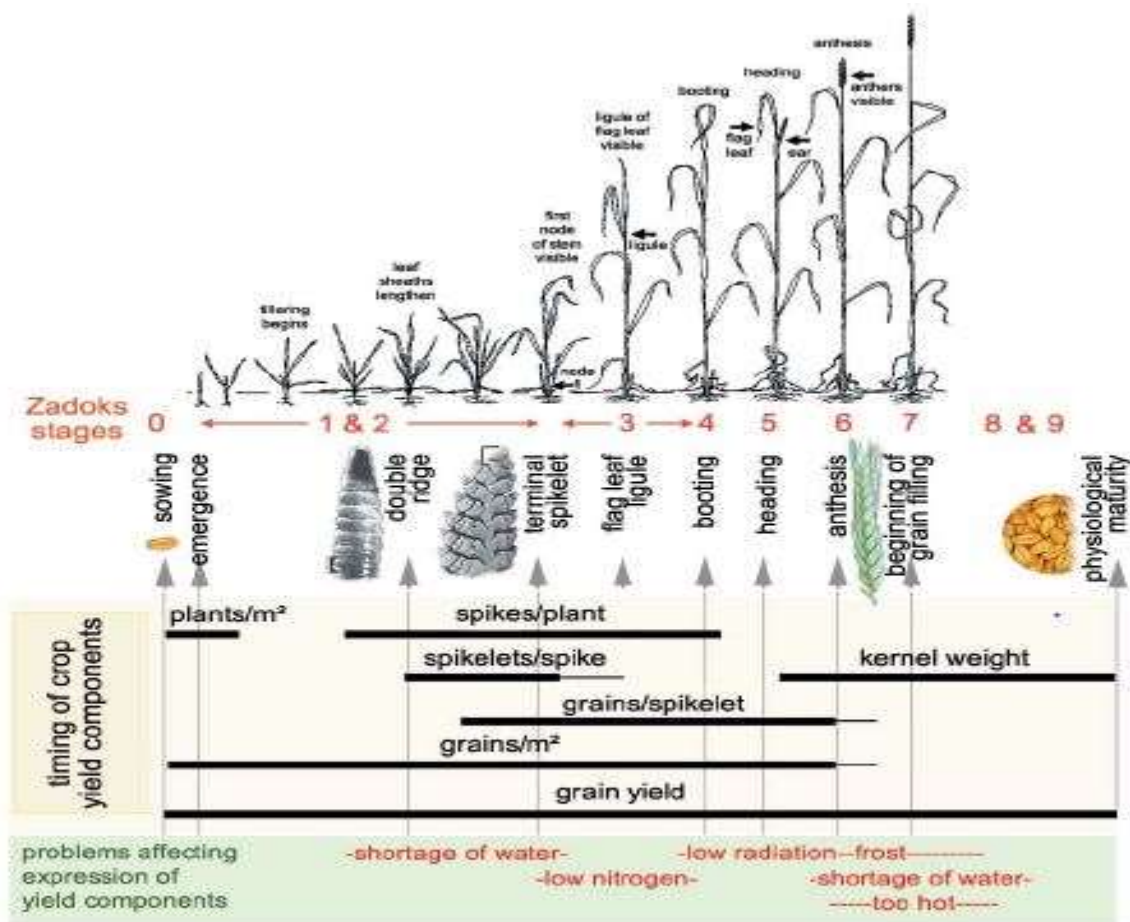


مراحل فنولوژیکی مهم گندم:

از دانه تا دانه



گرد آوری و نگارش:

توحید نجفی میرک، محسن اسماعیل زاده مقدم، مظفر روستایی و محمدرضا جلال کمالی

ارقام گندم با عادت رشدی مختلف تقریباً از یک الگوی نمودی مشابه تبعیت می کنند ولی زمان وقوع مراحل فنولوژیکی به عوامل مختلفی از جمله: ژنوتیپ، عادت رشدی، تاریخ کاشت، شرایط آب و هوایی فصل زراعی و مناطق کاشت بستگی دارد. بعنوان مثال مراحل فنولوژیکی در مناطق گرم سریع تر از مناطق سرد اتفاق می افتد. همچنین ارقام زود رس در مقایسه با ارقام دیررس مراحل نمودی خود را سریع تر طی می کنند.

برای تشخیص و ثبت مراحل فنولوژیکی گندم، مقیاس های متفاوتی معرفی شده است که از مهمترین آنها می توان به مقیاس های: زادوکس (Zadoks)، هان (Haun) و فیکس (Feeks) اشاره کرد. با توجه به اینکه در مقیاس زادوکس تشخیص مراحل فنولوژیکی گندم در مزرعه به سهولت و با دقت بالا ممکن می شود، در نشریه از این مقیاس برای تشخیص و ثبت مراحل فنولوژیکی گندم استفاده می شود. در مقیاس زادوکس از کدهای دو رقمی برای ثبت مراحل فنولوژیکی مختلف استفاده می شود که رقم اول آن بیانگر مراحل اصلی و رقم دوم آن نشان دهنده جزئیات هر مرحله اصلی (مرحله ثانوی) نمودی است. مراحل نمودی گندم براساس این مقیاس در جدول ۱ ارائه شده است.

۱. کاشت (Sowing)

زمانی که بذر زیر خاک قرار می گیرد اگر خاک دارای رطوبت کافی برای جوانه زنی بذر و ورود آن به مرحله نمودی بعدی باشد، همان روز به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شده و در غیر اینصورت تاریخ اولین اولین آبیاری و یا تاریخ اولین باران موثر بعد از بذر کاری بعنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته می شود.

۲. جوانه زنی (Germination)

جوانه زنی شامل سه مرحله: جذب آب توسط دانه، شروع جوانه زنی و خروج جوانه از سطح خاک می باشد. اولین اندامی که از بذر خارج می شود، ریشه چه است که با طویل شدن به سمت پایین و استقرار در خاک سیستم اولیه ریشه ای گیاه را تشکیل می دهد. به دنبال خروج ریشه چه، کلوتیل که در واقع محافظ ساقه چه است از بذر خارج و به سمت سطح خاک طویل می شود (شکل ۱). این مرحله که براساس مقیاس زادوکس مرحله ۰۱ تا ۰۹ کد گذاری شده است معمولاً در شرایط مزرعه براحتی قابل رویت نیست و ثبت نمی شود.

جدول ۱. مراحل فنولوژیکی گندم براساس مقیاس زادوکس

مقیاس زادوکس	توصیف مرحله	مقیاس زادوکس	توصیف مرحله	مقیاس زادوکس	توصیف مرحله
۰۰	جوانه زنی (بذر خشک)	۲۷	ساقه اصلی و هفت پنجه	۶۰	شروع گلدهی (گرده افشانی)
۰۱	شروع جذب آب	۲۸	ساقه اصلی و هشت پنجه	۶۵	۵۰ درصد گرده افشانی
۰۳	کامل شدن جذب آب	۲۹	ساقه اصلی و نه پنجه	۶۹	گرده افشانی کامل سنبله
۰۵	خروج ریشه چه از بذر	۳۰	طویل شدن ساقه کاذب		
۰۷	خروج کلئوپتیل از بذر	۳۱	اولین گره قابل رویت است	۷۱	رسیدگی آبدار (مایع رنگی)
۰۹	برگ در نوک کلئوپتیل	۳۲	گره دوم قابل رویت است	۷۳	اوایل شیری شدن
۱۰	اولین برگ کلئوپتیلی	۳۳	گره سوم قابل رویت است	۷۵	اواسط شیری شدن
۱۱	اولین برگ باز شده است	۳۴	گره چهارم قابل رویت است	۷۷	اواخر شیری شدن
۱۲	دو برگ باز شده است	۳۵	گره پنجم قابل رویت است		
۱۳	سه برگ باز شده است	۳۶	گره ششم قابل رویت است	۸۳	اوایل خمیری شدن
۱۴	چهار برگ باز شده است	۳۷	برگ پرچم قابل مشاهده است	۸۵	خمیری نرم
۱۵	پنج برگ باز شده است	۳۹	یقه برگ پرچم قابل مشاهده است	۸۷	خمیری سخت
۱۶	شش برگ باز شده است	۴۰	آبستنی (چکمه ای)	۸۹	رسیدن فیزیولوژیکی
۱۷	هفت برگ باز شده است	۴۱	رشد غلاف برگ پرچمی		
۱۸	هشت برگ باز شده است	۴۵	متورم شدن چکمه	۹۱	سخت شدن دانه (به سختی اثر ناخن روی دانه باقی می ماند)
۱۹	نه برگ و بیشتر باز شده است	۴۷	باز شدن غلاف برگ پرچمی	۹۲	سخت تر شدن دانه (ایجاد فرو رفتگی در دانه امکان پذیر نیست)
۲۰	تنها ساقه اصلی	۴۹	رویت اولین ریشک ها	۹۳	دانه در طول روز شل می شود
۲۱	ساقه اصلی و یک پنجه	۵۰	رویت اولین سنبله	۹۴	دانه کاملاً رسیده و کاه و کلش شکننده می شود
۲۲	ساقه اصلی و دو پنجه	۵۳	ظهور یک چهارم سنبله	۹۵	خواب بذر
۲۳	ساقه اصلی و سه پنجه	۵۵	ظهور یک دوم سنبله	۹۶	۵۰ درصد بذر قابلیت جوانه زنی دارد
۲۴	ساقه اصلی و چهار پنجه	۵۷	ظهور سه چهارم سنبله	۹۷	بذر خواب نیست
۲۵	ساقه اصلی و پنج پنجه	۵۹	ظهور کامل سنبله	۹۸	خواب ثانویه بذر
۲۶	ساقه اصلی و شش پنجه			۹۹	شکستن خواب ثانویه بذر



شکل ۱. مراحل جوانه زنی بذر گندم- کد ۰۱ الی ۰۹ مقیاس زادوکس

۳. سبز شدن و نمو گیاهچه (Emergence & Seedling Development)

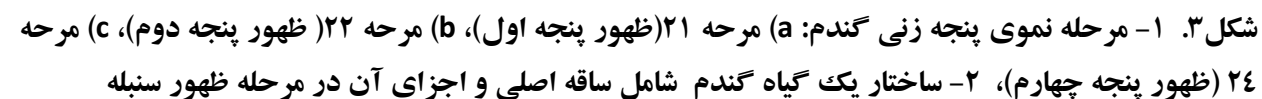
دومین مرحله از مراحل فنولوژیک گندم، مرحله سبز شدن یا رشد گیاهچه است. کلئوپتیل به محض اینکه در معرض طیف نور قرمز قرار می گیرد، سوراخ می شود و اولین برگ از آن خارج و ظاهر می شود. این مرحله از ظهور اولین برگ از کلئوپتیل شروع (کد ۱۱) و به ظهور برگ نهم و بیشتر (کد ۱۹) ختم می شود. گره های اولیه معمولاً طویل نمی شوند و بصورت فشرده در نزدیکی یقه گیاه قرار می گیرند. فاصله بین گره کلئوپتیل و گره بالاتر، میان گره زیر طوقه نامیده می شود. برگ ها، پنجه ها و ریشه ها از گره های طوقه بوجود می آیند. گره کلئوپتیلی گره صفر و محل ظهور برگ اول بعنوان گره اول، و به همین ترتیب محل ظهور برگ های بعدی بعنوان گره های بعدی شناخته می شوند. تاریخ سبز شدن یک مزرعه گندم زمانی در نظر گرفته می شود که ۵۰ درصد برگ اول گیاهچه ها در کل مزرعه از کلئوپتیل خارج و شروع به توسعه یافتن نمایند (شکل ۲).



شکل ۲. مرحله سبز شدن (کد ۱۱-۱۰ مقیاس زادوکس)، رشد گیاهچه و تشکیل گره ها در گندم

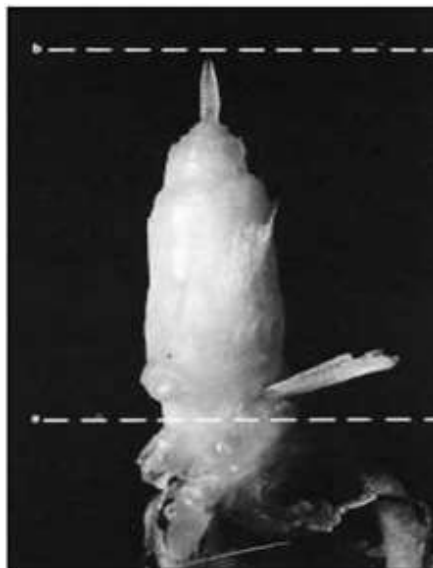
۴. پنجه زنی (Tillering)

پنجه ممکن است از یک جوانه در آغازین پنجه موجود در گره کلئوپتیلی بوجود آید که به آن پنجه کلئوپتیلی گفته می شود. این پنجه در هر زمان و مستقل از تعداد برگ های ساقه اصلی می تواند بوجود بیاید. پنجه های اصلی پنجه هایی هستند که از آغازین های پنجه موجود در زاویه برگ ها با ساقه ظاهر می شوند. این پنجه ها هنگامی شروع به ظاهر شدن می کنند که سه برگ بطور کامل ظاهر شده باشند و برگ چهارم نیز در حال ظاهر شدن است. معمولا هنگامی که برگ سوم به طور کامل و نصف برگ چهارم بر روی ساقه اصلی ظاهر شده باشند، پنجه زنی شروع می شود (شکل ۳). براساس مقیاس زادوکس آغاز این مرحله با کد ۲۱ (ظهور ساقه اصلی بدون پنجه) نشان داده شده و ممکن است تا مرحله ۲۹ (ظهور پنجه نهم و بیشتر) ادامه یابد. بطور کلی در زاویه هر برگ با ساقه یک جوانه پنجه بالقوه وجود دارد که ظهور، رشد و توسعه آن به عوامل مختلفی از جمله ژنوتیپ، تاریخ کاشت، تراکم بذر، حاصلخیزی خاک، مدیریت کود و آب و تنش های محیطی بستگی دارد. بعضی از ارقام دارای پتانسیل ژنتیکی بالاتر برای تولید پنجه می باشند، در حالیکه برخی دیگر از ارقام گندم حتی در شرایط مطلوب محیطی تعداد پنجه محدودتری تولید می کنند. در هر حال یک رقم در شرایط محیطی مناسب، تراکم پایین بذر و شرایط رطوبتی و حاصلخیزی خاک بهتر، پنجه بیشتری تولید می کند. اما در شرایط تنش قابلیت تولید پنجه کاهش می یابد. سهم هر



همزمان با تشکیل پنجه ها، تشکیل سنبله جنینی نیز شروع می شود هر چند که در این مرحله سنبله و اندامهای زایشی در مرحله میکروسکوپی هستند. معمولاً همزمان با تشکیل سنبله انتهایی (Terminal Spikelet)، طویل شدن ساقه نیز آغاز می شود (شکل ۴). در این مرحله گیاه، بسته به رقم و عادت رشدی آن، معمولاً دارای ۵-۶ برگ می باشد و طول ساقه از محل طوقه گیاه تا نوک سنبله یک سانتی متر می باشد. بعبارت دیگر، اولین گره قابل لمس است. در این مرحله نموی گندم، معمولاً سه تا چهار گره پایینی در محل طوقه بطور فشرده باقی مانده و ابتدا میانگره چهارم یا پنجم و پس از آن میانگره های بالایی بترتیب شروع به طویل شدن می کنند. با طویل شدن میانگره ها، گره های ساقه قابل لمس و رویت می شوند و براحتی می توان آنها را شمارش

کرد. آخرین میانگروه طویل شده که به سنبله منتهی می شود، پدانکل می باشد و برگ پرچم آخرین برگ است که قبل از ظهور سنبله خارج می گردد و ظهور آن نشانه این است که بزودی گیاه وارد مرحله یا آبستنی (Booting) می شود. این برگ بیشترین سهم را در مواد فتوسنتزی برای پر کردن دانه بویژه در شرایط تنش های محیطی دارد.



شکل ۴. شروع طویل شدن ساقه (کد ۳۱ مقیاس زادوکس)

۶. آبستنی (Booting)

آبستنی (Booting) که به آن مرحله چکمه ای / شکم خوشه نیز گفته می شود مرحله ای از نمو گندم است که همزمان با طویل شدن ساقه و قبل از ظهور سنبله اتفاق می افتد. در واقع پس از نمو برگ پرچم، غلاف این برگ و پدانکل طویل شده و سنبله توسعه یافته از آن خارج می شود (شکل ۵). در مقیاس زادوکس این مرحله با طویل شدن برگ پرچم (کد ۴۱) شروع و هنگامی کامل می شود که غلاف برگ با خروج سنبله نمو یافته باز شده باشد و ریشک ها یا سنبله (در ارقام بی ریشک) در یقه برگ پرچم مشاهده شوند (کد ۴۹).



شکل ۵. مرحله آبستنی (Booting) گندم (کد ۴۹ زادوکس)

۷. ظهور سنبله (Heading/Spike Emergence)

همزمان با طول شدن ساقه، برگ پرچم نیز توسعه یافته و طول می شود و به سنبله برای خروج از غلاف برگ پرچم فشار می آورد. این امر منجر به ظهور سنبله می شود. براساس مقیاس زادوکس شروع این مرحله هنگامی است که اولین سنبله از محل غلاف برگ پرچم قابل رویت باشد (کد ۵۱) و زمانی این مرحله تکمیل می شود که تمام سنبله از غلاف خارج و قابل رویت باشد (کد ۵۹). با توجه به اینکه این مرحله از نمو گندم بسته به نوع رقم و شرایط آب و هوایی ممکن است چند روز به طول بیانجامد، زمانی را بعنوان مرحله ظهور سنبله در نظر می گیرند که در ۵۰ درصد از سطح مزرعه، حدود نصف سنبله از غلاف برگ پرچم خارج و قابل رویت باشد (شکل ۶).



شکل ۶. مراحل ظهور سنبله در گندم (کد ۵۱-۵۹ مقیاس زادوکس)

۸. گلدهی (Flowering/Anthesis)

بسته به نوع رقم و شرایط آب و هوایی، چند روز بعد از ظهور سنبله، گلدهی یا گرده افشانی (Anthesis) شروع می شود. در گندم گلدهی از گلچه های واقع در وسط سنبله شروع و به سمت گلچه های بالا و پایین سنبله ادامه می یابد. گلدهی گندم معمولاً با خروج بساک از گلچه ها قابل شناسایی می باشد. در اغلب ارقام گندم گرده افشانی بعد از باز شدن گلچه ها و خروج بساک از گلچه ها انجام می گیرد، ولی ممکن است در شرایط تنش گرده افشانی قبل از باز شدن گلچه ها انجام گردد. در این حالت بساک ها در داخل گلچه باقی مانده و گرده افشانی انجام می گیرد. رنگ بساک ها قبل از گرده افشانی سبز و پس از گرده افشانی به رنگ زرد در می آیند. اگر بساک های داخل یک گلچه از رنگ سبز به رنگ زرد یا خاکستری تغییر رنگ داده باشند، این وضعیت نشان دهنده انجام گرده افشانی در داخل گلچه های بسته می باشد (شکل ۷)

براساس مقیاس زادوکس، شروع گلدهی گندم با کد ۶۱ (گلدهی سنبلچه های وسط سنبله) و اتمام گلدهی با کد ۶۹ (گلدهی تمام سنبلچه های سنبله) نشان داده می شود. از آنجایی که گلدهی یک سنبله نیز ممکن است چند روز بطول بیانجامد، زمانی را بعنوان زمان گلدهی در نظر می گیرند که در ۵۰ درصد از گیاهان کل مزرعه، ۵۰ درصد سنبله ها به مرحله گلدهی رسیده باشند.



شکل ۷. گلدهی (Anthesis) در گندم (کد ۶۱-۶۹ مقیاس زادوکس)

۹. تشکیل و شیری شدن دانه (Grain and Milk Development)

پس از گرده افشانی تعداد زیادی از سلول های آندوسپرم (شامل نشاسته و پروتئین) تشکیل و اندازه آنها به سرعت افزایش می یابد، اما تجمع ماده خشک در دانه در این مرحله قابل ملاحظه نمی باشد. رشد دانه ۱۰ تا ۱۴ روز بعد از گرده افشانی شروع می شود، رنگ سبز گیاه، فرسودگی و مرگ برگ های پایینی گیاه و خروج مایع شفاف به هنگام فشردن دانه از خصوصیات این مرحله نمودی دانه است. پس از این مرحله، دانه وارد مرحله شیری می شود. در این مرحله با فشردن دانه، مایع سفید و شیری رنگی از آن خارج می شود. در پایان این مرحله جنین کاملاً تشکیل شده و مواد مغذی ذخیره شده در برگ های پایینی به دانه در حال رشد منتقل می شود (شکل ۸).



شکل ۸- مراحل تشکیل و شیری شدن دانه (کد ۷۱ الی ۷۹ مقیاس زادوکس)

۱۰. خمیری شدن دانه (Dough Development)

در این مرحله از نمو دانه از خمیری نرم شروع (کد ۸۱ مقیاس زادوکس) و به خمیری سخت (کد ۸۹ مقیاس زادوکس) خاتمه می یابد و غلظت آب دانه بتدریج کاهش می یابد ولی حالت نرم و خمیری دانه حفظ می شود. در مراحل اولیه که خمیری نرم گفته می شود، نشاسته و مواد مغذی دانه به سرعت افزایش می یابد و بیشتر وزن خشک دانه در این مرحله شکل می گیرد. در پایان این مرحله رنگ سبز دانه بتدریج کاهش یافته و دانه وارد مرحله خمیری سخت می شود. در این مرحله بتدریج رنگ سبز گلووم ها و پدانکل نیز کم رنگ شده و غلظت آب دانه تا حدود ۳۰ درصد کاهش می یابد که نشان دهنده وارد شدن به مرحله رسیدن فیزیولوژیک دانه می باشد (شکل ۹).



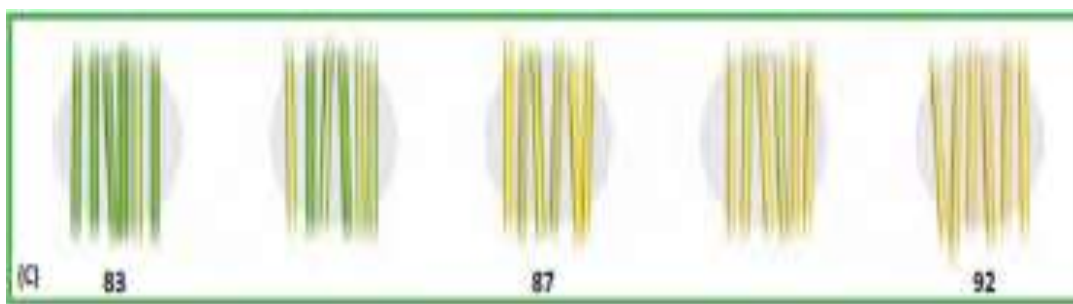
(الف)

(ب)

شکل ۹. مراحل خمیری شدن دانه: الف) خمیری نرم (کد ۸۳ مقیاس زادوکس) ب) خمیری سخت (کد ۸۷ مقیاس زادوکس)

۱۱. رسیدن فیزیولوژیکی (Physiological Maturity)

زمانی که دانه به حالت خمیری سخت درآمد و اندام های هوایی شروع به تغییر رنگ از سبز به زرد کردند، رسیدن فیزیولوژیکی اتفاق می افتد (کد ۹۱-۸۹ مقیاس زادوکس در شکل ۱۰). رسیدن فیزیولوژیکی مرحله ای است که دانه به حد اکثر رشد خود رسیده است و از آن به بعد به وزن خشک آن افزوده نمی شود. در شرایط مزرعه زمانی را بعنوان رسیدن فیزیولوژیکی گندم در نظر می گیرند که در ۵۰ درصد از گیاهان پدانکل بطور کامل زرد شده باشد و پوشینه های دانه نیز در حال تغییر رنگ می باشند (شکل ۱۰ و ۱۱). در این مرحله انتقال مواد به دانه متوقف می شود و دانه حدود ۳۰ درصد رطوبت دارد.



شکل ۱۰. مرحله رسیدن فیزیولوژیکی در گندم (کد ۹۱-۸۹ مقیاس زادوکس)



شکل ۱۱. مرحله رسیدن فیزیولوژیکی در مزرعه گندم (کد ۸۹-۹۱ مقیاس زادوکس)

۱۲. رسیدگی کامل (Harvest Ripe)

در این مرحله نموی گیاه به رنگ زرد در آمده و میزان آب دانه به سطح ۲۵-۲۰ درصد کاهش یافته و دانه سخت می شود. بطوریکه، دانه اگر در بین ناخن های دو انگشت شست و اشاره تحت فشار معمولی قرار گیرد، شکسته نشده و فرورفتگی نیز در سطح آن دیده نمی شود. با گذشت زمان و بتدریج، رطوبت دانه کمتر شده و هنگامی که رطوبت دانه به ۱۳ الی ۱۴ درصد می رسد، امکان اثرگذاری بر روی سطح دانه با انگشتان دست وجود نداشته و خراش دانه با وسایل دیگر منجر به شکسته شدن آن می شود. در این مرحله دانه کاملاً رسیده است و پس از خشک شدن کامل اندام های هوایی گیاه، محصول آماده برداشت با کمباین می باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. مرحله رسیدگی برداشت در مزرعه (کد ۹۳ مقیاس زادوکس)

جدول ۲. فرم ثبت مراحل فنولوژیکی و پایش وضعیت رویشی گندم

سال:	ایستگاه:	محصول:	رقم:								
Year:	Station:	Crop:	Variety:								
ملاحظات	میانگین تعداد علف های هرز در متر مربع	تراکم بوته در متر مربع	ارتفاع بوته (سانتی متر)	درصد بوته ها در هر مرحله	تعداد بوته ها در هر مرحله در تکرار (یک متر مربع)				تاریخ	مراحل رشد بر اساس مقیاس زادوکس	مراحل فنولوژیکی
					تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۳	تکرار ۴			
											کاشت Sowing
											سبز شدن Emergence
											ظهور نصف برگ چهارم روی ساقه اصلی و شروع پنجه زنی Appearance of 1/2 of 4th Leaf on Main Stem & appearance of 1st tiller
											شروع طویل شده ساقه (تشکیل سنبله انتهایی) قابل لمس بودن اولین گره روی ساقه اصلی Commencement of stem elongation (Terminal Spikelet), First Node is Detectable on the Main Stem
											آبستنی / چکمه ای Booting
											ظهور سنبله Spike Emergence
											گرده افشانی / ظهور بساک Anthesis
											رسیدن فیزیولوژیکی Physiological Maturity

منابع مورد استفاده:

- ۱- سعیدی، ع. و اسماعیل زاده مقدم، م. ۱۳۷۹. مراحل رشد و نمو گندم، جو و یولاف وحشی. نشر آموزش کشاورزی. ۳۸ صفحه
- ۲- جلال کمالی، م. ر. و شریفی، ح. ر.، خدارحمی، م.، جوکار، ر. ترکمان، ه. و قویدل. ن. ۱۳۸۶. تغییرات مراحل نمو و روابط آن با عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در شرایط مزرعه: فنولوژی. مجله نهال و بذر جلد ۲۳ (۴): ۴۴۵-۴۷۲
- 3- Kirby, E. J. M. and Margaret Appleyard. 1987. Cereal Developmental Guide. p. 95
- 4- Reynolds, M. P., A. Pask and D. Mullan. (Eds.) 2012. Physiological Breeding I: Interdisciplinary Approaches to Improve Crop Adaptation. Mexico, D. F.: CIMMYT. p. 174.
- 5- Pask, A., J. Pietragalla, D. Mullan and M. P. Reynolds. (Eds.) 2012. Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. Mexico, D. F.: CIMMYT. p. 132.