها همبستگی مناسبی با کارایی مصرف آب، شاخص‌های آبی و به‌مقدار کمتر شاخص‌های رشد رویشی گیاه دارند (باربار و همکاران، ۲۰۰۶؛ گوتیرز-رودریگوئز و همکاران، ۲۰۱۰). مزیت دیگر این است که در این ارتباط حسگر اختصاصی تحت‌عنوان جستجوگر سبز دارد (حسگر دستی، ۲۰۰۲، آمریکا) و موجب تسهیل توان عملیاتی جهت غربال در مزرعه می‌شود. این بخش دستگاه هم‌اکنون نیز در حال توسعه جهت شاخص‌های آبی است (استون، دانشگاه ایالتی اوکلاهاما، ارتباطات شخصی). علاوه‌براین، اندازه‌گیری توسط تشعشع‌سنج قادر است اطلاعات زیادی در اختیار قرار دهد. مهم‌ترین ضعف اندازه‌گیری توسط تشعشع‌سنج این است که جهت جلوگیری از بروز خطا در اندازه‌گیری‌ها بایستی در حداکثر زاویه تابش خورشید صورت گیرد. محتوی کلروفیل برگ به‌طور مستقیم توسط چندین روش قابل اندازه‌گیری است. رایج‌ترین روش که راحت‌ترین روش نیز می‌باشد، توسط دستگاه قابل‌حمل معروف به اسپد صورت می‌گیرد. اسپد و حسگر جستجوگر سبز، بدون نیاز به نور محیط باتوجه به داشتن منبع نور، اندازه‌گیری خود را انجام می‌دهند.

بخش۳: فتوسنتز و جذب نور

سرعت فتوسنتز مهمترین عامل ایجادکننده عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشد. اندازه‌گیری مستقیم تبادلات گازی توسط دستگاه سنجش نور قرمز دور و تبادلات گازی[1] در مزرعه و در سطح برگ‌ها انجام می‌شود. به‌هرحال، اندازه‌گیری‌ها وقت‌گیر هستند و نیاز به دستگاه‌های گران‌قیمت دارند و به‌این علت که این اندازه‌گیری‌ها در سطح برگ‌ها، اندام و در یک زمان صورت می‌گیرند، داده‌ها یکسان نبوده و تکرارپذیر نیستند (رینولدز و همکاران، ۲۰۱۲). اگرچه فتوسنتز برگ پرچم در شرایط قرارگرفتن در حالت اشباع نوری با عملکرد بالا همبستگی دارد، اندازه‌گیری خصوصیات دیگر از جمله دمای برگ و هدایت روزنه‌ای که راحت‌تر و ارزان‌تر صورت می‌گیرند نیز با عملکرد دانه همبستگی دارند (فیشر و همکاران، ۱۹۹۸). مشخص شده است فلورسانس مولکول‌های کلروفیل علاوه‌بر اینکه سریع‌تر اندازه‌گیری می‌شود، جهت بررسی تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف نیز مفید است (آرائوس و همکاران، ۱۹۹۸). ولی این

1. Infrared Gas Analysis= IRGA

روش در برنامه‌های اصلاحی به‌صورت رایج استفاده نمی‌شود، زیرا روش کار آن چندان راحت نیست.

در شرایط عدم وجود محدودیت‌های دیگر (به‌طور مثال، در شرایط محیطی با عملکرد نزدیک عملکرد پتانسیل)، رشد گیاهان زراعی به‌وسیله نور محدود می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری جذب نور به‌عنوان یک محدودیت جهت رسیدن به حداکثر ظرفیت فتوسنتزی یک کرت مشخص در مراحل اولیه رشد که پوشش سطح زمین توسط گیاه زراعی ناقص است و تا پایان دوره رشد که برگ‌ها به‌تدریج پیر می‌شوند، بایستی مدنظر قرار گیرد. مشخص شده است که شاخص‌های مبتنی بر طیف نور منعکس‌شده از گیاه مانند شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی، قادر است اندازه‌گیری قابل اعتمادتری از سطح سبز گیاه داشته باشد (لوپز و رینولدز، ۲۰۱۲). شاخص سطح برگ[1] یا شاخص سطح سبز[2] برگ روش‌های دقیقی جهت تخمین ظرفیت جذب نور توسط تاج‌پوشش می‌باشد. اگرچه در شاخص سطح برگ بالاتر از سه جذب نور به حداکثر می‌رسد، اما توزیع برگ‌ها قادر است روی راندمان استفاده از نور اثر بگذارد (پاری و همکران، ۲۰۱۱). پوشش اولیه سطح زمین توسط گیاه خصوصیتی مناسب جهت سازگاری نسبت به تنش‌هاست. برای مثال، این خصوصیت قادر است تبخیر از سطح خاک را به حداقل برساند (مولان و رینولدز، ۲۰۱۰). این خصوصیت را می‌توان توسط دوربین دیجیتالی اندازه‌گیری نمود. این روش سریع و ارزان بوده و قادر است برای جمعیت‌های زیادی مورد استفاده قرار گیرد.

بخش۴: بررسی مستقیم رشد

در این بخش با بررسی برخی خصوصیات وابسته به رشد، اختلافات ژنتیکی تخمین زده می‌شوند. برخی روش‌هایی که در این ارتباط مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: زیست‌توده، که در طول دوره رشد به‌وسیله شاخص طیف‌سنجی تشعشعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. حجم ریشه، که توسط دمای تاج‌پوشش گیاه برآورد می‌شود و حتی عملکرد را می‌توان به‌طور مناسبی در شرایط محیطی مختلف با دو روش مذکور تخمین زد. به‌هرحال، فقط روش مستقیم اندازه‌گیری قادر است مقادیر مطلق صفت موردنظر را نشان بدهد.

روش‌های نمونه‌گیری جهت آنالیز رشد در این بخش به‌دقت توضیح داده شده است. این روش‌ها شامل تخمین دقیق عملکرد و اجزای آن می‌باشد که بیان‌کننده اثر خالص بسیاری از خصوصیات و اثرات متقابل آنها با شرایط محیطی است. تجزیه رشد می‌بایست شامل تخمین قندهای محلول در آب ساقه باشد که منبع اصلی کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده جهت انتقال به دانه‌های درحال رشد در شرایط تنش‌های محیطی است. همچنین مطالعات ریشه و خاک جهت درک روابط آبی گیاه حائز اهمیت می‌باشند (رینولدز و همکاران، ۲۰۱۲). این بخش همچنین روش تعیین مراحل کلیدی رشد را که لازمه تفسیر

1. Leaf Area Index= LAI
2. Green Area Index= GAI

صحیح داده‌های فیزیولوژیکی است، نشان می‌دهد.

بخش۵: مشاهدات گیاهان زراعی

برخی خصوصیات آناتومیک و مورفولوژیک با خصوصیات ژنتیکی که در تعیین عملکرد دانه نقش دارند مرتبط می‌باشند. از این نوع موارد می‌توان به برگ‌های عمودی در شرایط بدون تنش (فیشر، ۲۰۰۷)، وجود واکس در سطح برگ‌ها و بلوغ در شرایط تنش‌های محیطی (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹) و پدانکل (اولین میانگره زیر سنبله در گندم) بلند در شرایط خشکی (آسود و همکاران، ۱۹۹۱) اشاره نمود. مزیت تمامی این نوع خصوصیات این است که آنها را به‌راحتی می‌توان اندازه‌گیری کرد یا با چشم تخمین زد. درحقیقت معیارهای چشمی را می‌توان جهت تخمین خصوصیات مورفولوژیکی و آناتومیکی مثل تخمین خسارت ورس، یخزدگی یا تگرگ مورد استفاده قرار داد.

بخش۶: توصیه‌های عمومی

این بخش قصد دارد نکاتی را جهت افزایش دقت در اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیک یادآوری نماید. این نکات جهت جلوگیری از اشتباهات رایجی است که کیفیت داده‌ها را کاهش داده و باعث هدررفت منابع می‌شوند. همچنین شامل توصیه‌هایی درباره وسایل و استفاده صحیح از آنها و توضیحات مورد نیاز می‌باشد. این موارد در سه جدول به‌شرح زیر ذکر شده‌اند:

جدول ۱. بررسی اجمالی از تکنیک‌های بررسی فنوتیپی گندم که شامل خلاصه‌ای از خصوصیات فیزیولوژیک اندازه‌گیری‌شده، دلیل اندازه‌گیری آن و مزایا و معایب هرکدام از روش‌هاست.

جدول ۲. منابع مورد نیاز جهت انجام بررسی‌های فنوتیپی که شامل وسایل و منابع (در زمینه هزینه و زمان) مورد نیاز و شرایط محیطی مورد نیاز می‌باشد.

جدول ۳. جدول زمان‌بندی که راهنمایی‌های لازم جهت اندازه‌گیری‌های فنوتیپی در طول دوره رشد گیاه زراعی را آموزش می‌دهد و مراحلی که جهت اندازه‌گیری‌ها مناسب نیستند را مشخص می‌نماید.