بسم الله الرحمن الرحيم

رشد و نمو کلزا

تألیف:

جان ادواردس و کتی هرتل

۲۰۱۱

مترجمان:

دکتر علی شاهنظری

عضو هیأت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

سمیرا نمازی

دانشجوی دکتری بیماری‌شناسی گیاهی دانشگاه زابل

سعادت اسفندیاری

دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

ولی‌الله رامئه

عضو هیأت علمی بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

سرشناسه	:	ادواردز، جان Edwards, Jan
عنوان و نام پدیدآور	:	رشد و نمو کلزا/ تالیف جان ادواردس، کتی هرتل؛ مترجمان علی شاه‌نظری... [و دیگران]
مشخصات نشر	:	ساری: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۴۰۰
مشخصات ظاهری	:	۱۷۴ ص. : مصور(بخش رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (رنگی)
شابک	:	978-622-6860-56-7
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: .Canola growth & development,2011
یادداشت	:	مترجمان علی شاهنظری، سمیرا نمازی، سعادت اسفندیاری، ولی الله رامئه یادداشت
	:	واژه نامه .
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	کلزا -- رشد Rape (Plant) -- Growth کلزا -- کاشت Rape (Plant) -- Planting کلزا -- استرالیا Rape (Plant) -- Australia
شناسه افزوده	:	هرتل، کتی
شناسه افزوده	:	Hertel, Kathi
شناسه افزوده	:	شاه‌نظری، علی، ۱۳۵۱ - ، مترجم
شناسه افزوده	:	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
رده بندی کنگره	:	SB۲۹۹
رده بندی دیویی	:	۶۳۳/۸۵۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۸۷۵۱۰۲۷
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

داوری علمی و تأیید شده در معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

رشد و نمو کلزا

مترجمان	:	علی شاه‌نظری، سمیرا نمازی، سعادت اسفندیاری، ولی الله رامئه
ناشـــر	:	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
ویراستار ادبی	:	دکتر محمدرضا دیری
تیـــراژ	:	۱۰۰۰ نسخه
نوبت چاپ	:	اول ، ۱۴۰۰
قیمت	:	۲۵۰۰۰۰ تومان
چاپ	:	نوروزی

هر گونه چاپ و تصویربرداری به هر شکل و تکثیر صفحات کتاب ممنوع می‌باشد.

مرکز نشرو پخش: تلفن :۰۱۱۳۳۶۸۷۴۳۷ فاکس :۰۱۱۳۳۶۸۷۴۴۲

فهرست مطالب

مقدمه..... ۱

رشد کلزا..... ۱
تولید استان نیوساوت ولز استرالیا..... ۱
اسید اروسیک: یک اسید چرب با یک باند غیراشباع (امگا-۹)..... ۲
گلوکوزینولات ها:..... ۲
ارقام کنولا (کانولا)..... ۳
ارقام متداول..... ۳
کلزای مقاوم به تریازین..... ۵
ارقام هیبرید..... ۵
ارقام ویژهی کلزا، حاوی اسید چرب اولئیک بالا و اسید چرب لینولنیک پایین (HOLL)..... ۶
کلزاهای مقاوم به ایمیدازولینون (IMI)..... ۶
خردل هندی..... ۶
خردل خوراکی- خردل هندی..... ۷
ارقام متحمل به راناپ (Rundup Ready)..... ۷
ارقام زمستانهی مناسب برای چرای دام..... ۸
چرخهی رشد کلزا..... ۸
تعریف مراحل رشد کلزا..... ۹
مقیاس رشد اعشاری..... ۱۲
گیاه کلزا..... ۱۲
برگها..... ۱۲
ساقه و شاخهها..... ۱۳
ریشهها..... ۱۵
رشد نامحدود..... ۱۶
گلها..... ۱۶
غلافها..... ۱۷

بذر ۱۷
در زمان رسیدگی کلزا، دانه‌ی آن شامل: ۱۹
روغن کلزا ۲۰
کنجاله‌ی دانه ۲۱
References and further readin ۲۲
فصل اول ۲۳
جوانه‌زنی و سبزشدن ۲۳
جوانه‌زنی ۲۴
مراحل رشد ۰/۰ – ۰/۳ ..... ۲۵
مرحله‌ی اول – جذب آب ۲۶
مرحله دوم – فاز تأخیر ۲۶
مرحله‌ی سوم – جوانه‌زنی قابل مشاهده ۲۷
سبزشدن ۲۷
مراحل رشدی ۱/۰-۰/۶ ..... ۲۷
استقرار ۲۸
خواب دانه ۲۹
رطوبت ۳۰
ماندابی ۳۰
دما ۳۱
جوانه‌زنی ۳۱
سبزشدن ۳۱
اندازه‌ی بذر ۳۵
کیفیت دانه ۳۵
اندازه‌ی دانه ۳۶
زمان برداشت ۳۶
کلروفیل دانه ۳۶
مراقبت از دانه ۳۷
انبارداری دانه ۳۷

کاشت ۳۹
pH خاک ۳۹
بستر بذر ۴۱
عمق کاشت ۴۲
تغذیه ۴۴
نیتروژن (N) ۴۶
سطوح فسفر در گیاه ۴۷
نیاز گیاه به فسفر ۴۸
جایگذاری کود فسفره ۴۸
کمبود فسفر ۴۸
گوگرد (S) ۴۹
روی (Zn) ۴۹
تراکم گیاه ۴۹
فاصله‌ی ردیف ۵۰
پوشش بقایای گیاهی ۵۰
اثرات کاه و کلش بر تابش نور ۵۱
اثرات دمائی بقایای گیاهی ۵۲
در مزرعه ۵۳
اندازه‌ی دانه ۵۳
عمق کاشت ۵۶
ابزارهای کاشت و جایگذاری دانه ۵۷
استقرار ۵۸
تراکم گیاه ۵۸
منابع ۶۰
فصل دوم ۶۳

رشد رویشی ۶۳
رشد رویشی ۶۶
رشد ریشه ۶۶

مقدار رشد ریشه ۶۶
چگالی ریشه ۶۷
عمق ریشه ۶۷
عوامل محدودکننده‌ی نفوذ ریشه ۶۹
گلوکوزینولات‌های ریشه ۷۰
رشد برگ – مراحل رشدی ۲/۰–۱/۰ ۷۱
تشکیل روزت: مرحله رشدی ۲/۰ ۷۲
شاخه‌دهی ۷۲
طویل‌شدن ساقه: مرحله‌ی رشدی ۲/۹–۲/۰ ۷۳
عوامل تأثیرگذار بر رشد رویشی ۷۴
فتوسنتز و تنفس ۷۴
تعرق ۷۶
تجمع ماده‌ی خشک و سطح برگ ۷۶
شاخص سطح برگ ۷۶
تجمع ماده‌ی خشک ۸۰
دما ۸۳
یخبندان ۸۴
رطوبت ۸۴
تنش رطوبتی در طول مراحل روزت و طویل‌شدن ساقه ۸۵
تنش غرقابی ۸۶
تغذیه ۸۷
نیتروژن ۸۷
علائم کمبود نیتروژن ۸۹
گوگرد ۹۰
کمبود گوگرد ۹۰
پتاسیم ۹۱
کلسیم ۹۱
منگنز ۹۲

روی ۹۲
بُر ۹۲
چرای دام ۹۳
کود سرک نیتروژن و گوگرد ۹۸
پایش مزرعه برای آفات، بیماری‌ها و آسیب ۹۸
منابع ۹۹
فصل سوم ۱۰۱
نمو زایشی ۱۰۱
نمو زایشی ۱۰۳
شروع گل ۱۰۳
توسعه‌ی غنچه‌ی گل ۱۰۴
مرحله‌ی رشدی ۳/۹–۳/۰ ..... ۱۰۴
مرحله‌ی غنچه‌ی زرد، مرحله‌ی رشدی ۳/۷ ..... ۱۰۴
گلدهی، مراحل رشدی ۴/۹–۴/۰ ..... ۱۰۴
گرده‌افشانی ۱۰۹
عوامل تأثیرگذار بر نمو زایشی ۱۱۰
تنش رطوبتی ۱۱۱
تنظیم اسمزی ۱۱۱
دما ۱۱۲
سرما و یخبندان ۱۱۲
طول دوره‌ی گرما ۱۱۷
طول دوره‌ی نوری ۱۱۹
بهاره‌سازی ۱۲۰
زودرسی ۱۲۰
رسیدگی گیاه ۱۲۰
عناصر غذایی ۱۲۲
نیتروژن ۱۲۲
گوگرد ۱۲۳

کمبود بر ۱۲۳
چرای کلزا ۱۲۵
برداشت علوفه‌ای محصول نارس ۱۲۵
فصل چهارم ۱۳۳
نمو دانه و غلاف ۱۳۳
نمو غلاف و دانه ۱۳۶
نمو غلاف ۱۳۶
مراحل رشدی ۵/۹ – ۵/۱ ..... ۱۳۶
نمو دانه: مرحله‌ی رشدی ۶/۷–۶/۱ ..... ۱۳۷
مرحله‌ی اول: بزرگ شدن اندازه‌ی دانه، مرحله‌ی رشدی ۶/۱ ..... ۱۳۷
مرحله‌ی دوم: پرشدن دانه، مراحل رشدی ۶/۱–۶/۳ ..... ۱۳۸
مرحله‌ی سوم: مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوِیکی، مراحل رشد ۶/۸–۶/۴ ..... ۱۳۹
رسیدگی مناسب برداشت، مرحله‌ی رشدی ۶/۸ ..... ۱۴۰
منابع مواد پرورده برای رشد غلاف و دانه ۱۴۲
پروتئین ۱۴۲
کربوهیدرات‌ها ۱۴۳
روغن ۱۴۴
کلروفیل ۱۴۷
رقابت میان قسمت‌های مختلف گیاه ۱۴۷
تابش خورشیدی ۱۴۸
عوامل تأثیرگذار بر نمو دانه ۱۵۰
رطوبت ۱۵۰
تنش رطوبتی ۱۵۰
دما ۱۵۰
تنش گرما ۱۵۰
یخبندان ۱۵۲
نیتروژن ۱۵۳
گوگرد ۱۵۳

زمان کاشت..... ۱۵۵
بیماری..... ۱۵۵
ساق‌سیاه..... ۱۵۵
پوسیدگی سفید ساقه..... ۱۵۷
آفات..... ۱۵۸
اثر چرای دام بر عملکرد کلزا..... ۱۵۸
عملکرد..... ۱۵۸
بیماری..... ۱۵۸
اندازه‌گیری عملکرد محصول..... ۱۶۱
عملکرد..... ۱۶۱
تراکم غلاف..... ۱۶۱
تعداد دانه در غلاف..... ۱۶۲
وزن دانه..... ۱۶۳
جبران عملکرد..... ۱۶۴
شاخص برداشت..... ۱۶۴
کارایی مصرف آب..... ۱۶۴
منابع..... ۱۶۶

شکل‌ها

شکل-۱: ناحیه‌ی تولید کلزا در استرالیا (رنگ زرد) (منبع: DPI: Department of Primary Industries)..... ۲

شکل-۲:تولید و عملکرد کلزا در نیوساوت ولز در طول سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ (منبع: DPI)..... ۳

شکل-۳: مثلث U رابطه‌ی بین گونه‌های براسیکا و منشاء Brassica napus را نشان می‌دهد (منبع: DPI)..... ۴

شکل-۴.تفکیک B. napus از گونه‌های دیگر براسیکا. ب (منبع: DPI)..... ۵

شکل-۵.مراحل رشد کلزا (منبع: DPI)..... ۱۰

شکل-۶.اجزاء اصلی گیاه کلزا شامل برگ‌ها، ساقه، شاخه‌ها، ریشه‌ها، غلاف‌ها و بذور می‌باشند (منبع: DPI)..... ۱۲

شکل-۷.برگ کلزا (B. napus) (منبع: DPI)..... ۱۳

شکل-۸.غلاف برگ کلزا (B. napus)..... ۱۴

شکل-۹.ساقه کلزا (منبع: DPI)..... ۱۵

شکل-۱۰.گل‌های بالایی کلزا (منبع: DPI)..... ۱۶

شکل-۱۱.بذر براسیکا به‌صورت طولی (سمت چپ) و مقطع عرضی آن (راست) (منبع: DPI)..... ۱۷

شکل-۱۲.تفاوت بین شکل غلاف‌های خردل (تصویر سمت چپ) و کلزا (تصویر سمت راست) (منبع: DPI)..... ۱۹

شکل-۱۳.ساختار دانه‌ی کلزا (منبع: DPI)..... ۱۹

شکل- ۱۴.ترکیبات اصلی دانه‌ی کلزا (منبع: DPI)..... ۲۰

شکل۱-۱: مراحل جوانه‌زنی کلزا (منبع: DPI)..... ۲۵

شکل ۱-۲: بذور جوانه‌زده کلزا که آماس دانه، جدا شدن پوسته‌ی بذر، ظهور و توسعه‌ی ریشه‌چه و ظهور لپه را نشان می‌دهد (منبع: DPI)..... ۲۶

شکل ۱-۳: سبزشدن گیاه کلزا. سمت راست مرحله‌ی لپه‌ای، سمت چپ مرحله‌ی اولین برگ حقیقی (منبع: DPI)..... ۲۸

شکل۱-۴: احتمال اینکه دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری در ساعت ۹ صبح در منطقه‌ی کوورا کمتر از ۱۰ درجه‌ی سلسیوس باشد. NSW(1960-2009)..... ۳۲

شکل۱-۵: تأثیر دما بر درصد جوانه‌زنی کلزا رقم وستار (منبع: DPI)..... ۳۳

شکل۱-۶: تأثیر دما روی درصد سبزشدن (منبع: DPI)..... ۳۴

شکل۱-۷: محدودیت‌های احتمالی ذخیره‌سازی غیرایمن برای رقم‌های کلزای استرالیایی (منبع: DPI)..... ۳۸

شکل ۱-۸: تأثیر غلظت آلومینیوم روی ریشه‌های کلزا (منبع: DPI)..... ۴۰

شکل ۱-۹: اثرات کاربرد آهک بر مقدار سبزشدن و جمعیت کلزا (منبع: DPI)..... ۴۱

شکل ۱-۱۰: تأثیر عمق کاشت بر تراکم و عملکرد گیاه (منبع: DPI)..... ۴۲

شکل ۱-۱۱: تأثیر فاصله‌ی ردیف بر عملکرد دانه‌ی کلزا در منطقه‌ی کوورا در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ (منبع: DPI)..... ۵۱

شکل ۱-۱۲: تأثیر ۵ تن برهکتار کاه و کلش گندم روی سبزشدن کلزا (منبع: DPI)..... ۵۲

شکل ۱-۱۳: متوسط دمای هوای اندازه‌گیری‌شده در الف) سطح خاک و ب) در کاه و کلش (منبع: DPI)..... ۵۳

شکل ۲-۱: تغییر در ماده‌ی خشک و سطح ویژه‌ی ریشه در عمق ۱۰۰-۰ سانتی‌متری نیمرخ خاک، از مرحله‌ی سبزشدن تا پایان گلدهی..... ۶۸

شکل ۲-۲: مقایسه‌ی تجمع ماده‌ی خشک بالای سطح خاک (برگ‌ها و ساقه) و زیر سطح خاک (ریشه‌ها) (منبع: DPI)..... ۶۹

شکل ۲-۳: اولین (چپ) و دومین برگ (راست) حقیقی کلزا (منبع: DPI)..... ۷۱
شکل ۲-۴: برگ کلزا (منبع: DPI)..... ۷۲
شکل ۲-۵: غنچه‌ی گل نشأت‌گرفته از گوشه‌ی برگ کلزا (منبع: DPI)..... ۷۲
شکل ۲-۶: کلزا (رقم اسکیپتون) در مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه و اوایل گلدهی (منبع: DPI)..... ۷۴
شکل ۲-۸: فرآیند تنفس..... ۷۵
شکل ۲-۹: رابطه‌ی بین شاخص سطح برگ و مقدار رشد محصول (منبع: DPI)..... ۷۸
شکل ۲-۱۰: تولید مادهی خشک (DM) و شاخص سطح برگ (LAI) (منبع: DPI)..... ۷۹
شکل ۲-۱۱: شاخص سطح برگ گیاه کلزا در مناطق نورتام در استان WA و کوورا در استان NSW (منبع: DPI)..... ۸۰
شکل ۲-۱۲: سهم فتوسنتز اجزاء مختلف گیاه کلزا (منبع: DPI)..... ۸۲
شکل ۲-۱۳: تجمع مادهی خشک در مراحل مختلف رشد کلزا در مناطق کوورا و مولوا (منبع: DPI)..... ۸۳
شکل ۲-۱۴: تأثیر تنش غرقابی بر عملکرد (منبع: DPI)..... ۸۷
شکل ۲-۱۵: اثرات تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر تولید مادهی خشک در کلزا در منطقه‌ی کوورا (منبع: DPI)..... ۸۹
شکل۳-۱ توسعه‌ی غنچه‌ی گل، مرحله‌ی غنچه‌ی سبز (منبع: DPI)..... ۱۰۵
شکل۳-۲ توسعه‌ی غنچه‌ی گل، مرحله‌ی غنچه‌ی زرد (منبع: DPI)..... ۱۰۵
شکل۳-۳ شروع دوره‌ی گلدهی (مرحله‌ی رشدی ۴/۱) (منبع: DPI)..... ۱۰۵
شکل۳-۴ شروع گلدهی (مرحله‌ی رشدی ۴/۲) (منبع: DPI)..... ۱۰۶
شکل۳-۵ گلدهی (منبع: DPI)..... ۱۰۶
شکل۳-۶ گلدهی (مرحله رشدی ۴/۸) (منبع: DPI)..... ۱۰۷

شکل۳–۷ تعداد کل گل‌هایی که در فواصل روزانه در تمام گیاه باز شدند و آن‌هایی که غلاف‌های حفظ‌شده تا زمان رسیدگی را تشکیل داده‌اند(ستون‌های سایه‌دار) (منبع: DPI)..... ۱۰۸

شکل۳–۸ . گرده‌افشانی کلزا (منبع: DPI)..... ۱۰۹

شکل۳–۹ تأثیر تیمار تنش گرمایی بر باروری گیاهان کلزا (منبع: DPI)..... ۱۱۴

شکل۳–۱۰ حساسیت گل‌های روی خوشه‌ی اصلی به یخبندان (اولین گل باز شده) (منبع: ۱۱۵

شکل۳–۱۱ تأثیر یخبندان بر تعداد بذور هر غلاف بر روی خوشه‌ی اصلی (اولین گل باز شده‌است) (منبع: DPI)..... ۱۱۶

شکل۳–۱۲ حساسیت تخمک‌های خوشه‌ی اصلی به یخبندان (منبع: DPI)..... ۱۱۷

شکل۳–۱۳ تغییرات در زمان گرمایی در عرض ۵ سال برای ماه می در منطقه‌یکوورا (منبع: DPI).... ۱۱۸

شکل۳–۱۴ تأثیر زمان کاشت در غلظت نیتروژن در ساقه‌های کلزا و خردل در آریاپارک NSW (منبع: DPI)..... ۱۲۲

شکل۳–۱۵ جذب نیتروژن در یک محصول با تلقیح خوب (منبع: DPI)..... ۱۲۴

شکل (۳–۱۶) تأثیر زمان برداشت بر عملکرد و قابلیت هضم کلزا. DMD قابلیت هضم ماده‌ی خشک (منبع: DPI)..... ۱۲۸

شکل۴–۱ توسعه‌ی غلاف به محض تلقیح گل شروع می‌شود. غلاف‌دهی پیش از آن‌که گل‌های بالایی بارور شوند، از شاخه‌های پایین‌تر شروع می‌شود (منبع: DPI)..... ۱۳۷

شکل۴–۲ مرحله‌ی نمو دانه، ۱: بزرگ شدن دانه (منبع: DPI)..... ۱۳۸

شکل۴–۳ تغییر رنگ دانه در کلزا (منبع: DPI)..... ۱۳۹

شکل۴–۴ الگوهای رشد در دیواره‌های غلاف و دانه‌ی کلزا (منبع: DPI)..... ۱۴۰

شکل۴–۵ کلزایی که با دست درو شده‌است (منبع: DPI)..... ۱۴۱

شکل۴-۶ تغییر رنگ کلزا، ۴۰ درصد بذور از رنگ سبز به رنگ رسیدگی تغییر رنگ می‌دهند (منبع: DPI)..... ۱۴۱

شکل۴-۷ تأثیر دروی دستی (سنجش از طریق درصد تغییر رنگ بذور) روی مقدار عملکرد و روغن (منبع: DPI)..... ۱۴۲

شکل۴-۸ الگوی غلظت روغن در بذور(منبع: DPI)..... ۱۴۵

شکل۴-۹ درصد روغن دانه پس از گلدهی در ارقام دروم، هایولا، مانتی، کارو و اوسکار در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷ در غرب استرالیا (منبع: DPI)..... ۱۴۶

شکل۴-۱۰ شاخص سطح سبز در مراحل مختلف توسعه‌ی کلزا رقم رافال (منبع: DPI)..... ۱۴۹

شکل۴-۱۱ اثرات کود نیتروژن بر عملکرد دانه و غلظت روغن در ولینگتون و پارکس..... ۱۵۴

شکل۴-۱۲ پاسخ کلزا به کاربرد کود گوگرد در منطقه‌ی ولینگتون نیوساوتولز در سال ۱۹۹۲..... ۱۵۶

شکل ۴-۱۳ شته‌ها بر روی گل‌آذین گیاه (منبع: DPI)..... ۱۵۸

شکل ۴-۱۴ تعداد بذور هر غلاف به عنوان تابعی از موقعیت غلاف‌ها بر روی شاخه‌های مختلف. تیمارها شامل:(منبع: DPI)..... ۱۶۳

شکل۴-۱۵ بازه‌ی راندمان مصرف آب با معادله‌ی فرنچ و شولدز اصلاح شده‌است (منبع: DPI)..... ۱۶۵

جداول

جدول۱–۱: تأثیر مقدار رطوبت خاک روی درصد نهایی سبزشدن و تعداد روزهایی که نیاز است تا ۵۰ درصد دانه‌ها جوانه بزنند..... ۳۰

تعداد روز تا جوانه زدن ۵۰ درصد از دانه‌ها..... ۳۰

جدول۱–۲: تأثیر اندازه‌ی دانه و عمق کاشت در استقرار گیاه..... ۳۵

جدول۱–۳: تغییرات در درصد جوانه‌زنی نمونه‌های کلزا در دما و زطوبت‌های مختلف..... ۳۹

جدول۱–۴: تأثیر عمق کاشت روی استقرار گیاه (تعداد بوته در مترمربع). آزمایش کاشت در منطقه‌ی مینگنیو در غرب استرالیا در فواصل ۱۸ سانتی‌متر انجام شده‌است. (منبع: DPI)..... ۴۳

جدول ۱–۵: تاریخ‌های توصیه شده برای کاشت کلزا در منطقه‌ی نیوساوتولز. (منبع: DPI)..... ۴۴

جدول ۱–۶: مقادیر عناصرغذایی تخلیه‌شده از خاک به ازای هر تن کلزا (منبع: DPI).....۴۵

جدول ۱–۷: مقادیر کود نیتروژنی که می‌توان به‌همراه دانه استفاده نمود و به روش شاخص استفاده از بستر دانه، محاسبه شده است..... ۴۷

جدول ۲–۱: اثرات زمان کاشت و مقدار کود نیتروژن استفاده‌شده (کیلوگرم برهکتار) بر تعداد برگ هر بوته‌ی کلزا در منطقه‌ی کوورا..... ۸۸

جدول۲–۲: زیست‌تودهی کلزا (تن/هکتار) قبل و یک هفته بعد از چرای دام. آزمایش زراعی در ایستگاه تحقیقاتی گینیندرا در کانبرا ۲۰۰۵–۲۰۰۴..... ۹۴

جدول۳–۱ درجه–روز رشد مورد نیاز برای هر مرحله از رشد گیاه کلزا..... ۱۱۹

جدول۳–۲ طیف وسیع مراحل نموی که با تاریخ کاشت‌های مختلف اتفاق می‌افتد..... ۱۲۱

جدول۳–۳ تأثیر چرا بر زمان گلدهی..... ۱۲۵

جدول (۳–۴) تغییرات در ترکیب ماده‌ی خشک، پروتئین خام و انرژی متابولیسمی با زمان برداشت کلزا (علوفه‌ای)..... ۱۲۷

جدول ۳–۵ کیفیت علوفه‌ی کلزا در سال ۲۰۰۶ و در زمان برداشت در جنوب NSW..... ۱۲۹

جدول۴–۱ تأثیر زمان کاشت در غلظت‌های نیتروژن دانه‌ی کلزای کاشت در آریاه پارک در NSW. مقدار نیتروژن استفاده شده در زمان کاشت ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک بود..... ۱۴۳

جدول۴–۲ ضرایب همبستگی میان متغیرهای محیطی در کیفیت دانه..... ۱۴۷

جدول۴–۳ عملکرد دانه و اجزاء عملکرد کلزا در رقم مانتی و در شرایط مطلوب رطوبتی که تحت تنش یک بار رطوبتی در شرایط گلخانه‌ای و در مراحل مختلف رشد می‌باشد..... ۱۵۱

جدول۴–۴ تأثیر دما و تنش رطوبتی اعمال‌شده در پایان گلدهی تا مرحله‌ی رسیدگی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و مقدار روغن کلزا..... ۱۵۲

جدول۴–۵ تأثیر دما بر مقدار روغن کلزا در رقم وستار..... ۱۵۲

جدول ۴–۶ اثرات مهم تاریخ کاشت بر عملکرد و غلظت روغن دانه در منطقه‌ی کاندوبلین در سال ۲۰۰۲. ..... ۱۵۷

جدول۴–۷ اثر چراندن کلزا بر مقدار روغن و عملکرد. آزمایش مزرعه‌ای در ایستگاه آزمایشگاهی گنیندرا در کانبرا در سال ۲۰۰۵–۲۰۰۴..... ۱۵۹

جدول۴–۸ اثر زمانبندی چرای دام بر عملکرد و شدت بیماری ساق‌سیاه (درصد مقطع عرضی ساقه‌ی عفونی‌شده) برای ارقام کاشت در منطقه‌ی یانگ نیوساوتولز..... ۱۶۰

جدول۴–۹ اثر زمانبندی و مدت چرای دام بر عملکرد و میزان بیماری ساق‌سیاه در رقم کلزای تندرتی تی در سال ۲۰۰۷ در منطقه‌ی گالونگ نیوساوتولز..... ۱۶۱

بسمه تعالی

مقدمه

سالانه میلیون ها دلار برای واردات روغن یا دانه های روغنی از کشور خارج می شود، از طرف دیگر، مناطق زیادی از کشور امکان کشت دانه های روغنی وجود دارد تا رافع نیازهای کشور در این زمینه باشد یکی از سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی برای تامین روغن کشور توسعه کشت دانه های روغنی است. یکی از گیاهانی که در این زمینه بسیار مفید می‌باشد، گیاه کلزاست که در مناطق شمال کشو یک گزینه مناسب جهت کشت اول در تناوب با گندم و جو و همچنین کشت دوم (بعد از کشت برنج) معرفی می‌شود. در حال حاضر اراضی شالیزاری زیادی در فصل پائیز و زمستان بدون کشت می‌مانند و این درحالی است که کشت گیاهانی چون کلزا می‌تواند کمک بزرگی به کشاورزان این مناطق نماید، تا علاوه بر درآمدزایی برای کشاورزان در فصلی غیر از فصل کشت شالیزارها، کشورمان نیز در تولید دانه‌های روغنی به خودکفایی برسد. از سوی دیگر، در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای آماده‌سازی اراضی شالیزاری برای کشت دوم صورت گرفته‌است؛ مثل اجرای طرح‌های زهکشی اراضی شالیزاری که آب ماندگی‌ها را کم کرده و شرایط را مناسب کشت نمایند.

با توجه به مطالب ذکر شده و همچنین نیازهای جامعه‌ی کشاورزی در سایر مناطق کشور و برای شناخت بیشتر دانشجویان کشاورزی در مورد کلزا، روند رشد و توسعه این گیاه باید به‌صورت علمی‌تر بیان شود. برای این منظور، این کتاب، برگردان کتابی است که مربوط به این گیاه بوده، تا افرادی که زمینه‌ی کاری آن‌ها مربوط به گیاه کلزا می‌باشد، بتوانند از این کتاب استفاده نمایند.

این کتاب عاری از اشتباه نمی‌باشد و خوشحال می‌شویم، برای بهبود ترجمه کتاب در نسخه‌های آینده، ایرادهای موجود را از طریق ایمیل‌های ذیل به ما اطلاع دهید.

برگرداندگان:

دکتر علی شاهنظری (aliponh@yahoo.com)
سمیرا نمازی
سعادت اسفندیاری
ولی‌الله‌رامئه

مقدمه

رشد کلزا

کلزا به خانواده‌ی براسیکاسه[1] تعلق دارد. گونه‌های دیگر این خانواده شامل خردل، شلغم، تربچه‌ی وحشی، گل‌کلم، کلم و کلم‌بروکلی می‌باشد. این گونه‌ها برای استفاده از ریشه‌های خوراکی، ساقه‌ها، برگ‌ها، گل‌ها و بذور کشت می‌شوند.

کلزا گونه‌ی تغییر یافته‌ی Rapeseed می‌باشد. کلمه Rape از کلمه‌ی لاتین Rapum به معنای شلغم منشاء می‌گیرد. شلغم در ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد در هندوستان کشت می‌شده و بعداً در حدود سال ۲۰۰۰ بعد از میلاد به چین و ژاپن وارد شد. کشت آن در اروپا از قرن ۱۳ میلادی شروع شد و در سال ۱۹۶۹ اولین محصول تجاری در استرالیا کشت در نظر گرفته شد.

در سال ۱۹۸۸، تغییرات اصلاحی در کیفیت روغن Rapeseed منجر به تولید ارقام کنولای کلزا گردید. ارقام کنولا باید دارای روغنی باشند که کم‌تر از دو درصد اسید اروسیک داشته و مقدار گلوکوزینولات کنجاله آن کم‌تر از ۳۰ میکرومول بر گرم باشد. ارقام کنولای استاندارد استرالیایی به‌طور شاخص کم‌تر از ۵ درصد اسید اروسیک و کم‌تر از ۲۰ میکرومول بر گرم گلوکوزینولات دارند.

بذر کلزا برای تهیه‌ی روغن خوراکی آسیاب و از آن در آشپزی استفاده می‌شود. کنجاله که سرشار از پروتئین بوده، محصول جانبی تهیه‌ی روغن است که خوراک دام محسوب می‌شود.

بعد از گندم و جو، کلزا سومین محصول تولیدی در استرالیا می‌باشد. سالیانه حدود دو میلیون تن کلزا در استرالیا تولید می‌شود، به صورتی که نصف این مقدار در این کشور روغن‌گیری شده و باقی آن به کشورهای ژاپن، چین، پاکستان و بنگلادش صادر می‌شود.

تولید استان نیوساوت ولز[2] استرالیا

استان نیوساوت ولز حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد کل کلزای تولیدی کشور را تولید می‌کند. اگرچه کلزا، تقریباً در تمامی نواحی کشاورزی کشت می‌شود (شکل ۱)، اما کشت این محصول در نواحی مرکزی و جنوبی استان نیوساوت ولز متمرکز شده است، ناحیه‌ای که در آن کشت کلزا مهم‌ترین محصول تناوبی می‌باشد. محدودیت اصلی تولید کلزا، حساسیت آن به سطوح بالای آلومینیوم خاک می‌باشد.

تولید کلزا در شرایط فصلی در نیوساوت ولز، دچار نوسانات شدید است که روی قیمت هم تاثیر می گذارد (شکل ۲).

---

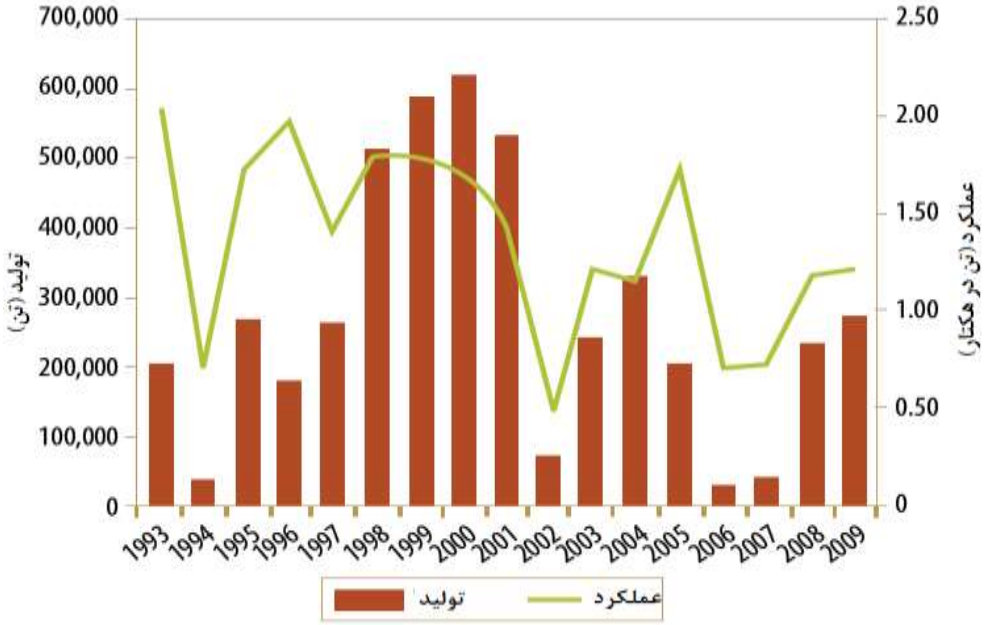
1 Brassicaceae
2 New South Wales

شکل-۱. ناحیه‌ی تولید کلزا در استرالیا (رنگ زرد) (منبع: DPI: Department of Primary Industries)

در طول سال‌های ۲۰۰۹ – ۱۹۹۳ تولید کلزا در این استان، به‌طور میانگین ۲۷۲،۵۰۰ تن در سال با متوسط عملکرد سالانه‌ی ۱/۳۵ تن درهکتار بوده‌است. بیشترین میزان تولید کلزا در این استان در سال ۲۰۰۰ به مقدار ۶۱۹،۰۰۰ تن بود و در سال زراعی ۲۰۰۷ که خشکسالی رخ داد تنها ۴۳۴۰۰ تن تولید شده‌است.

اسید اروسیک: یک اسید چرب با یک باند غیراشباع (امگا-۹)

گلوکوزینولات ها: ترکیبات مشتق شده از گلوکز و آمینواسیدها می‌باشند. این ترکیب مسئول طعم تند و تلخ مربوط به خردل چاشنی است. وقتی که بذور روغن‌گیری می‌شود، گلوکوزینولات‌ها در کنجاله دانه باقی می‌ماند.



شکل-۲. تولید و عملکرد کلزا در نیوساوت ولز در طول سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ (منبع: DPI).

ارقام کنولا (کانولا)

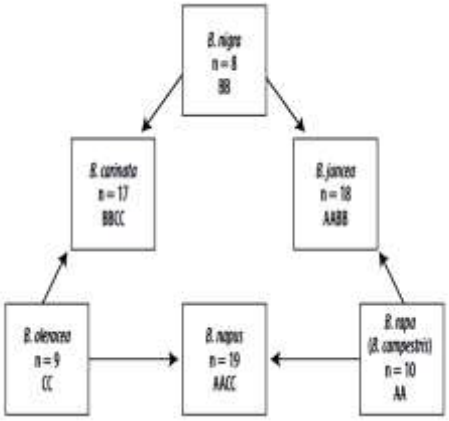
ارقام متداول

اولین ارقام rapeseed در سال ۱۹۶۹ از اروپا و کانادا به استرالیا وارد شدند. این ارقام در شرایط آب و هوایی استرالیا، دیرگلده و منحصر به مناطق پرباران بوده و همچنین مستعد بیماری ساق‌سیاه (فوما) نیز می‌باشند.

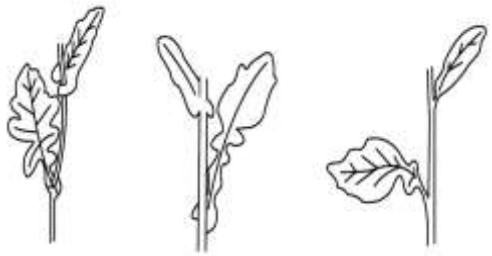
از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۸، روش‌های اصلاحی متداول برای بهبود عملکرد، سازگاری، مقاومت به بیماری ساق‌سیاه و کیفیت دانه (اسید اروسیک و گلوکوزینولات پایین) مورد استفاده قرارگرفت. این ارقام بر پایه‌ی شلغم روغنی (*B.rapa*) ایجاد گردیدند که با نام قبلی *B. campestris* شناخته می‌شوند و عموماً زودرس بوده و در برابر ریزش غلاف مقاوم هستند.

در سال ۱۹۸۸، اولین ارقامی که هم مقاوم به بیماری ساق‌سیاه بوده و عملکرد بالایی نیز داشتند، معرفی گردیدند. این گونه‌ها براساس ژرم‌پلاسم *B. napus* از آسیا و اروپا تهیه شده بودند. از این زمان، تغییرات اساسی برای اصلاح ارقام کلزای معمولی (*B. napus*) ایجاد گردید.

گمان می‌رود کلزای معمولی (*B. napus*) از دو رگ‌گیری (هیبراسیدسیون) شلغم طبیعی (*B. rapa*) و کلم (*B. oleracea*) منشاء گرفته باشد (شکل ۳). این ارقام از نظر شکل برگ‌های بالایی، از دیگر گونه‌ها متمایز می‌شوند. قسمت زیرین برگ نیمی از ساقه را در بر می‌گیرد (شکل ۴).



شکل-۳. مثلث U رابطه‌ی بین گونه‌های براسیکا و منشاء *Brassica napus* را نشان می‌دهد (منبع: DPI).



شکل-٤. تفکیک *B. napus* از گونه‌های دیگر براسیکا. برگ‌های کلزا (شکل وسط) تنها نیمی از ساقه را دربر می‌گیرد (شکل وسط). برگ‌های شلغم (*Brassica campestris*) (شکل چپ) ساقه را به‌طور کامل دربر می‌گیرد. برگ‌های خردل هندی (*Brassica juncea*) (شکل راست) ساقه را دربر نمی‌گیرد (منبع: DPI).

کلزای مقاوم به تریازین

ارقام کلزای مقاوم به تریازین اولین بار در سال ۱۹۹۳ با معرفی رقم سیرن[1] تجاری‌سازی شد. ژن‌های مقاومت به علفکش‌های گروه تریازین به ارقام رایج کلزا منتقل شده است. انتقال این ژن‌ها، مهار علف‌های هرز هم‌خانواده‌ی کلزا که قبلاً در ارقام معمولی کلزا قابل‌کنترل نبوده‌است را ممکن ساخت.

صفت مقاومت به تریازین به کاهش فعل و انفعالات حاصل از نفوذ نور در داخل زیست‌توده مربوط است (یعنی کاهش راندمان استفاده از تابش نور). بنابراین، ارقام مقاوم به تریازین عموماً گیاهچه‌های ضعیف‌تر تولید کرده و در نتیجه، زیست‌توده‌ی کم‌تری نیز تولید می‌نمایند. این مساله موجب ۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش عملکرد و یک تا سه درصد روغن کم‌تر درمقایسه با ارقام رایج می‌شود. اثر دیگر صفت مقاومت به تریازین، تأخیر در نمو گیاه می‌باشد.

ارقام هیبرید

ارقام هیبرید برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ عرضه شدند. ارقام هیبرید به‌وسیله‌ی گرده‌افشانی کنترل شده‌ی یک والد مادری توسط یک والد پدری (منبع پدری) تولید می‌شوند. ساختار ژنتیکی (هیبرید F_1) شامل بهترین خصوصیات هر دو والد می‌باشد که در قدرت رویش در مراحل اولیه‌ی رشد تجلی می‌یابد.

1 Siren

ارقام هیبرید به‌طور مشخص دارای بذور درشت‌تر، گیاهچه‌ی قوی‌تر و تولید زیست‌توده‌ی بیش‌تر می‌باشند.

ارقام ویژه‌ی کلزا، حاوی اسید چرب اولئیک[1] بالا و اسید چرب لینولنیک[2] پایین (HOLL)

ارقام ویژه‌ی کلزا از منظر افزایش اسید چرب اولئیک با یک باند غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب برخوردار از چند باند غیراشباع، با روش‌های اصلاح کلاسیک اصلاح شده‌اند. روغن این نوع کلزا دوام زیادتری به دماهای بالاتر دارد و برای سرخ‌کردن مناسب می‌باشد. این ارقام در قالب ارقام کیفی، با اسید اولئیک بالا و اسید لینولنیک پایین (HOLL) معرفی شدند.

کلزاهای مقاوم به ایمیدازولینون[3] (IMI)

این ارقام مقاوم به ایمیدازولینون‌ها، جزء ترکیبی فعال علفکش‌ها مانند آن‌دیوتی[4] و اینترویکس[5]، می‌باشند. آن‌ها بخشی از سیستم تولید محصول سالم[6]، هستند که تولید می‌شوند. ارقام کلزای مقاوم به IMI از جهش‌های طبیعی که در ارقام مرسوم رخ داده است، انتخاب شده‌اند. برخلاف ژن مقاوم به تریازین، ژن مسئول مقاومت به IMI با کاهش عملکرد ارتباطی ندارد.

خردل هندی

خردل هندی، ارقامی از *Brassica juncea* هستند که به‌دلیل طعم تند و فلفلی آن‌ها کشت می‌شوند. اگرچه خردل هندی مربوط به کلزای *juncea* می‌باشد، اما کیفیت غذا و روغن آن متفاوت است.. سطح گلوکوزینولات‌ها در خردل هندی پس از روغن‌گیری بسیار بیش‌تر است و مسئول طعم تند و زننده‌ی سس‌خردل می‌باشد. روغن آن مزه‌ی معطر متمایزی دارد، اما سطح اسید اروسیک آن به میزان محسوسی پایین بوده که آن را برای مصرف انسانی مناسب ساخته‌است. خردل هندی گیاه دانه‌ی روغنی مطلوبی در بسیاری از مناطق آسیای جنوبی، شمال و غرب چین و شرق روسیه می-

1 Oleic
2 Linolenic
3 Imidazolinone
4 OnDuty
5 Intervix
6 Clearfield

باشد. از خصوصیات بارز این گیاه مقاومت بیش‌تر آن در برابر خشکسالی و ریزش نسبت‌به کلزا می‌باشد.

خردل خوراکی- خردل هندی

ارقام خوراکی (کنولا یا کانولا) خردل، ارقام اصلاح شده‌ای از خردل هندی (*Brassica juncea*) می‌باشند که از نظر خصوصیات کیفی روغن و کنجاله در حد کلزای خوراکی می‌باشند. این ارقام دارای روغن با سطوح بالای اسید اولئیک و سطوح پایین اسید اروسیک می‌باشند و همچنین حاوی سطوح پایین گلوکوزینولات در کنجاله هستند (جدول الف). کنجاله‌ی خردل می‌تواند جایگزین کنجاله‌ی کلزا در تغذیه‌ی دام شود. خردل خوراکی همان استفاده نهایی کلزا را دارد وجایگزین مقاوم برای کلزا است که در برابر خشکی و گرما،در نواحی کم‌باران توسعه یافته‌است. این گیاه از قدرت جوانه‌زنی بالایی برخوردار می‌باشد (مشابه کلزای هیبرید) و همچنین مقاومت بیش‌تری نسبت به کلزا در برابر ریزش دارد. ازآنجایی‌که گیاه نسبتاً جدیدی می‌باشد، مطالعات اصلاح، انتخاب و زراعت آن به‌مانند کلزا پیش نرفته است. اولین رقم تجاری آن در سال ۲۰۰۷ ارائه شده‌است.

ارقام متحمل به رانداپ (Rundup Ready)

این گروه از ارقام کلزا به‌وسیله‌ی فن‌آوری مهندسی ژنتیک اصلاح شده‌اند (تراریخته)، که نسبت به علف‌کش گلیفوسیت[1](رانداپ) مقاوم هستند. این موضوع این امکان را می‌دهد که در مراحل اولیه‌ی رشد کلزا، علف‌کش گلیفوسیت را به‌صورت محلول پاشی استفاده نمود. اولین رقم آن در سال ۲۰۰۸ به‌صورت تجاری ارائه‌شد.

1 Glyphosate

جدول الف) خصوصیات کیفی عمده‌ی بذور کلزا، خردل خوراکی و خردل ادویه‌ای رشدیافته در شرایط کم‌باران

خصوصیت	کلزا دو صفر (کنولا)	خردل دو صفر(کنولا)	خردل هندی
درصد روغن	۳۶-۴۲	۳۴-۴۰	۳۴-۴۰
درصد اسید اولئیک	۵۷-۶۳	۵۷-۶۳	متغیر
درصد اسید لینولئیک	۱۸-۲۵	۱۸-۲۵	متغیر
درصد اسید لینولنیک	۸-۱۳	۸-۱۳	متغیر
درصد اسید اروسیک	کم‌تراز ۱	کم‌تر از ۱	۱-۲۰
گلوکوزینولات (میکرومول برگرم) در کنجاله حاوی ۱۰درصد رطوبت	کم‌تراز ۳۰	کم‌تراز ۳۰	۱۱۰-۱۶۰
آلیل گلوکوزینولات (میکرومول برگرم) در کنجاله حاوی ۱۰ درصد رطوبت	۰	کم‌تر از ۱	ناچیز

(منبع: DPI).

خردل صنعتی

خردل صنعتی ارقامی از *B. juncea* می‌باشد که به دلیل سطوح بالای اسید اروسیک یا گلوکوزینولات برای مصرف خوراکی مناسب نمی‌باشند. خردل صنعتی در تولیدات صنعتی نظیر سوخت زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ارقام زمستانه‌ی مناسب برای چرای دام

برخلاف ارقام دیگر کلزا که بهاره می‌باشند، ارقام زمستانه پیش از شروع دوره‌ی گلدهی نیازمند یک دوره سرمای (بهاره‌سازی) می‌باشند. این خصوصیت، آن‌ها را برای داشتن نقش دومنظوره مناسب می‌کند. می‌توان از این ارقام برای چرای دام در زمستان استفاده نمود و پس از آن تا زمان برداشت در اواخر بهار، دور از دسترس حیوانات نگه داشت. تا این زمان تنها یک رقم تجاری زمستانه وجود دارد.

چرخه‌ی رشد کلزا

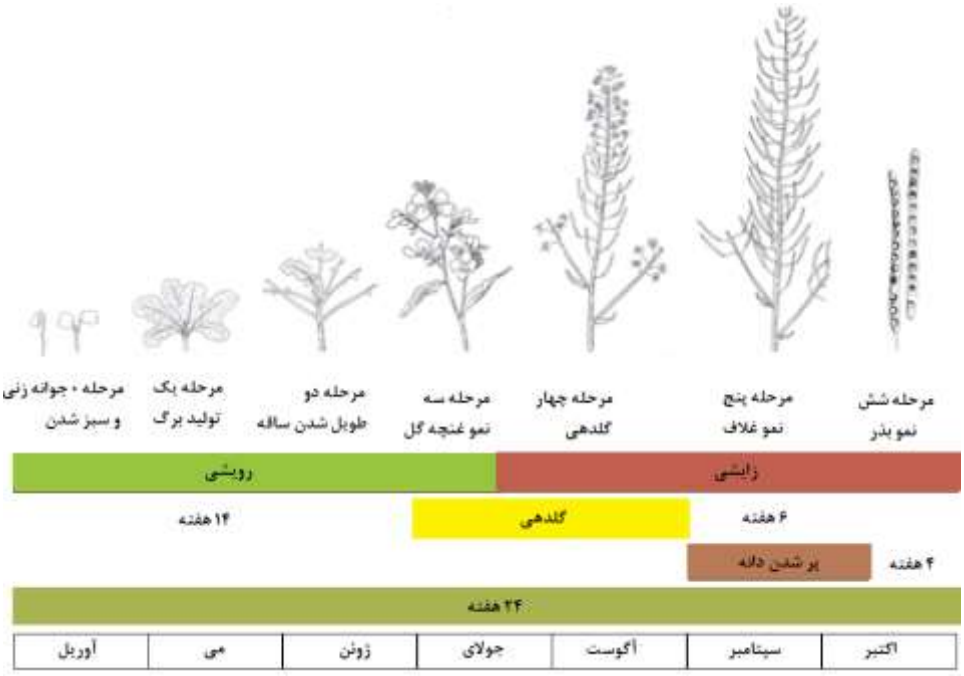
رشد و نمو گیاه کلزا فرآیند پیچیده‌ای است. در طول چرخه‌ی رشد گیاه، بسیاری از مراحل رشد با هم همزمانی دارند. رشد و نمو فرآیند پیوسته‌ای است، اما برای سهولت در بررسی می‌توان آن را به مراحل

قابل‌تشخیص تفکیک نمود. این مراحل در جدول(ب) نشان داده شده‌است. طول هر مرحله‌ی رشد تحت‌تأثیر دما، رطوبت، نور (طول روز)، تغذیه و رقم قرار می‌گیرد و در میان این عوامل، دما و رطوبت مهم‌ترین عوامل تنظیم‌کننده‌ی رشد و نمو کلزا هستند.

تعریف مراحل رشد کلزا

دوره‌ی رشد کلزا دارای هفت مرحله‌ی اصلی می‌باشد (جدول ب و شکل ۵). این مراحل با هم هم‌پوشانی یا هم‌زمانی دارند:

- جوانه‌زنی و سبزشدن (مرحله‌ی صفر)
- تولید برگ (مرحله‌ی یک)
- طویل‌شدن ساقه (مرحله‌ی دو)
- نمو غنچه‌ی گل (مرحله‌ی سه)
- گلدهی (مرحله‌ی چهار)
- نمو غلاف (مرحله‌ی پنج)
- نمو دانه (مرحله‌ی شش)
-



شکل-۵. مراحل رشد کلزا (منبع: DPI).

جدول ب) مراحل نمو کلزا (*B. napus*)

مرحله‌ی رشد	معیار اعشاری
دانه‌ی خشک	۰/۰
دانه‌ی آماس نموده	۰/۲
ظهور ریشه‌چه	۰/۴
ظهور محور زیرلپه	۰/۶
ظهور لپه	۰/۸
تولید برگ (برگ‌های ازبین رفته با اثر برجای گذاشته از خود شمارش می‌شوند)	
هر دو لپه باز و سبزشده	۱/۰۰
ظهور اولین برگ حقیقی	۱/۰۱
ظهور دومین برگ حقیقی	۱/۰۲
ظهور پنجمین برگ حقیقی	۱/۰۵
ظهور دهمین برگ حقیقی	۱/۱۰
ظهور بیستمین برگ حقیقی	۱/۲۰
گسترش ساقه	

میان‌گره‌ها قابل‌تشخیص نیست (روزت)	۲/۰۰
اولین میانگره‌ی قابل‌تشخیص	۲/۰۱
دومین میانگره‌ی قابل‌تشخیص	۲/۰۲
پنجمین میانگره‌ی قابل‌تشخیص	۲/۰۵
دهمین میانگره‌ی قابل‌تشخیص	۲/۱۰
بیستمین میان‌گره‌ی قابل‌تشخیص	۲/۲۰
نمو غنچه‌ی گل	
فقط جوانه‌ی برگ‌ها وجود دارد	۳/۰
غنچه‌ها وجود دارند، اما توسط برگ‌ها پوشانده شده‌اند	۳/۱
غنچه‌ها از بالا قابل‌مشاهده هستند (غنچه‌ی سبز)	۳/۳
غنچه‌ها از برگ‌ها بالاتر قرار می‌گیرند	۳/۵
اولین محور گل توسعه یافته‌اند	۳/۶
غنچه‌های اولیه زرد	۳/۷
بیشتر از نصف غنچه‌های گل به زردی گرائیدند	۳/۹
گلدهی	
بازشدن اولین گل	۴/۱
۲۰ درصد غنچه‌های روی گل‌آذین گل کرده‌اند یا درحال گل‌دادن هستند	۴/۲
۵۰ درصد غنچه‌های روی گل‌آذین گل کرده‌اند یا درحال گل‌دادن هستند	۴/۵
۸۰ درصد غنچه‌های روی گل‌آذین گل کرده‌اند یا درحال گل‌دادن هستند	۴/۸
همه‌ی غنچه‌های قابل‌مشاهده روی خوشه در پایان گلدهی هستند	۴/۹
نمو غلاف	
پایین‌ترین غلاف‌ها بیش از ۲ سانتی‌متر طول دارد	۵/۱
۲۰ درصد غنچه‌های بالقوه روی گل‌آذین بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر طول دارند	۵/۲
۵۰ درصد غنچه‌های بالقوه روی گل‌آذین بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر طول دارند	۵/۵
۸۰ درصد غنچه‌های بالقوه روی گل‌آذین بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر طول دارند	۵/۸
تمام غنچه‌های بالقوه بر روی گل‌آذین بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر طول دارند	۵/۹
نمو دانه	
ظهور دانه	۶/۱
بیش‌تر دانه‌ها نیمه‌شفاف هستند	۶/۲
بیش‌تر دانه‌ها سبز هستند	۶/۳
بیش‌تر دانه‌ها سبز با خال‌های قهوه‌ای هستند	۶/۴
بیش‌تر بذور قهوه‌ای هستند	۶/۵
بیش‌تر بذور قهوه‌ای تیره هستند	۶/۶
بیش‌تر بذور تیره اما نرم هستند	۶/۷
بیش‌تر بذور تیره و سفت هستند	۶/۸
همه‌ی بذور تیره و سفت هستند	۶/۹

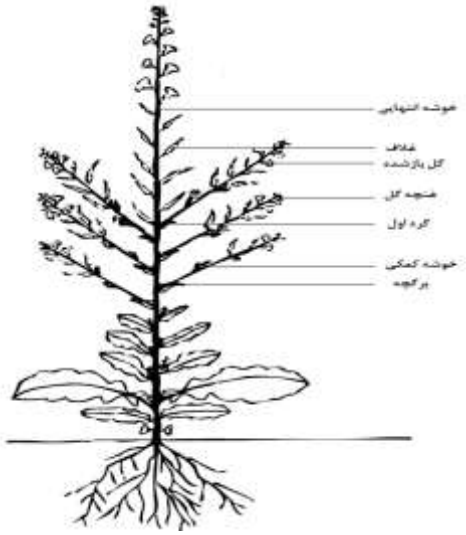
(منبع: DPI).

مقیاس رشد اعشاری

مدیریت مؤثر محصول به توانایی تعیین دقیق مرحله‌ی رشد محصول وابسته است. یک مقیاس رشد یک مرجع عمومی برای تعریف مراحل رشد فراهم می‌کند؛ برای مثال، می‌توان به اهمیت این موضوع در زمان کوددهی و کاربرد مواد شیمیایی اشاره‌کرد.

گیاه کلزا

کلزا گیاهی یک ساله و با ارتفاعی بین ۷۰ تا ۱۷۰ سانتی‌متر می‌باشد. در استرالیا، فصل رشد تیپ زمستانه‌ی کلزایی که در پاییز کشت شده و در اواخر بهار برداشت می‌شود، ۵ الی ۶ ماه طول می‌کشد. اجزاء اصلی گیاه کلزا برگ‌ها، ساقه، شاخه‌ها، ریشه‌ها، غلاف‌ها و بذور می‌باشند (شکل ۶).



شکل-٦. اجزاء اصلی گیاه کلزا شامل برگ‌ها، ساقه، شاخه‌ها، ریشه‌ها، غلاف‌ها و بذور می‌باشند (منبع: DPI).

برگ‌ها

این مرحله با ظهور اولین برگ حقیقی توسعه می‌یابد و کاملاً گسترش یافته و در لبه‌ها چین‌دار یا زائده‌دار می‌باشد. هر برگ در محل گره به ساقه وصل می‌شود. گیاه کلزا تعداد برگ مشخصی تولید نمی‌کند، به این صورت که یک گیاه با رشد مناسب بین ۱۰ تا ۱۵ برگ تولید می‌کند. پیرترین برگ‌ها در قاعده‌ی گیاه بزرگ‌ترین برگ‌ها هستند و جوان‌ترین برگ‌ها نیز کوچک‌ترین آن آن‌ها در نوک گیاه می-

باشند (اشکال ۷، ۸ و ۹). برگ‌های خردل (*B. juncea*) به رنگ سبز روشن بوده و دارای رگبرگ‌های دندانه‌دار می‌باشند. برگ‌های این گیاه در مقایسه با سطح برگ کلزا موجدار ظاهر می‌شوند (شکل ۷).

شکل-۷. برگ کلزا (*B. napus*) (منبع: DPI).

ساقه و شاخه‌ها

کلزا دارای یک ساقه‌ی اصلی می‌باشد که منجر به استقرار گیاه می‌گردد (شکل ۱۰). در امتداد ساقه، میان‌گره‌ها قرار دارند که بین ۱۵ تا ۲۰ میان‌گره در هر ساقه با فاصله‌ی ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر وجود دارد. ساقه‌ی اصلی بین ۷۰ تا ۱۷۰ سانتی‌متر طول دارد و در مرحله‌ی گلدهی به بیش‌ترین میزان طول خود می‌رسد. در انتهای ساقه‌ی اصلی نیز، گل‌آذین انتهایی قرار دارد. ساقه در تمام طول دوره‌ی رشد غلاف و دانه، یک جزء مهم فتوسنتزی محسوب می‌شود.

ضخامت ساقه به تراکم گیاه بستگی دارد. گیاهان در مزارع با تراکم پایین، ساقه‌های ضخیم‌تر و با مقاومت بیش‌تر به ورس ایجاد می‌نماید. خوابیدگی یا ورس حالتی است که سایه‌بان گیاهی افقی شده و یا به افق متمایل می‌شود و معمولاً به دلیل بارندگی و وزش باد شدید رخ می‌دهد.

شکل-۸. غلاف برگ کلزا (*B. napus*)

در زمان رسیدگی گیاه، بافت مرکزی ساقه معمولاً تخریب شده و لوله‌ی توخالی ایجاد می‌شود.

شاخه‌ها از جوانه‌های روی ساقه‌ی اصلی منشاء می‌گیرند و جوانه‌ها نیز در محور برگ‌ها تولید می‌شوند. شاخه‌ها معمولاً یک تا چهار برگ و یک جوانه تولید می‌کنند.

- قسمت مادگی گل برچه نامیده می‌شود. برچه شامل سه قسمت می‌شود:
- تخمدان؛ که پس از تلقیح دانه را تشکیل می‌دهد.
- خامه‌ها که از تخمدان توسعه می‌یابند.
- کلاله‌ها؛ رشته‌های ویژه‌ای هستند که گرده روی آن‌ها افتاده و جوانه می‌زند.

شکل-۹.ساقه کلزا (منبع: DPI).

ریشه‌ها

کلزا دارای یک ریشه‌ی اصلی می‌باشد. ریشه‌های راست عمودی عمل منبع مواد غذایی و فرآورده-های فتوسنتزی را انجام می‌دهند. ریشه‌های ثانویه نیز از ریشه‌های راست (اصلی) توسعه‌یافته و به سمت بیرون و داخل رشد می‌کنند. سیستم ریشه‌ی گیاه کلزای بالغ می‌تواند تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر نیز نفوذ نماید.

گیاه کلزا ریشه‌های ریز فراوانی با توانایی رشد و نفوذ در نواحی دارای مواد غذایی فراوان، مانند نوار یا دانه‌های کود گرانوله دارد. علاوه براین، سیستم ریشه‌ی کلزا می‌تواند تعداد و طول ریشه‌های مویین را در پاسخ به شرایط پایین فسفر افزایش دهد.

شکل-۱۰. گل‌های بالایی کلزا (منبع: DPI).

رشد نامحدود

برخی گیاهان مانند کلزا و حبوبات رشد نامحدود هستند، یعنی در یک دوره‌ی زمانی گل می‌کنند و در شرایط مناسب می‌توانند مجدداً گل تولید نمایند. این ویژگی درمقابل گیاهان رشد محدود مانند گندم قرار دارد که گل تنها در یک زمان کوتاه تشکیل می‌شود.

گل‌ها

کلزا گیاه رشد نامحدود است و قادر به تولید گل‌های زایشی جدید در بیش‌تر مواقع ا چرخه‌ی رشد خود می‌باشد.گل‌های کلزا زردرنگ بوده و دارای چهار گلبرگ و شش کلاله (شکل د) می‌باشند. این چهار گلبرگ که در قاعده باریک می‌شوند، شکل یک صلیب را تشکیل می‌دهند و نام خانوادگی اولیه‌ی کروسیفرا[۱۱] (اکنون براسیکاسه[۱۲]) از این خصوصیت نشأت گرفته‌است. گل‌ها در گل‌آذین انتهایی توسعه می‌یابد.

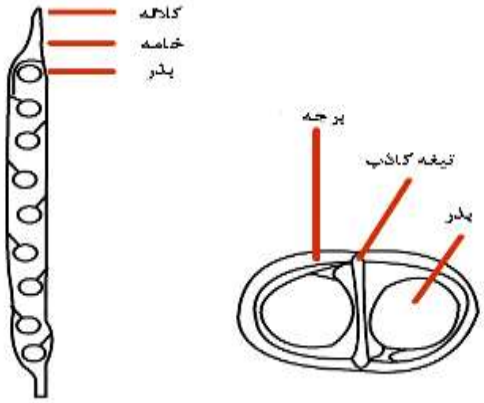
11 Cruciferae
12 Brassicaceae

غلاف‌ها

غلاف (گاهی اوقات خورجین نیز نامیده می‌شود) یک کپسول طویل‌شده با یک رشته‌ی برجسته میانی می‌باشد. طول غلاف حدود شش تا نه سانتی‌متر بوده و نوک غلاف یک تا دو سانتی‌متر طول دارد. غلاف از دو برچه تشکیل شده‌است که توسط یک تیغه‌ی کاذب از هم جدا شده‌اند (شکل۱۱). یک غلاف رسیده، بسیار نازک است و به آسانی می‌تواند ریزش کند و سبب تلفات دانه شود. غلاف‌های روی گیاه رسیده‌ی خردل ادویه‌ای و خردل خوراکی در قیاس با کلزای معمولی دارای زاویه‌ی بسته‌تر نسبت به محور گل‌آذین می‌باشند. تفاوت بین شکل غلاف‌های کلزا و خردل در شکل (۱۲) آورده شده‌است.

بذر

بذور کلزا ابتدا در یک سوم شاخه‌های پایینی گل‌آذین انتهایی توسعه می‌یابند. بذور ۳۰ تا ۴۰ روز بعد از تلقیح می‌رسند. دانه‌ی کلزا معمولاً تیره است، درحالی‌که دانه‌ی خردل به رنگ زرد می‌باشد. به طور معمول در هر غلاف بین ۱۵ تا ۲۵ دانه تولید می‌شود. در زمان رسیدگی، بذور بیش از ۶۰ درصد وزن کل غلاف را شامل می‌شوند.



شکل-۱۱. بذر براسیکا به‌صورت طولی (سمت چپ) و مقطع عرضی آن (راست) (منبع: DPI).

تقریباً در هر کیلوگرم بین ۲۸۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ عدد دانه وجود دارد (جدول پ). وزن هر دانه بین ۲/۵ تا ۵ میلی‌گرم می‌باشد.

جدول پ) تنوع طبیعی در اندازه‌ی دانه انواع مختلف دانه‌های روغنی براسیکا

نوع دانه‌ی روغنی	وزن هزاردانه (گرم)
کلزای زمستانه	۴/۵–۵/۵
شلغم روغنی زمستانه	۳/۰–۴/۰
کلزای تابستانه[۱۳]	۳/۵–۴/۵
شلغم روغنی تابستانه	۲/۰–۳/۰
خردل قهوه‌ای	۲/۰–۳/۰

(منبع: DPI).

عموماً دانه‌ی کلزا را می‌توان به سه قسمت تقسیم کرد (شکل ۱۳):

- پوسته‌ی دانه (پریکارپ[۱۴]) و لایه‌ی آلبومینی (سبوس)
- درون دانه (اندوسپرم[۱۵])
- جنین

تعاریف

پوشش بذر (تستا): لایه‌ی بیرونی و محافظت کننده‌ی بذر

آلورون[۱۶] (از کلمه‌ی یونانی آلورون به معنای آرد) بخش پروتئینی بذور رسیده‌است. لایه‌ی آلورون بیرونی‌ترین لایه‌ی سلولی پوسته‌ی دانه می‌باشد.

آندوسپرم: یک بافت مقوی در پیرامون جنین دانه می‌باشد. آندوسپرم دانه رسیده کلزا بسیار کوچک است.

پوسته‌ی دانه (پوشش محافظتی بیرونی دانه) ۱۲ تا ۱۶ درصد وزن دانه را شامل می‌شود که حاوی مقدار کمی روغن و مقدار زیادی فیبر می‌باشد (شکل ۱۴). لایه‌ی آلبومینی، بخش زیرین دانه را تشکیل می‌دهد و سرشار از پروتئین می‌باشد.

گونه‌های براسیکا درمقایسه با بذور گیاهان دیگر نظیر غلات، آندوسپرم خیلی کوچکی دارد. لایه‌ی نازک آندوسپرم پیرامون جنین را دربر می‌گیرد.

پوسته‌ی دانه (پریکارپ یا قشر خارجی دانه)

پوشش بیرونی محافظ دانه

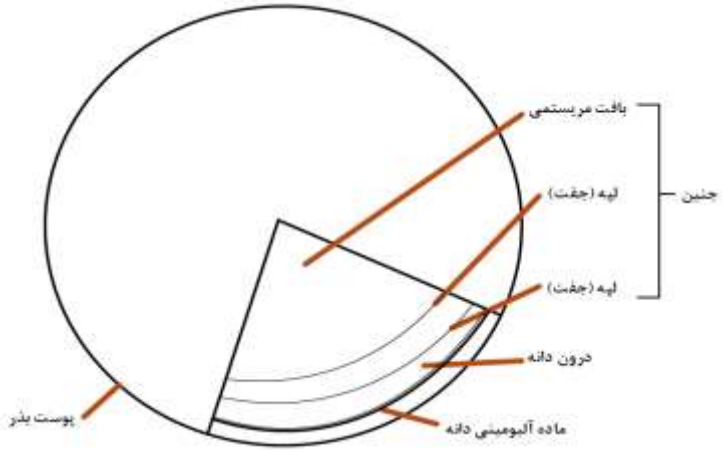
13 Rape
14 Pericarp
15 Endosperm
16 Aleurone

لایه‌ی سبوس‌دار

در زمان رسیدگی کلزا، دانه‌ی آن شامل:

- ۷۰ درصد فسفر، نیتروژن، روی، آهن و منیزیم،
- ۳۰ تا ۳۵ درصد مس، منگنز، گوگرد، کلسیم و پتاسیم،
- کم‌تر از ۲۰ درصد ترکیب دانه‌ی کلزا، سدیم و کلر می‌باشد و بقیه در دیواره‌های غلاف می‌باشند.

شکل-۱۲.تفاوت بین شکل غلاف‌های خردل (تصویر سمت چپ) و کلزا (تصویر سمت راست) (منبع: DPI).



شکل-۱۳. ساختار دانه‌ی کلزا (منبع: DPI).

شکل-۱۴. ترکیبات اصلی دانه‌ی کلزا (منبع: DPI).

روغن کلزا

روغن به‌وسیله‌ی آسیاب مکانیکی از دانه استخراج شده و سپس با گرما یا مواد شیمیایی فرآوری می‌شود. در استرالیا تقریباً ۷۳ درصد کلزا با اضافه‌کردن حلال‌ها و ۲۵ درصد با تیمار اکسپلر[۱۷] و ۲ درصد با پرس سرد فرآوری می‌شود.

مقدار روغن دانه‌ی کلزا، عموماً برحسب درصدی از کل دانه در مقدار رطوبت ۸ درصد بیان می‌شود، به‌طوری که مقدار آن در بازه‌ی ۳۵ تا ۴۵ درصد قرار دارد.. این روغن شامل:

- ۱۰ تا ۱۲ درصد اسید لینولنیک (امگا۳)،
- کم‌تر از ۰/۱ درصد اسید اروسیک،
- ۵۹ تا ۶۲ درصد اسید اولئیک،
- ۱۲ تا ۲۲ درصد اسید لینولئیک.

روغن کلزا سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد و هیچ‌گونه کلسترول یا چربی ترانسی ندارد. در بین روغن‌های خوراکی، روغن کلزا کم‌ترین مقدار چربی اشباع (۷درصد) را دارد. وقتی‌که کلزا برای استخراج روغن فرآوری می‌شود، تمام پروتئین آن حذف می‌شود و در کنجاله باقی می‌ماند.

17 Expeller

کنجاله‌ی دانه

کنجاله‌ی دانه ماده‌ای است که پس از روغن‌گیری باقی می‌ماند. کنجاله شامل پروتئین، کربوهیدارت‌ها، مواد معدنی و فیبر می‌باشد. ترکیب دقیق کنجاله‌ی دانه به روش استخراج روغن بستگی دارد، مقدار پروتئین هر فصل نیز متغیر است و با کاهش مقدار روغن افزایش می‌یابد. به‌طور شاخص کنجاله‌ی دانه دارای ۳۶ تا ۳۹ درصد پروتئین، یک‌ونیم تا دو درصد چربی، ۱۱ تا ۱۳ درصد فیبر و کم‌تر از ۱۰ میکرومول برگرم گلوکوزینولات می‌باشد.

کمینه‌ی مقدار پروتئین کنجاله‌ی بذری که توسط اتحادیه‌ی دانه‌های روغنی استرالیا (AOF) تعیین شده است، ۳۶ درصد در رطوبت ۱۲ درصد می‌باشد.

تعاریف

لپه‌ها: برگ‌های اولیه‌ای هستند که پیش از ظهور اولین برگ حقیقی سبز می‌شوند. لپه‌های براسیکا ناپوس روی سطح زیرین هموار می‌باشند، در حالی‌که لپه‌های براسیکا راپا پرزدار و چروکیده اند. لپه‌ها در کلزا اندام ذخیره‌کننده‌ی غذا محسوب می‌شوند.

تخمک: قسمتی از گیاه که پس از تلقیح تبدیل به دانه می‌شود.

بافت مریستمی: قسمت مرکزی دانه‌ی کلزا که ریشه‌چه، ساقه‌چه و رولپه از آن توسعه می‌یابد.

رادیکل: قسمتی از جنین بذر که در مرحله‌ی بعد به ریشه‌ی اولیه تبدیل می‌شود.

References and further reading

AOF 2007, *Australian Canola Meal Guide for the Feed Industry*. Australian Oilseeds Federation, Sydney.

AOF 2007, *Quality of Australian Canola*. Australian Oilseeds Federation, Sydney.

Appelqvist LA, Ohlson R (eds) 1972,*Rapeseed—Cultivation, Composition,Processing and Utilisation*. Elsevier Publishing Company, London, New York, Amsterdam.

Bengtsson L, Von Hofsten A, Loof B 1972, Botany of rapeseed. Chapter 3 in *Rapeseed – Cultivation, Composition, Processing and Utilisation*. (Appelqvist L, Ohlson R eds). Elsevier, Amsterdam, London, New York.

Bell JM, Hickling D 2003, Canola meal feed industry guide. Section II. Composition of canola meal. Canola Council of Canada. www.canola-council.org

Beversdorf WD, Weiss-Lerman J, Erickson LR, Souza Machado V 1980, Transfer of cytoplasmically-inherited triazine resistance from bird's rape to cultivated oilseed rape. (*Brassica campestris* and *B. napus*). *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 22, 167–172.

Colton B, Potter T 1999, History. In *Canola in Australia: the First Thirty Years* (Salisbury PA, Potter TD, McDonald G,

Green AG eds). Organising Committee of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra.

Mailer R 1999, Product quality. Chapter 14 in *Canola in Australia: the First Thirty Years*. (Salisbury PA, Potter TD, McDonald G, Green AG eds). Organising Committee of the 10th International Rapeseed Congress,

Canberra, pp. 71–74.

Mailer R 1999, Quality of Australian canola. In *Canola in Australia: the First Thirty Years* (Salisbury PA, Potter TD, McDonald G, Green AG eds). Organising Committee of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra.

Office of the Gene Technology Regulator 2008, Biology of *Brassica napus* L. (Canola), p. 2. www.ogtr.gov.au/ internet/ogtr/publishing.nsf/content/ canola-3/$FILE/biologycanola08_2.pdf www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing. nsf/Content/canola-3/$FILE/ biologycanola08_2.pdf

Ryan MH, Kirkegaard JA, Angus JF 2006, *Brassica* crops stimulate soil mineral N accumulation. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 367–377.

Scarisbrick DH, Daniels RW (eds) 1986, Oilseed rape physiology. Chapter 3 in *Oilseed Rape*. Collins, London Scott F 2010, NSW Grains Report Summary 1993–2010, Industry & Investment NSW, Orange. www.dpi.nsw.gov. au/aboutus/resources/periodicals/newsletters/grains-report-nsw.

Sylvester-Bradley R, Makepeace RJ 1984, A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). In *Aspects of Applied Biology 6: Agronomy, Physiology, Plant Breeding and Crop Protection of Oilseed Rape*. 26–28 March 1984. Association of Applied Biologists, Churchill College, Cambridge UK, 399–419.

Tayo TO, Morgan DG 1975, Quantitative analysis of the growth, development and distribution of flowers and pods in oil seed rape. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge 85, 103–110.

U N 1935, Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Japanese Journal of Botany* 7, 3

فصل اول

جوانه‌زنی و سبزشدن

نگاه اجمالی فصل	
جوانه‌زنی مراحل رشدی ۰/۰ – ۰/۳ مرحله‌ی۱: جذب آب مرحله‌ی۲: دوره‌ی تأخیر مرحله‌ی۳: جوانه‌زنی قابل‌مشاهده سبزشدن مراحل رشدی ۰/۶ – ۰/۱ استقرار گیاه عوامل تأثیرگذار بر جوانه‌زنی و سبزشدن دوره‌ی کمون، رطوبت، دما، اندازه‌ی دانه، کیفیت دانه، تاریخ کاشت، تراکم گیاه، فاصله‌ی ردیف، بقایای گیاهی	منابع تمرین اندازه‌ی دانه، محاسبه‌ی درصد جوانه‌زنی، محاسبه‌ی زمان کاشت، عمق کاشت، وسیله‌ی کاشت و استقرار دانه، استقرار گیاه، تراکم گیاه

مقدمه
در شرایط واقعی، یک دانه‌ی مستعد و خوب کلزا جوانه می‌زند. در این فصل درباره‌ی فرآیند سبزشدن اولین ساقه و شروع رشد ریشه بحث می‌شود و همچنین مراحل جوانه‌زنی، سبزشدن و استقرار گیاه کلزا شرح داده می‌شود.

نتایج یادگیری
در پایان این فصل شما قادر خواهید بود: فرآیند جوانه‌زنی و نقش رطوبت، دما و اکسیژن را در آن تعریف کنید. جوانه‌زنی و استقرار گیاه و نقش دما و رطوبت را توضیح دهید. عوامل مؤثر بر طول ساقه‌چه را توضیح دهید. ویژگی‌های را که باید در انتخاب دانه‌ی خوب بدانید، تشخیص دهید. آزمون جوانه‌زنی.

جوانه‌زنی

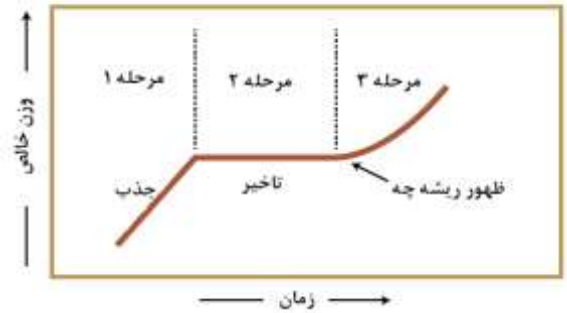
تعریف ریشه‌چه: (قسمتی از جنین دانه که به‌صورت ریشه‌ی اولیه رشد می‌کند)

مراحل رشد ۰/۰ – ۰/۳

شروع جوانه‌زنی با جذب رطوبت توسط دانه است و هنگامی‌که ریشه از پوسته‌ی دانه خارج شده و ساقه را به‌سمت بالای خاک هل می‌دهد، پایان می‌یابد. انرژی جوانه‌زنی از روغن (چربی‌ها) ذخیره‌شده در لپه‌های دانه تأمین می‌شود. چربی‌ها به ساکاروز که منبع انرژی برای جوانه‌زنی را تا زمان شروع فتوسنتز فراهم می‌کند، تبدیل می‌شود. آمینواسیدها و پروتئین‌های ضروری نیز در طول مراحل اولیه‌ی جوانه‌زنی استفاده می‌شوند.

جوانه‌زنی شامل سه مرحله می‌باشد که هر مرحله با تغییرات زیادی که در مقدار جذب آب روی می‌دهد، توصیف می‌شود (شکل۱–۱). این مراحل شامل:

- جذب سریع آب،
- دوره‌ی تأخیر (دوره‌ی کند)،
- مرحله‌ی دوم آبگیری سریع با جوانه‌زنی قابل‌مشاهده.
-



شکل۱–۱: مراحل جوانه‌زنی کلزا (منبع: DPI).

شکل ۱-۲: بذور جوانه‌زده کلزا که آماس دانه، جدا شدن پوسته‌ی بذر، ظهور و توسعه‌ی ریشه‌چه و ظهور لپه را نشان می‌دهد (منبع: DPI).

مرحله‌ی اول – جذب آب

پیش از کاشت، مقدار رطوبت دانه‌ی کلزا ۸-۷ درصد می‌باشد. دانه پس از قرارگیری در داخل خاک شروع به جذب آب نموده، متورم شده و (به‌واسطه‌ی وجود ماده‌ی ژلاتینی در پوسته‌ی دانه) لزج می‌شود. در این صورت فعالیت و سوخت و ساز دانه افزایش می‌یابد.

مرحله دوم – فاز تأخیر

در دوره‌ی تأخیر، سوخت و ساز دانه افزایش می‌یابد اما تغییرات مقدار آب آن اندک می‌باشد. آنزیم-های موجود در جنین دانه، فعال شده و پروتئین‌های ذخیره‌شده به اسیدهای آمینه، نشاسته و گلوکز و روغن به اسیدهای چرب و گلیسرول شکسته می‌شوند. این مواد برای استفاده در رشد جنین، به نقاط

رشدی منتقل می‌شوند. چنانچه در این مرحله از رشد، خاک خیلی خشک باشد، جوانه‌زنی دانه آسیب خواهد دید.

مرحله‌ی سوم – جوانه‌زنی قابل‌مشاهده

یک دوره‌ی ثانویه از جذب سریع آب رخ می‌دهد و تا زمانی که مقدار رطوبت آن به ۲۴ درصد برسد، دانه به جذب آب ادامه می‌دهد که این نقطه در حدود ۱۲ ساعت پس از شروع مرحله‌ی اول خواهد بود. در این وضعیت، دانه در نقطه‌ی غیرقابل‌برگشت قرار دارد و در صورت بروز خشکی زنده نخواهد ماند.

در این حالت پوسته‌ی بذر متورم شده و پاره می‌شود و تقریباً ۶ ساعت بعد، ریشه‌چه از میان پوسته‌ی محافظ دانه خارج می‌گردد (شکل۱-۲). این اولین علامت قابل‌رویت جوانه‌زنی می‌باشد که پایان مرحله‌ی جوانه‌زنی و شروع رشد دانه را نشان می‌دهد. این مرحله همراه با ظهور هیپوکوتیل است.

ظهور ریشه‌چه سبب شکسته‌شدن آندوسپرم و پوسته‌ی دانه می‌شود. این فرآیند موجب رهاسازی قندها و مولکول‌های پیام‌رسان شده که سبب تحریک ژن‌های محافظ برای حفاظت از بذور جوانه‌زده در برابر هجوم عوامل بیماری‌زا می‌گردند.

سبزشدن

مراحل رشدی ۰/۱-۰/٦

فرآیند سبزشدن، بسته به دمای خاک ۴ تا ۱۵ روز طول می‌کشد. تعداد روزهایی که طول می‌کشد تا ۵۰ درصد بذور سبز شوند، بسیار مهم است، چراکه این پارامتر تأثیر بسزایی در تعیین عملکرد دارد.

سبزشدن کلزا به‌صورت اپی‌ژیل می‌باشد به صورت هیپوکوتیلی بوده و لپه‌های قلبی‌شکل را به سمت سطح زمین هدایت می‌کند. به محض رسیدن لپه‌ها به سطح زمین و قرارگرفتن در معرض نور، به رنگ سبز درآمده و کار غذاسازی را انجام می‌دهند. لپه‌ها به گیاهچه‌های خیلی جوان اجازه‌ی فتوسنتز را می‌دهند تا اولین برگ واقعی ظاهر شود (شکل۱-۳).

شکل ۱-۳: سبزشدن گیاه کلزا. سمت راست مرحله‌ی لپه‌ای، سمت چپ مرحله‌ی اولین برگ حقیقی (منبع: DPI).

اندازه‌ی کوچک لپه‌ها، گیاه را در طول مراحل سبزشدن و اسقرار اولیه، آسیب‌پذیر می‌کند. منطقه‌ی رشد (ناحیه‌ی مریستمی) بین دو لپه در بالای سطح زمین قرار دارد. با قرارگرفتن نقاط رشد در سطح زمین، گیاهچه‌های کلزا در معرض خطرحشرات، یخبندان، فرسایش خاک، تگرگ و یا هر خطر دیگری که به گیاه لپه‌ای آسیب برساند، قرار خواهد گرفت.

استقرار

به‌دلیل این‌که گیاهچه نمی‌تواند به‌مدت طولانی متکی به ذخایر دانه باشد، و باید انرژی موردنیاز خود را تولید نماید، بلافاصله پس از پیدایش ریشه ، آن را در خاک مستقر می‌نمایند. در این وضعیت برگ‌های روی ساقه قادر به فتوسنتز و ریشه‌ها قادر به جذب آب و موادغذایی می‌باشند.

استقرار محصول در خاک زمانی است که ۵۰ درصد بوته‌ها جوانه زده و سبز شده باشند و در این حالت گیاهان قوی شده و توسعه یافته‌اند.

عوامل تأثیرگذار بر جوانه‌زنی و سبزشدن شامل عوامل زیر هستند.

خواب دانه

دو نوع خواب (دورمانسی) اولیه و ثانویه برای بذور گیاهان وجود دارد. گیاه کلزا خواب اولیه ندارد، بنابراین، ممکن است در برخی ارقام درنتیجه‌ی قرارگیری در معرض سطوح کم‌رطوبت خاک، دوره‌ی خواب ثانویه ایجاد شود. عوامل دیگری که می‌تواند موجب ایجاد خواب ثانویه در دانه‌ی کلزا شود شامل دوره‌های طولانی تاریکی، فراهمی پایین اکسیژن و دمای بیش‌تر از ۲۰ درجه‌ی سلسیوس می‌باشند.

به‌محض وقوع خواب، دانه‌ها جوانه نخواهند زد. چنانچه بذور در معرض دماهای پایین (۲ تا ۴ درجه‌ی سلسیوس) یا دوره‌های متناوب دماهای بالا و پایین قرار گیرند دوره‌ی کمون یا خواب از بین خواهد رفت.

لپه‌ها به وسیله‌ی هیپوکوتیل به سطح خاک می‌آیند. درمقابل، در غلات زمستانه و دیگر غلات، لپه‌ها زیر خاک می‌ماند.

هیپوکوتیل
قسمت بین طوقه و ریشه‌ی گیاهچه می‌باشد و هیپوکوتیل پژمرده نشانه‌ی بیماری است.

خواب اولیه
در نتیجه‌ی برهم‌کنش بین آبسیزیک اسید و شرایط محیطی در مراحل آخر توسعه‌ی دانه ایجاد می‌شود. در واقع خواب اولیه از جوانه‌زنی دانه بلافاصله پس از برداشت جلوگیری می‌کند.

خواب ثانویه
این خواب در اثر تنش‌های محیطی (مانند نور، رطوبت و دما) در طول توسعه، انبارداری و جوانه‌زنی دانه ایجاد می‌شود.

آبسیزیک اسید
این هورمون سبب خواب دانه شده، از جذب آب توسط بافت جنین جلوگیری کرده و مانع از جوانه‌زنی دانه می‌شود.

رطوبت

رطوبت خاک در مراحل جوانه‌زنی و سبزشدن امر حیاتی محسوب می‌شود. دانه‌ی کلزا پیش از جوانه‌زنی به اندازه‌ی درصد بالایی از وزن خود، آب جذب می‌کند. هنگامی که مقدار رطوبت دانه به میزان ۲۴ درصد رسید جوانه خواهد زد. جذب آب یک فرآیند غیرفعال است. توانایی جذب آب توسط بذور به اختلاف پتانسیل آبی بین دانه و خاک اطراف دانه بستگی دارد. حتی در شرایط پتانسیل آبی کم خاک، بذور قادر به جذب آب می‌باشند، اما پتانسیل پایین شاید سبب خواب ثانویه در دانه شود (صفحه‌ی قبل را مشاهده نمایید).

اندازه‌ی دانه سرعت جذب آب را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بذور کوچک نسبت سطح به حجم بالایی دارند، لذا به زمان کم‌تری برای جذب آب کافی به‌منظور جوانه‌زنی، نیاز دارند. در خاک‌هایی با مقدار رطوبت پایین، سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن کم‌تر می‌باشد (جدول۱-۱).

جدول۱-۱: تأثیر مقدار رطوبت خاک روی درصد نهایی سبزشدن و تعداد روزهایی که نیاز است تا ۵۰ درصد دانه‌ها جوانه بزنند

مقدار کل آب خاک (درصد وزنی)	سبزشدن نهایی (٪)	تعداد روز تا جوانه زدن ۵۰ درصد از دانه‌ها
۱۸	۸۲	۹
۱۵	۵۹	۱۲
۱۳	۴۵	۱۳
۱۱	۴	-

(منبع: DPI).

آزمایش در اتاقک رشد در دمای ثابت ۸/۵ درجه‌ی سلسیوس در روز و ۱۰ درجه‌ی سلسیوس در شب انجام شد.

در مقدار بالاتر آب در خاک، درصد جوانه‌زنی نهایی بیش‌تر بود.

در مقدار بالاتر آب در خاک، زمان وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذور سریع‌تر می‌باشد.

ماندابی

کلزا در مرحله‌ی جوانه‌زنی به ماندابی یا تنش غرقابی حساس می‌باشد. هنگامی‌که خاک دچار آب‌ماندگی می‌شود، میزان اکسیژن در محلول خاک سریعاً کاهش می‌یابد، از آن جایی که اکسیژن برای جوانه‌زنی دانه نیاز است . بدون وجود اکسیژن بذور نمی‌توانند به فعالیت سوخت و سازخود ادامه

دهند و جوانه‌زنی متوقف می‌شود. تنش غرقابی طولانی‌مدت می‌تواند بذور و گیاهچه‌های کلزا را از بین ببرد.

دما

جوانه‌زنی

دمای پایین، فرآیند و سرعت جوانه‌زنی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. حساس‌ترین مرحله‌ی جوانه‌زنی به دما، دوره‌ی انتقال از مرحله‌ی ۲ به مرحله‌ی ۳ می‌باشد. دمای پایین، سرعت جذب آب را کند می‌کند و مقدار تولید پروتئین‌های لازم برای جوانه‌زنی را نیز کاهش می‌دهد. از طرفی دمای پایین طولانی‌مدت به جنین دانه آسیب می‌زند. درنتیجه، جوانه‌زنی کم و نامنظم شده و موجب استقرار ضعیف گیاه می‌شود.

به‌محض جذب آب کافی توسط بذور، دمای خاک نقش مهمی در توسعه‌ی جوانه‌زنی بازی می‌کند. دامنه‌ی مطلوب دمایی برای جوانه‌زنی کلزا ۱۵ الی ۲۰ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. دمای زیر ۱۰ درجه‌ی سلسیوس خاک موجب تضعیف تدریجی جوانه‌زنی و سبزشدن می‌گردد. در دمای ۲ درجه‌ی سلسیوس، بذور آب را جذب کرده و جوانه خواهند زد، اما جوانه‌زنی بندرت در دماهای زیر ۲ درجه‌ی سلسیوس اتفاق خواهد افتاد؛ برای مثال، در منطقه‌ی کووراً[18]، ۱۰ درصد احتمال اینوجود دارد که در روز ۸ می (۱۷ اردیبهشت)، دمای ۱۰ سانتی‌متری بالای خاک، کم‌تر از ۱۰ درجه‌ی سلسیوس شود (شکل۱-۴).

همچنین، دماهای پایین سرعت جوانه‌زنی را کند می‌کنند. دراین دماهای پایین، ساخت پروتئین‌های موردنیاز در جوانه‌زنی دانه نیز کاهش می‌یابند؛ برای مثال، در دمای ۲۲ درجه‌ی سلسیوس، دانه‌ی کلزا در یک روز جوانه می‌زند، درحالی‌که در دمای ۲ درجه سلسیوس، فرآیند جوانه‌زدن ۱۱ روز به‌طول می‌انجامد (شکل۱-۵).

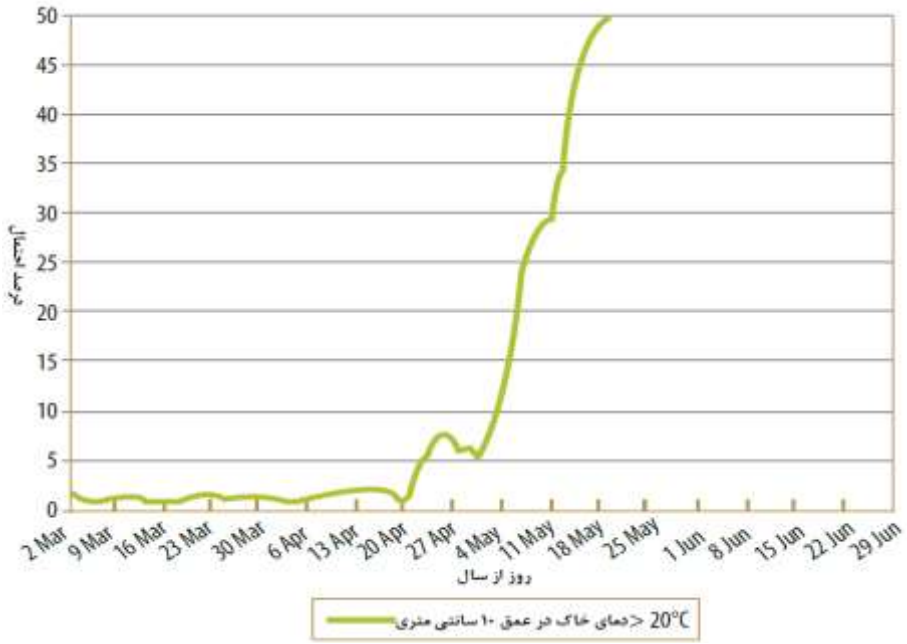
سبزشدن

نیاز گرمایی لازم برای سبزشدن گیاهچه‌ی کلزا ۱۱۵ درجه- روز رشد (GOD) می‌باشد (شکل ۱-۶). از زمان کاشت تا سبزشدن حدوداً ۴ تا ۱۵ روز طول زمان لازم است و این درحالی است که در خاک‌های با دمای پایین‌تر این مدت افزایش خواهد یافت. دماهای کم‌تر از ۱۰ درجه‌ی سلسیوس سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن را کاهش خواهند داد. ترکیب کاهش سرعت جوانه‌زنی و طولانی‌تر شدن زمان جوانه‌زنی در دمای زیر ۱۰ درجه‌ی سلسیوس، موجب سبزشدن ضعیف کلزا می‌شود.

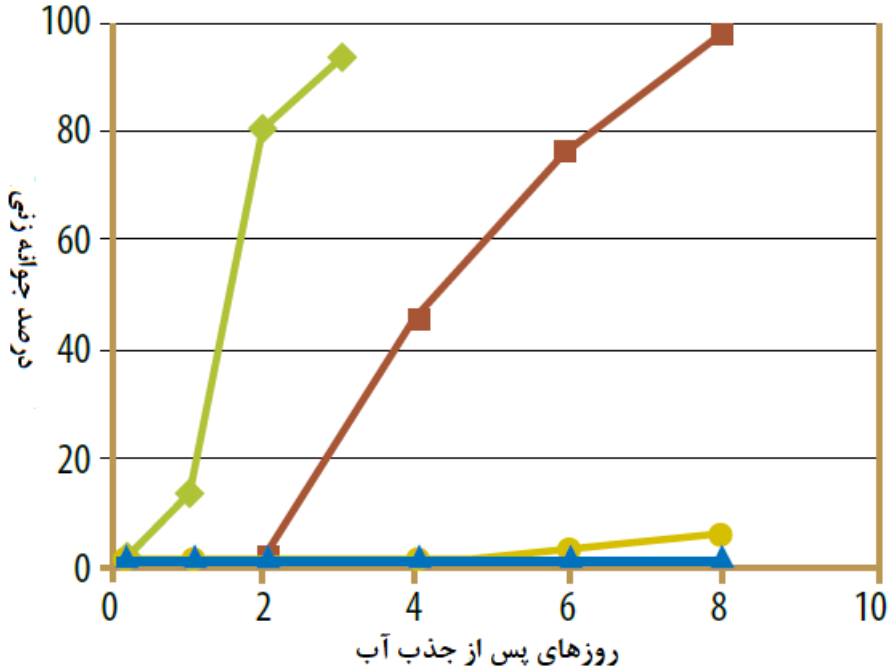
18 Cowra

درجه‌روز –رشد

درجه روز– رشد، مقدار دمای تجمعی استفاده شده برای توضیح رابطه‌ی بین توسعه‌ی گیاه و دما می‌باشد. این دمای تجمعی به‌صورت میانگین دمای روزانه منهای دمای پایه محاسبه می‌گردد و به‌صورت درجه – روز (Cd) بیان می‌شود. دمای پایه، کمینه‌ی دمایی است که گیاه در آن دما، فعالیت و رشد کرده و برای هر محصولی متفاوت است. دمای پایه‌ی کلزا برای مرحله‌ی رویشی صفر درجه‌ی سلسیوس و برای مرحله‌ی زایشی پنج درجه‌ی سلسیوس می‌باشد.



شکل۱-۴: احتمال این‌که دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری در ساعت ۹ صبح در منطقه‌ی کووِرا کم‌تر از ۱۰ درجه‌ی سلسیوس باشد. (1960-2009)NSW.



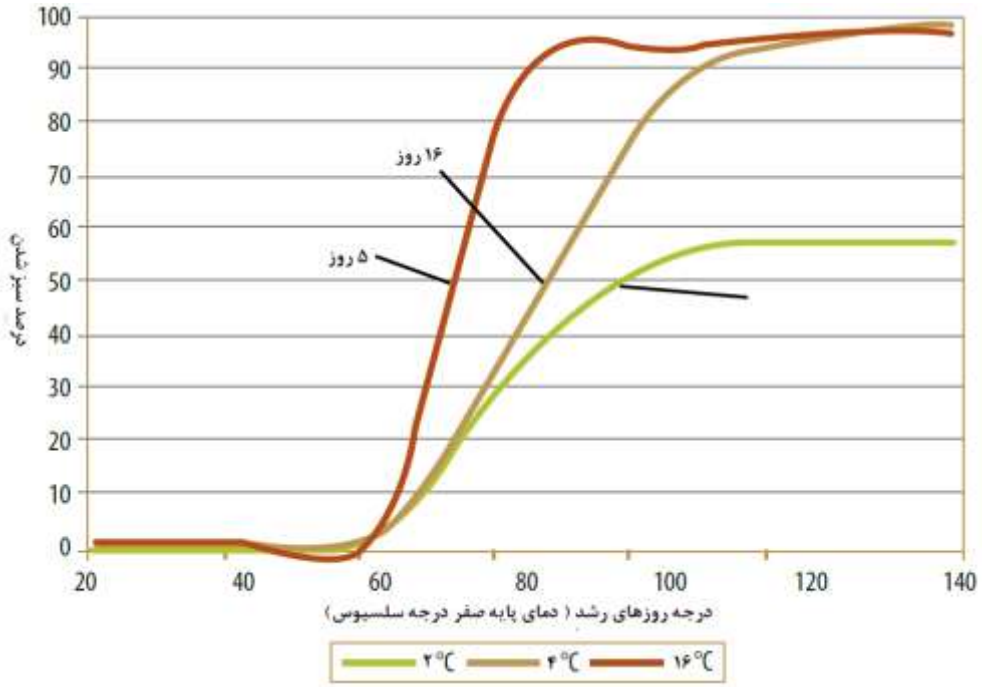
شکل۱-۵: تأثیر دما بر درصد جوانه‌زنی کلزا رقم وستار. ◆ 22°C, ■ 10°C, ● 6°C and ▲ 2°C (منبع: DPI).

زمان جوانه‌زنی تحت تأثیر دما تغییر می‌کند

در دمای ۲۲ درجه‌ی سلسیوس درصد جوانه‌زنی سریعاً افزایش می‌یابد و در مدت سه روز به اوج می‌رسد.

در دمای ۱۰ درجه‌ی سلسیوس، درصد جوانه‌زنی تا دو روز به صورت تدریجی افزایش می‌یابد و سپس در مدت چهار روز پس از جذب آب سریعاً افزایش می‌یابد و در مدت هشت روز، ۹۵ درصد جوانه‌زنی انجام می‌شود.

در دمای شش و دو درجه‌ی سلسیوس درصد جوانه‌زنی هرگز بیش‌تر از ۱۰ درصد نمی‌شود.



شکل۱-۶: تأثیر دما روی درصد سبزشدن. نقاط مشخص‌شده روی خطوط زمان ۵۰ درصد سبزشدن را نشان می‌دهد (منبع: DPI).

در خاک‌های سردتر، زمان لازم برای سبزشدن ۵۰ درصد بذور، طولانی‌تر می‌شود.
در دمای دو درجه‌ی سلسیوس، ۳۲ روز، در دمای چهار درجه‌ی سلسیوس، ۱۶ روز و در دمای ۱۶ درجه‌ی سلسیوس، پنج روز به طول می‌انجامد تا ۵۰ درصد بذور کلزا سبز شوند.

بلافاصله پس از استقرار گیاه، کلزا نسبتاً به یخبندان مقاوم خواهد بود، اما در طول مرحله‌ی لپه‌ای، یخبندان می‌تواند به کلزا آسیب بزند و چنانچه یخبندان رخ دهد، گیاهچه‌ها بلافاصله از بین می‌روند. همچنان‌که گیاه توسعه می‌یابد، مقاومت بیش‌تری نیز نسبت به یخبندان پیدا می‌کند.

میزان رشد و توان گیاهچه‌ها در دمای زیر هفت درجه‌ی سلسیوس کاهش می‌یابد و گاهی اوقات گیاهچه‌ها از بین می‌روند. زمانی‌که کاهش سریع در دمای برگ اتفاق می‌افتد، کربوهیدرات‌های محلول در برگ تجمع پیدا می‌کنند. این اتفاق مقدار فتوسنتز و نیز سرعت رشد گیاهچه‌ها را در طول ماه‌های سردتر در زمستان، کاهش می‌دهد.

اندازه‌ی بذر

بذور کلزا درمقایسه با بذور دیگر محصولات نظیر گندم، جو و لوپین؛ کوچک‌تر می‌باشد. هر یک از آن‌ها تنها سه میلی‌گرم وزن دارد. به‌طور مشخص، وزن ۱۰۰۰ دانه‌ی کلزا سه تا شش گرم می‌باشد. اندازه‌ی بذر بسته به شرایط محیطی متغیر است، و همچنین، براساس رقم نیز اندازه‌ی آن‌ها متفاوت می‌باشد. اندازه‌ی دانه، نقش مهمی در استقرار گیاه دارد. دانه‌های بزرگ‌تر، گیاهچه‌های قوی‌تر تولید می‌کند و در این صورت استقرار گیاه بهبود می‌یابد (جدول۱-۲). از طرفی ، یک ارتباط میان استقرار گیاه و عمق کاشت وجود دارد. بذور بزرگ‌تر منجر به استقرار بیش‌تر در گیاهان می‌شود خصوصاً اگر عمق کاشت سه سانتی‌متر و یا بیش‌تر باشد.

جدول۱-۲: تأثیر اندازه‌ی دانه و عمق کاشت در استقرار گیاه

	عمق کاشت (سانتی‌متر)			
اندازه‌ی دانه (میلی‌متر)	۴/۵	۳/۰	۱/۵	میانگین
	تعداد گیاه در مترمربع			
بزرگ‌تر از ۱/۷	۴۱/۷	۶۴/۲	۷۷/۰	۶۱/۰
۱/۷- ۱/۴	۲۶/۶	۴۳/۲	۷۳/۳	۴۷/۷
کوچک‌تر از ۱/۴	۲۳/۰	۳۳/۰	۷۸/۵	۴۴/۸
میانگین	۳۰/۵	۴۶/۸	۷۶/۳	

(منبع: DPI).

مشابهت تعداد گیاهان مستقر در عمق کاشت ۱/۵ سانتی‌متر با درنظر گرفتن اندازه‌ی دانه بذور بزرگ‌تر (بزرگ‌تر از ۱/۴ میلی‌متر در اعماق کاشت سه و ۴/۵ سانتی‌متر موجب استقرار گیاهان بیش‌تری شده‌است.

کیفیت دانه

کیفیت دانه برای اطمینان از استقرار گیاه در وضعیت مناسب، ضروری می‌باشد. دانه‌ی کلزا باید درصد جوانه‌زنی بیشتر از ۸۵ درصد داشته‌باشد. کشت بذور با کیفیت بالا برای استقرار مناسب و جوانه‌زنی سریع محصول ضروری است. رشد اولیه‌ی گیاهچه‌ها به انرژی ذخیره‌شده در بذور بستگی دارد. چنانچه بذور آسیب‌دیده نباشند، انبارداری صحیح بوده‌باشد و از گیاهانی که خوب تغذیه شده‌اند به‌دست آمده‌باشد، استقرار گیاه در وضعیت مناسب‌تری خواهد بود.

به‌طور کلی، مقدار رطوبت دانه، سن، اندازه و درصد جوانه‌زنی دانه، همگی به کیفیت دانه کمک می‌نمایند. از لحاظ عملکرد، در میان دانه‌های مختلف گواهی‌شده‌ی تجاری که از منابع مختلف به‌دست می‌آید، اختلاف اساسی وجود دارد. این تفاوت‌ها در میان ارقام مختلف می‌توانند بیش‌تر نیز باشند. عواملی وجود دارد که می‌تواند جوانه‌زنی دانه را شدیداً تحت‌تأثیر قرار دهد. این عوامل شامل اندازه‌ی دانه، رسیدگی دانه و زمان برداشت می‌باشند.

اندازه‌ی دانه

دانه‌ی بزرگ‌تر، لپه‌ی بزرگ‌تر و ذخایر چربی بیشتری دارد. اگرچه، اندازه‌ی دانه نمی‌تواند جوانه‌زنی را تغییر دهد، اما بذور بزرگ‌تر در مقایسه با بذور متوسط و کوچک، سریع‌تر و سبز می‌شوند؛ به‌این خاطر که بذور بزرگ‌تر نسبت به بذور کوچک بسیار سریع‌تر جوانه می‌زنند و ریشه‌ی آن‌ها نیز بزرگ‌تر می‌باشد. در رطوبت مناسب خاک، بذور متوسط طی پنج الی شش روز جوانه خواهند زد.

اندازه‌ی دانه عموماً با وزن کردن هزاردانه از آن اندازه‌گیری می‌شود که به وزن هزاردانه شناخته می‌شود. وزن هزار دانه در میان ارقام مختلف و از فصلی به فصل دیگر متفاوت می‌باشد. در نتیجه، برای دستیابی به تراکم مطلوب گیاه، زمان کاشت بایستی با توجه به درشتی و ریزی بذر تنظیم شود.

زمان برداشت

زمان برداشت نیز می‌تواند جوانه‌زنی را تحت‌تأثیر قرار دهد. اگر محصول در زمان مناسب برداشت نشود، نمو دانه متوقف شده و منجر به تشکیل بذور نارس با توانایی جوانه‌زنی پایین خواهد شد. فصل چهار را مشاهده نمایید.

کلروفیل دانه

سطوح بالای کلروفیل می‌تواند توان گیاهچه را کاهش داده و مرگ و میر آن را نیز افزایش دهد. سطح مناسب برای مقدار کلروفیل کم‌تر از ۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بذور گیاهانی که در طول مرحله‌ی پرشدن دانه دچار تنش یخبندان یا کم‌آبی می‌شوند، سطح کلروفیل بالایی دارند. فصل چهار را مشاهده نمایید.

مراقبت از دانه

علاوه بر اندازه‌ی دانه، روش‌های مراقبت از دانه نیز می‌تواند جوانه‌زنی را تحت‌تأثیر قرار دهد. هنگام برداشت کلزا باید مراقب بود که دانه‌ها ترک نخورده‌باشند. ترک‌خوردگی می‌تواند جوانه‌زنی را کاهش دهد. این موضوع به‌طور کامل در فصل چهار بیان شده‌است.

انبارداری دانه

انبارداری مناسب برای مراقبت از قابلیت زیستی دانه برای کشت بعدی و همچنین حفظ کیفیت آن برای فروش می‌باشد. به‌دلیل وجود روغن در بذور کلزا، انبارداری آن نسبت به دیگر غلات دشوارتر می‌باشد. همچنین وجود این روغن، بذور کلزا را از لحاظ فساد و تجزیه در انبار، مستعدتر می‌کند. به‌همین دلیل، کلزا نباید بیش از یک تابستان در مزرعه ذخیره شود.

سرعت فساد دانه‌ی کلزا به عوامل زیر بستگی دارد:

- دمای انبار،
- مقدار رطوبت دانه،
- مقدار روغن دانه،
- رطوبت نسبی،
- زمان انبارداری،
- درصد بذور سبز یا نارس در نمونه،
- مقدار هوادهی دانه پس از رسیدگی فیزیولوژیک.

پایش مقدار رطوبت دانه در طول انبارداری ضروری می‌باشد، به‌طوری‌که بسته به مقدار روغن دانه، مقدار رطوبت شش تا ۸/۵ درصد می‌تواند نامناسب باشد (شکل۱-۷).

دما یا رطوبت بالا می‌تواند منجر به برهم‌کنش‌هایی در دانه شود که سبب:

- افزایش سطح اسیدهای چرب آزاد شود، که موجب کاهش عطر روغن می‌شود.
- وقوع برهم‌کنش‌های اکسیداسیون و قهوه‌ای شدن شود، که سبب فساد روغن می‌شود.
- تغییرات در خصوصیات روغن ناشی از برهم‌کنش‌های موجود در کلروفیل‌ها، رنگدانه‌های کاروتنوئید، فلانوئیدها و فنل‌ها، شود

دانه‌های کلزا بایستی با مقدار رطوبت کم‌تر از هشت درصد و دمای کم‌تر از ۲۵ درجه‌ی سلسیوس ذخیره شوند (اما بهتر است دما کم‌تر از ۲۰ درجه‌ی سلسیوس باشد).

شکل۱-۷: محدودیت‌های احتمالی ذخیره‌سازی غیرایمن برای رقم‌های کلزای استرالیایی (در رطوبت نسبی برابر ۶۰ درصد و دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس). (منبع: DPI)

حدود مناسب انبارداری به‌وسیله‌ی مقدار رطوبت و روغن دانه تعیین می‌شود.
کلزایی که بالقوه در بالای خط قرارگرفته، نباید به‌مدت طولانی ذخیره شود اگرچه اقدام مناسب نظیر کاهش رطوبت و دمای دانه انجام شده‌باشد.

دانه موجود زنده‌ای است که در حین تنفس رطوبت آزاد می‌کند. کلزا تا شش هفته بعداز برداشت و قبل از به‌خواب رفتن می‌تواند سرعت تنفس بالایی داشته‌باشد. کپک‌ها می‌توانند در رطوبت ۱۰/۶ درصد، دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و در مدت ۱۱ روز، در کلزا توسعه یابند. انبارداری ضعیف دانه می‌تواند کیفیت دانه و درنتیجه سبزشدن دانه را کاهش دهد (جدول۱-۳).

جدول۱-۳: تغییرات در درصد جوانه‌زنی نمونه‌های کلزا در دما و زطوبت‌های مختلف

دمای انبارداری (درجه‌ی سلسیوس)	درصد رطوبت	اسکار۱	اسکار۲	پیناسل
		درصد جوانه‌زنی پیش از انبارداری		
		۹۹/٦	۹٦/٥	۹۹/۹
		درصد جوانه‌زنی پس از انبارداری		
۲۰	۶	۹۹/۸	۹۷/۵	۹۹/۶
	۷	۹۹/۹	۹۶/۶	۹۹/۸
	۸	۹۹/۸	۹۶/۶	۹۹/۶
۲۵	۶	۹۹/۸	۹۷/۵	۹۹/۸
	۷	۹۹/۵	۹۶/۴	۹۹/۳
	۸	۹۹/۵	۹۲/۴	۹۹/۶
۳۰	۶	۹۹/۹	۹۷/۳	۹۹/۵
	۷	۹۶/۵	۷۱/۶	۹۵/۶
	۸	۹۴/۴	۲۶/۳	۸۷/۰

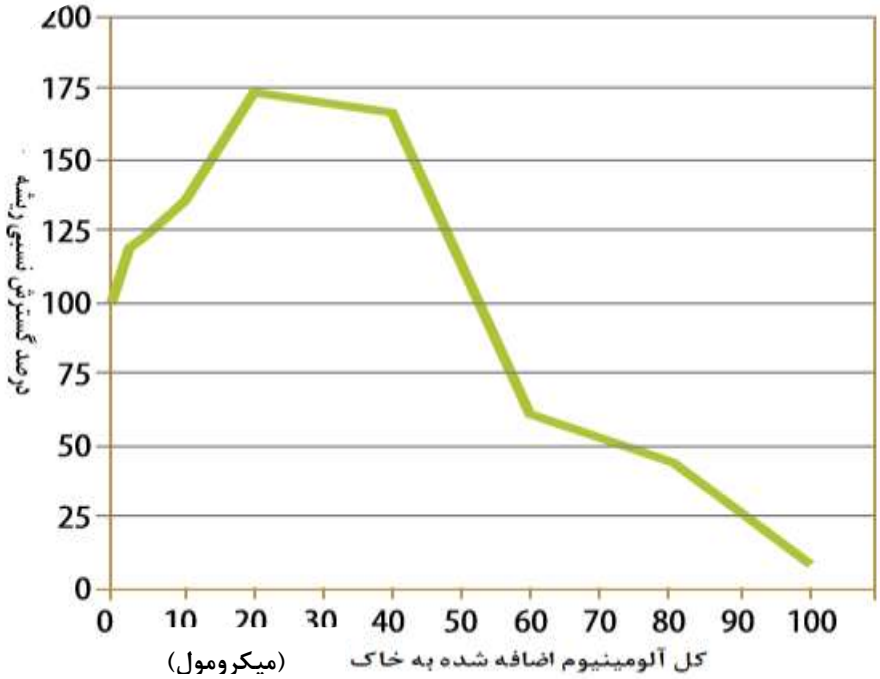
(منبع: DPI).

مقدار رطوبت و دمای بالا در طول انبارداری به‌مدت ۱۸ ماه، موجب کاهش جوانه‌زنی دانه می‌شود.
چنانچه مقدار رطوبت بالا باشد، تأثیر دما روی درصد جوانه‌زنی بیش‌تر می‌شود.
وقتی مقدار دما و رطوبت در طول انبارداری افزایش می‌یابد، سرعت جوانه‌زنی دانه کاهش می‌یابد.

کاشت

pH خاک

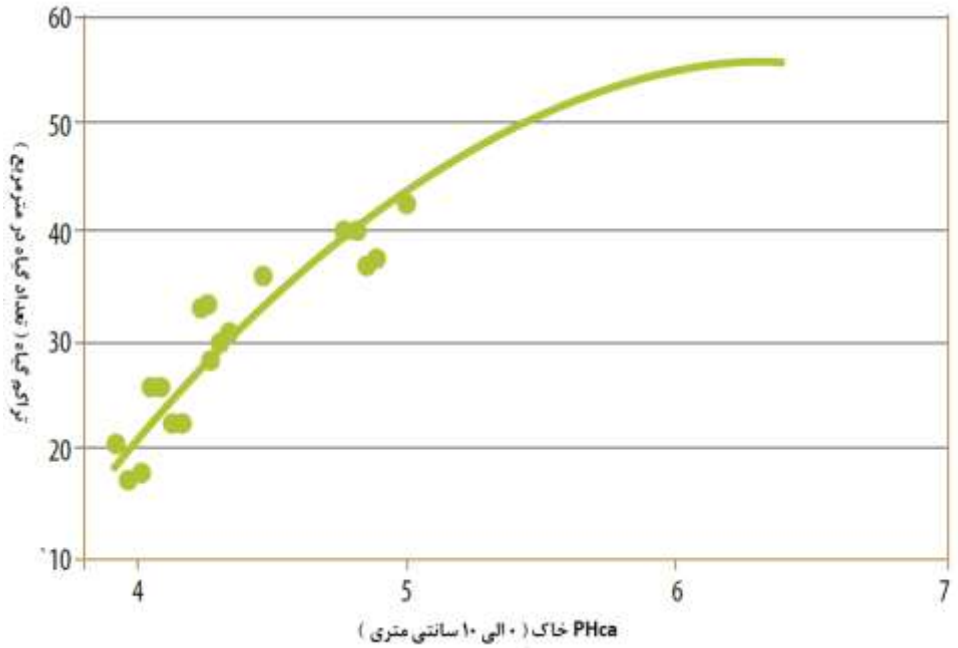
کلزا نباید در خاک‌های با pH کم‌تراز ۵/۲ و یا غلظت‌های بیشتر از پنج درصد آلومینیوم، کاشت شود. هرچه میزان pH خاک کم‌تر شود، مقدار آلومینیوم بیش‌تری در محلول خاک آزاد می‌شود. وجود آلومینیوم تأثیری روی جوانه‌زنی ندارد، اما گزارش شده‌است که غلظت‌های بالای آن، رشد ریشه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (شکل ۱-۸). افزودن آهک به خاک پیش از زمان کاشت، می‌تواند pH خاک را افزایش داده و سبزشدن و توسعه‌ی ریشه را بهبود بخشد (شکل ۱-۹).



شکل ۱–۸: تأثیر غلظت آلومینیوم روی ریشه‌های کلزا (منبع: DPI).

رشد ریشه در گیاهچه‌های چهار روزه‌ی کلزا که در معرض غلظت‌های ۲۰ تا ۴۰ میکرومول آلومینیوم قرارداشته‌اند، در مقایسه با گیاهچه‌های شاهد، ۷۵ درصد بیش‌تر بوده‌است.

غلظت‌های بالاتر آلومینیوم سبب توقف نوک ریشه، کاهش توسعه در ریشه‌های ثانویه و تشکیل ریشه‌های جانبی می‌شود.



شکل ۱–۹: اثرات کاربرد آهک بر مقدار سبزشدن و جمعیت کلزا (منبع: DPI).

با افزایش مقادیر کاربرد آهک، تعداد بوته‌های کلزا از ۱۷ بوته در مترمربع تا ۶۰ بوته در مترمربع افزایش می‌یابد.
جوانه‌زنی کلزا به‌ازای هر واحد افزایش pH درمقادیر pH بیشتر از ۵/۲، تا ۱۵ درصد افزایش می‌یابد.

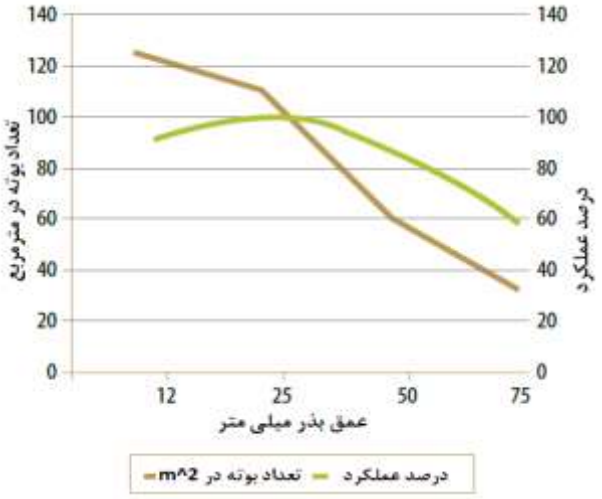
بستر بذر

تماس بذر با خاک به‌ویژه در شرایط خشک، برای کمک به انتشار رطوبت به بذر کلزا بسیار مهم است. با تشکیل پوسته‌های خاک (سله بستن) در خاک‌های دارای لایه‌های سخت، خاک‌های سدیک یا ازهم‌پاشیده که سطح آن‌ها مسدود شده ، جوانه‌زنی در گیاهچه‌های کلزا کاهش می‌یابد.

بستر مرطوب و سفت دانه، جوانه‌زنی یکنواخت دانه و رشد سریع گیاهچه‌ها را فراهم می‌کند. رطوبت مناسب خاک در مراحل گیاهچه‌ای و رشد طولی، باعث توسعه گیاهان قوی و سالم شده و باعث می‌شود که گیاه، کم‌تر دچار خوابیدگی شده و این امر موجب حداکثر رشد برگ تا پایان ماه جولای می‌شود.

عمق کاشت

عمق کاشت دانه، تأثیر مهمی روی قدرت رویش دانه‌ها دارد که به‌نوبه‌ی خود، روی استقرار گیاهچه و نموگیاه نیز مؤثر است (شکل ۱-۱۰ و جدول ۱-۴). عمق مناسب کاشت بین ۱/۲ تا ۲/۵ سانتی‌متر می‌باشد. قرارگیری دانه در عمق بیش‌تر خطر از بین رفتن جوانه‌ها را افزایش می‌دهد. بذور با عمق کاشت بیشترتر، هیپوکوتیل‌های بلندتر تولید می‌کنند و سیستم ریشه‌ها نیز کوتاه‌تر می‌شوند که این امر سبب سطح برگ کم‌تر شده و در نتیجه به میزان کم‌تری از ماده‌ی خشک برگ و ریشه باقی می‌ماند. این موضوع باعث کندتر شدن گسترش برگ‌ها نیز می‌شود.



شکل ۱-۱۰: تأثیر عمق کاشت بر تراکم و عملکرد گیاه (منبع: DPI).

تراکم و عملکرد گیاه زمانی‌که دانه در عمق ۲۵ میلی‌متر کاشته می‌شود، بیش‌ترین است.
در عمق کم‌تر از ۲۵ میلی‌متر، دانه مستعد خشکی و گرما می‌باشد.
و در عمق بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر، خاک سردتر شده و سرعت سبزشدن کاهش می‌یابد.
خاک‌های سدیک یا از هم پاشیده؛
در یک خاک سدیک، مقدار یون‌های سدیم نسبت‌به دیگر یون‌های مثبت در خاک و یا آب بیش‌تر می‌باشد. هنگامی‌که این خاک‌ها مرطوب می‌شوند، ذرات رس موجود در آن‌ها از هم می‌پاشند.

عمق کاشت بیشترتر مقدار نور را کاهش می‌دهد و هیپوکوتیل ازطریق افزایش طول، به این کاهش نور پاسخ می‌دهد و سبب کاهش احتمال سبزشدن گیاهچه می‌شود. گیاهان با هیپوکوتیل‌های بلندتر در یک مرحله‌ی رشد، سطح برگ را کاهش می‌دهند. همچنین، توسعه برگ‌ها کندتر شده و موجب کاهش ماده‌ی خشک می‌شود. هیپوکوتیل‌های بلندتر، نازک‌تر می‌باشند و در برابر آسیب‌های مکانیکی آسیب‌پذیری بیش‌تری دارند. در این حالت طول ریشه نیز کاهش می‌یابد.

هیپوکوتیل، ساقه‌ای است که از دانه منشاء می‌گیرد. بذور کاشته شده در عمق بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر و یا در بسترهایی با کاه و کلش به‌جا مانده‌ی بیش‌تر از ۵ تن در هکتار، باعث ایجاد هیپوکوتیل‌های کشیده‌تری می‌شوند. این مسأله سبب می‌شود که منابع غذایی دانه نسبت‌به بذوری با هیپوکوتیل کوتاه‌تر، زودتر تخلیه شوند و همچنین به رشد کم‌تر گیاهان در تیمارهای دارای کاه و کلش سطحی کمک می‌کند و در دماهای کم‌تر، این کاهش رشد دو چندان می‌شود. افزایش ارتفاع می‌تواند چگالی بافت را کاهش داده و گیاهچه‌ها را آسیب‌پذیرتر کند. این گیاهچه‌ها از لحاظ مکانیکی شکننده هستند و احتمال نابودی و مرگ در آن‌ها بیشتر می‌باشد.

جدول۱-۴: تأثیر عمق کاشت روی استقرار گیاه (تعداد بوته در مترمربع). آزمایش کاشت در منطقه‌ی مینگ‌نیو در غرب استرالیا در فواصل ۱۸ سانتی‌متر انجام شده‌است. (منبع: DPI).

تاریخ کاشت	عمق کاشت (سانتی‌متر)			
	۲/۰	۴/۵	۵/۰	۷/۵
	تعداد بوته در مترمربع			
۲۸ آوریل	۴۵/۱	۲۶/۸	۳۱/۵	۶/۸
۲۲ می	۱۲۰/۶	۱۱۸/۱	۱۰۲/۴	۱۲/۱

استقرار گیاه در عمق کاشت بیشتر و تاریخ کاشت دیرتر کاهش می‌یابد.

کاشت در ماه آوریل، هنگامی که خاک نسبت‌به کاشت در ماه می خشک‌تر می‌باشد، انجام شده، لذا تعداد گیاهان کم‌تر می‌باشد.

عمق کاشت بیشتر از ۵ سانتی‌متر سبب سرعت بسیار پایین در استقرار گیاه می‌شود.

تاریخ‌های توصیه‌شده برای کاشت کلزا در NSW، در جدول (۱-۵) نشان داده شده‌است. هر سال جداول به‌روز شده در راهنمای کاشت ارقام زمستانه چاپ می‌شوند. کاشت یک رقم در خارج از بازه‌ی زمانی کشت، خطر آسیب یخبندان یا دماهای بالا در دوره‌ی گلدهی و پرشدن دانه را افزایش می‌دهد.

تاریخ‌های توصیه‌شده برای کاشت کلزا در NSW، در جدول (۱–۵) نشان داده شده‌است. هر سال جداول به‌روز شده در راهنمای کاشت ارقام زمستانه چاپ می‌شوند. کاشت یک رقم در خارج از بازه‌ی زمانی کشت، خطر آسیب یخبندان یا دماهای بالا در دوره‌ی گلدهی و پرشدن دانه را افزایش می‌دهد.

جدول ۱–۵: تاریخ‌های توصیه شده برای کاشت کلزا در منطقه‌ی نیوساوت‌ولز. (منبع: DPI).

هفته	آوریل				می				ژوئن			
ناحیه	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
شمال – غرب												
شمال – شرق												
مرکز – غرب												
مرکز – شرق												
جنوب – غرب												
جنوب – شرق												
جنوب – آبیاری												

	بهترین زمان کاشت،
	کاشت زودتر یا دیرتر نسبت‌به زمان مناسب کاشت، امکان کاهش عملکرد،
	خیلی دیر برای دستیابی به عملکرد خوب، اگرچه مناسب برای ارقام بهاره

تغذیه

جدول (۱–۶) مقادیر موادغذایی تخلیه‌شده از خاک به ازای هر تن کلزا را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۶: مقادیر عناصرغذایی تخلیه‌شده از خاک به ازای هر تن کلزا (منبع: *IPNI*)

	مقدار عناصر معدنی (کیلوگرم)								مقدار عناصر معدنی (گرم)				
	نیتروژن	فسفر	گوگرد	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	مس	روی	مولیبدن	منگنز	آهن
زیست‌توده در دوره‌ی گلدهی	۲۸/۲	۳/۲	۷/۳	۲۹/۶	۱۱/۳	۲/۶	۵/۱	۲۳/۳	–	۳۷/۲	–
دانه	۴۳/۳	۵/۳	۵/۸	۸/۵	۳/۸	۳/۱	۳/۷	۳۵/۷	۳۰/۰	۳۱/۵	۵۵/۰
کاه و کلش	۵/۶	۲/۸	۵/۷	۹/۲	۶/۸	۱/۸	۳/۷	۹/۷	–	۲۵/۵	–

نیتروژن (N)

نیتروژن یک عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاه می‌باشد. این عنصر عملکرد نهایی و مقدار روغن را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. اگرچه، کلزا در مقایسه با گندم، جو و نخود حساسیت شدیدی نسبت به جایگذاری کود نیتروژن همراه دانه دارد، مصرف زیاد کود نیتروژن همراه دانه می‌تواند جوانه‌زنی، استقرار گیاه و رشد ریشه را کاهش دهد. کاهش درصد جوانه‌زنی در نتیجه‌ی افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک و کاهش جذب آب توسط بذور می‌باشد. کاهش درصد سبزشدن در خاک‌های خشک‌تر و سردتر بیشتر است. وقوع بارندگی بلافاصله پس‌از کاشت تأثیر کود را به‌واسطه‌ی آبشویی مقداری از کود و خارج شدن آن از اطراف دانه‌ی جوانه‌زده، کم می‌کند. مقادیر بالای نیتروژن در شکل آمونیوم، رشد ریشه را کاهش داده و موجب توقف رشد خواهد شد. همچنین، ریشه‌ها نازک‌تر شده و ممکن است قهوه‌ای شده و علائم سوختگی در نوک ریشه مشاهده شود. از طرفی طول ریشه نیز تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. مقادیر بالای نیتروژن ممکن است مشکلاتی را در جذب دیگر عناصر غذایی به‌وجود بیآورد.

مقدار کود نیتروژنی که در زمان کاشت، می‌تواند مستقیماً به همراه دانه استفاده شود، بسته به بارندگی و فاصله‌ی ردیف متغیر می‌باشد. DPI در نواحی پرباران حداکثر ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در نواحی کم‌باران ۱۰ کیلوگرم در هکتار و یا کاشت با فواصل ردیف بیش‌تر را توصیه می‌کند. اینسیتک پیوت[19] دستورالعمل‌هایی را بر پایه‌ی نوع کشت (کشت مستقیم یا کشت پخشی) و فاصله‌ی ردیف، توسعه داده است (جدول ۱-۷).

19 Incitec Pivot

جدول ۱-۷: مقادیر کود نیتروژنی که می‌توان به‌همراه دانه استفاده نمود و به روش شاخص استفاده از بستر دانه، محاسبه شده است.

	فاصله‌ی دانه روی ردیف ۲۵ میلی‌متر برای مثال کارنده‌ی بشقابی و سوکی فاصله‌ی ردیف (سانتی‌متر)			**فاصله‌ی دانه روی ردیف ۵۰ میلی‌متر فاصله‌ی ردیف (سانتی‌متر)**	
بافت خاک	۱۵	۲۲/۵	۳۰	۱۵	۲۲/۵	۳۰
استفاده از بستر دانه	٪۱۷	٪۱۱	٪۸	٪۳۳	٪۲۲	٪۱۷
سبک (لومی شنی)	۱۰ کیلوگرم برهکتار	۵ کیلوگرم برهکتار	۰	۲۰ کیلوگرم برهکتار	۱۵ کیلوگرم برهکتار	۱۰ کیلوگرم برهکتار
متوسط – سنگین (لومی تا رسی)	۱۵ کیلوگرم برهکتار	۱۰ کیلوگرم برهکتار	۵ کیلوگرم برهکتار	۳۰ کیلوگرم برهکتار	۲۰ کیلوگرم برهکتار	۱۵ کیلوگرم برهکتار

(منبع: DPI).

استفاده از بستر دانه (seedbed utilization)،

استفاده از بستر دانه اصطلاحی است که نشان‌دهنده‌ی مقدار خاک مخلوط شده با کود را بیان می‌کند. عموماً، استفاده از بستر دانه‌ی بالاتر نشان‌دهنده‌ی مقدار بیش‌تری از کودی می‌باشد که همراه با دانه استفاده می‌شود.

$$\text{درصد استفاده از بستر دانه} = \frac{\text{عرض ردیف دانه} \times 100}{\text{فاصله‌ی بین ردیف}}$$

سطوح فسفر در گیاه

گیاهچه‌های کلزا فسفر موردنیاز خود را در مراحل اولیه‌ی رشد سریعاً جذب می‌کنند، اما این سرعت به اندازه‌ی سرعت جذب نیتروژن نمی‌باشد. سطح فسفر موجود در برگ‌ها، تا اواخر گلدهی که جابجایی محسوسی در توسعه‌ی غلاف و دانه اتفاق می‌افتد، نسبتاً بالاست (۰/۳ تا ۰/۴ درصد). تا مرحله‌ی رسیدگی، ۷۰ تا ۸۰ درصد فسفر ماده‌ی خشک اندام هوایی گیاه در دانه قراردارد. دانه‌ی کلزا دارای ۰/۷ تا ۰/۸ درصد فسفر می‌باشد که تقریباً دو برابر مقدار آن در دانه غلات می‌باشد. ساقه‌ها و غلاف کلزا نیز در زمان برداشت شامل ۰/۱ تا ۰/۲ درصد فسفر می‌باشد.

نیاز گیاه به فسفر

دانه‌ی کلزا می‌تواند تا هفت روز نیاز فسفری گیاه را برای حمایت از رشد فراهم کند. پس از این مدت، گیاه باید فسفر موردنیاز خود را از خاک جذب کند. اگرچه کلزا برای رشد به مقادیر بالای از فسفر نیاز دارد، اما بیشینه‌ی مقدار فسفری که گیاه پاسخگو می‌باشد در مقایسه با گندم و جو، غالباً در مقادیر کم‌تر اتفاق می‌افتد. دلیل این مسأله این است که کلزا فاقد قارچ مایکوریزا می‌باشد، که این قارچ تأثیر بسزایی در جذب فسفر از خاک و کود دارد. گیاه کلزا اسیدهای آمینه را نزدیک نوک ریشه آزاد می‌کند. این اسیدها قابلیت استفاده فسفر را افزایش می‌دهند.

جایگذاری کود فسفره

کلزا در مقایسه با دیگر غلات حساسیت بیش‌تری به جایگذاری کود همراه با دانه دارد. سطوح فسفر بیش‌تر از ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار به همراه دانه، شدیداً سبز شدن محصول را کاهش می‌دهد. مقدار آسیب با کاهش مقدار آب، افزایش می‌دهد.

کاربرد استفاده‌ی نواری از فسفر در نزدیک دانه نسبت به زمانی که به‌همراه دانه استفاده می‌شود، به‌لحاظ قابلیت استفاده‌ی فسفر توسط گیاه، تأثیر بهتری دارد و مانع آسیب به جوانه‌زنی دانه می‌شود. در یک پژوهش، کاربرد بیش از ۴۰ کیلوگرم فسفر درهکتار که در کنار ردیف جایگذاری شده بود، نه‌تنها مقدار جوانه‌زنی را کاهش نداد، بلکه عملکرد را نیز افزایش داد.

کمبود فسفر

علائم کمبود فسفر را می‌توان در دومین هفته از رشد کلزا مشاهده نمود، چرا که گیاهچه‌های کلزا برای هفته‌ی اول رشد قادر به جذب فسفر کافی از ذخایر دانه می‌باشند. درنتیجه‌ی کمبود فسفر، ممکن است برگ‌ها به رنگ سبز تیره، سبز مایل به آبی یا ارغوانی درآیند (به‌دلیل تجمع رنگدانه‌های آنتوسیانین). بوته‌های کلزای آسیب‌دیده از کمبود فسفر، دارای توسعه‌ی برگ کم‌تری بوده و دارای برگ‌های کوچک‌تر و یا کم‌تری می‌باشد. گیاهان دچار کمبود خفیف، ظاهری طبیعی داشته، اما از نظر ابعاد کوچک هستند. رشد ریشه نسبت‌به رشد ساقه، به میزان کم‌تری تحت‌تأثیر کمبود فسفر قرار می‌گیرد. کمبود شدید فسفر نمو ریشه را محدود می‌کند، اما در حدی نبوده که بهرشد ساقه و برگ آسیب برساند. کمبود فسفر رسیدگی و نمو بافت زایشی را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. حتی کمبود ملایم فسفر، رسیدگی را چندین روز به تأخیر می‌اندازد. علاوه‌بر تأخیر گلدهی، کمبود فسفر می‌تواند منجر به کاهش

تعداد گل‌ها و تعداد بذر در غلاف شود. همچنین، کمبود فسفر می‌تواند منجر به مرگ و ریزش اولیه‌ی برگ‌ها و کاهش عملکرد شود.

گوگرد (S)

کلزا به مقادیر نسبتاً زیادی گوگرد نیاز دارد. که این مقدار، تقریباً به اندازه‌ی ۱۰ کیلوگرم گوگرد به‌ازای هر تن دانه می‌باشد. علائم کمبود گوگرد ممکن است ۲۱ روز پس از کشت بروز نماید. علائم کمبود، عموماً شامل کاهش رشد و ضخیم‌شدن برگ‌ها می‌باشند. برگ‌ها ممکن است به رنگ سبز مایل به زرد با لکه‌های مایل به زرد کم رنگ بین رگبرگ‌ها و حاشیه‌ی فنجانی‌شکل برگ‌های جوان‌تر دربیاید. به این صورت که ممکن است برگ‌های پیرتر رنگدانه‌های ارغوانی در سطح زیرین خود نشان دهند، در این حالت حاشیه‌ی برگ به داخل می‌پیچد و برگ ظاهر لوله‌ای پیدا می‌کند. سطح گوگرد در اوایل مرحله‌ی گیاهچه‌ای کلزا که برگ‌های جوان دارای بیش‌ترین ماده‌ی خشک هستند، در بیش‌ترین مقدار خود می‌باشد. همچنان‌که گیاه توسعه می‌یابد، سطح گوگرد کاهش می‌یابد، اما این کاهش به اندازه نیتروژن نیست.

روی (Zn)

گیاه کلزا در خاک‌های قلیایی، به گوگرد نیاز دارد. برای این منظور، استفاده از کود روی به‌همراه دانه کافی نمی‌باشد، چرا که هم، اندازه‌ی دانه‌ی کلزا کوچک بوده و هم زمان کاشت، کوتاه می‌باشد. لذا روی به‌صورت کود (جامد) و یا در طول فصل رشد به‌صورت محلول‌پاشی(مایع) استفاده می‌شود.

تراکم گیاه

تراکم گیاه که برمبنای زمان کاشت، درصد جوانه‌زنی و درصد استقرار تعیین می‌شود، یک عامل تعیین‌کننده‌ی مهم برای زیست‌توده در مرحله‌ی گلدهی و در نتیجه برای عملکرد محسوب می‌شود. مزارع با تراکم پایین، عملکرد پایینی نیز دارند. این مزارع می‌توانند کاهش عملکرد خود را با افزایش تعداد غلاف و دانه جبران نمایند، اما در برابر آفات، بیماری‌ها، رقابت علف‌های هرز و تنش‌های محیطی حساس می‌باشند.

دستورالعمل حال‌حاضر NSW برای تراکم کلزا بسته‌به منطقه‌ی کاشت، ۳۰ تا ۶۰ بوته در مترمربع می‌باشد (دستورالعمل کاشت ارقام زمستانه DPI را مشاهده نمایید)، که این تراکم با کاشت دو تا سه کیلوگرم دانه درهکتار به‌دست می‌آید. افزایش مقدار دانه در زمان کاشت، رقابت بین گیاهان را افزایش

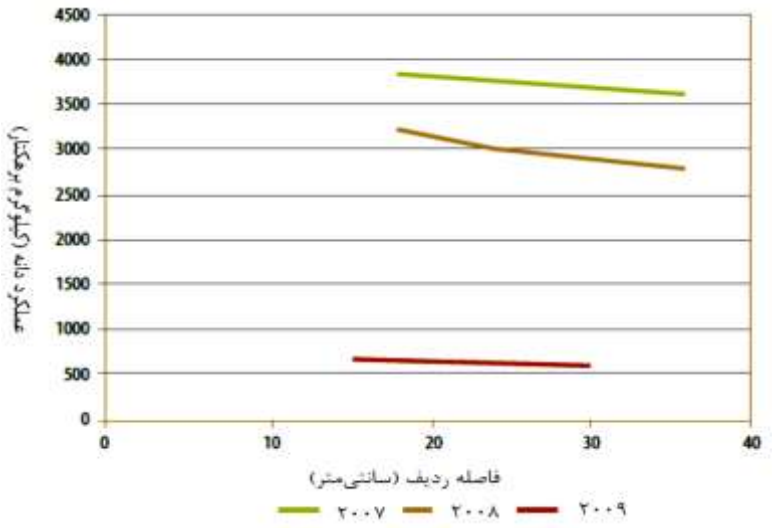
می‌دهد و موجب می‌شود که ساقه‌های اصلی نازک‌تر شده و شاخه‌های بارور نیز کم‌تر شود. کاهش مقدار دانه در زمان کاشت، منجر به تولید گیاهانی با ساقه‌های ضخیم و شاخ‌های بیشتر می‌شود، اما توسعه‌ی سطح برگ کم شده، مقدار زیست‌توده در زمان گلدهیکاهش یافته و در نهایت عملکرد نیز کاهش می‌یابد.

فاصله‌ی ردیف

کلزا به‌طور معمول در فواصل ردیف ۱۵ سانتی‌متری کاشته می‌شود، اما استفاده از سیستم‌های کشت مستقیم و حفظ بقایای گیاهی منجر به استفاده از فواصل گیاهی عریض‌تر و امکان کاشت بین ردیفی با استفاده از سیستم‌های راهنمای GPS شده‌است. آزمایش‌های اخیر در جنوب NSW نشان داده‌است که عریض‌کردن فواصل کشت کلزا، زمانی که فواصل ردیف بیش‌تر از ۳۵ سانتی‌متر شوند، سبب کاهش عملکرد می‌شود (شکل۱-۱۱).

پوشش بقایای گیاهی

کشت کلزا در منطقه‌ای که از بقایای گیاهی زیادی پوشیده شده‌است، مانع از سبزشدن و استقرار گیاه می‌شود و کارآیی بعدی گیاه را کم می‌کند. چنانچه مقدار بقایای گیاهی روی زمین کم‌تراز سه الی چهار تن درهکتار باشد، آسیب کمی به سبزشدن و استقرار گیاه می‌زند.



شکل ۱-۱۱: تأثیر فاصله‌ی ردیف بر عملکرد دانه‌ی کلزا در منطقه‌ی کوورا در سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ (منبع: DPI).

شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد کلزا و خردل در تراکم گیاهی کم‌تر، شاخه‌ی بیش‌تری تولید می‌کنند.
حتی در سال‌های خشک و با وجود ردیف‌های کشت عریض‌تر، عملکرد کلزا کاهش می‌یابد.

تأثیر کاه و کلش بیش‌تر فیزیکی است تا شیمیایی (یعنی به سمیت کاه و کلش ارتباطی ندارد). تأثیر کاه و کلش وقتی مستقیماً روی ردیف کاشت دانه، قرارمی‌گیرد بیش‌تر می‌شود. چنانچه کاه و کلش به‌طور مستقیم و دور از گیاهچه‌های سبزشده‌ی کلزا، روی ردیف قرار بگیرد می‌توان تأثیر فیزیکی آن را نادیده گرفت.

کاه و کلش به دلایل زیر می‌تواند رشد را کاهش دهد:

- سبزشدن گیاه و برگ را کم می‌کند.
- رشد ریشه و ساقه را کاهش می‌دهد.
- انرژی هیپوکوتیل را که باید صرف ریشه و برگ‌ها شود، به مصرف می‌رساند.
- شیوع بیماری‌های گیاهچه را افزایش می‌دهد.

در نهایت، سبب کاهش تعداد بوته، در واحد سطح شده و اندازه‌ی گیاه را کم کرده و باعث کاهش سطح برگ و زیست‌توده می‌شود.

کاه.و کلش موجب بلندتر شدن هیپوکوتیل گیاهان می‌شود. همچنین قدرت ظهور برگ را کم کرده و گیاه را برای زمان بیش‌تری به انرژی دانه متکی می‌نماید.

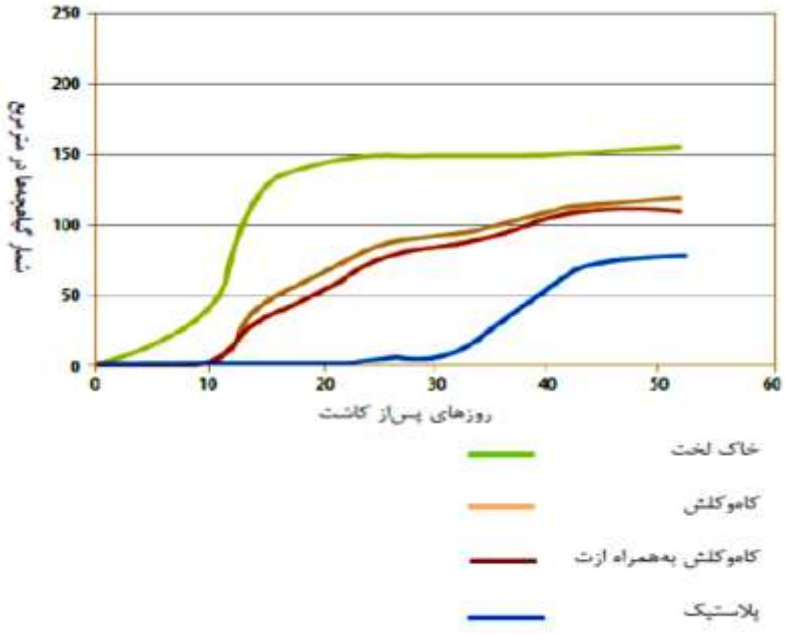
اثرات کاه و کلش بر تابش نور

به‌طور معمول کاه و کلش مقدار و کیفیت طیف نور دریافتی توسط گیاه را کاهش می‌دهد. در مجموع، مقدار نور قابل‌استفاده، خصوصاً مقدار نور آبی و نسبت نور قرمز به مادون قرمز توسط کاه و کلش کاهش می‌یابد. به‌دنبال این مسأله، تجمع ماده‌ی خشک نیز کاهش می‌یابد. کاهش در نسبت نور قرمز به نور مادون قرمز سبب بلندتر شدن هیپوکوتیل می‌شود. این مسأله شدیداً گیاهچه‌های کلزا را ضعیف می‌کند. بلندتر شدن هیپوکوتیل بیش‌تر از این‌که تحت‌تأثیر سایه‌اندازی باشد، تحت‌تأثیر کیفیت

طیف نور می‌باشد. عموماً، نورهای با شدت پایین، سبب کاهش فتوسنتز در گیاهچه‌های سبزشده می‌شود و لذا مقدار رشد و سبزشدن آن‌ها روی لایه‌ی حاوی مالچ کاهش می‌یابد (شکل ۱-۱۲).

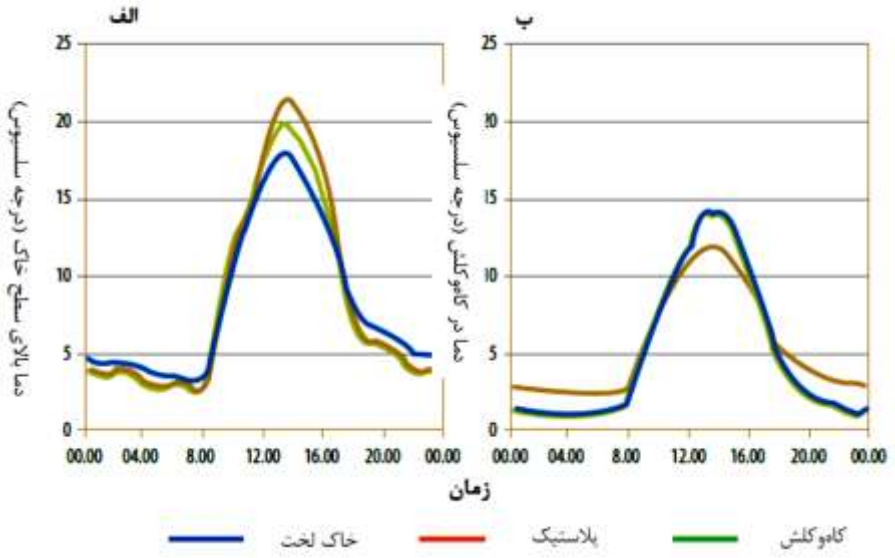
اثرات دمائی بقایای گیاهی

کاه و کلش در مقایسه با خاک لخت، تغییرات روزانه‌ی بیش‌تری از لحاظ مقدار دما در سطح خاک ایجاد می‌کند (شکل۱-۱۳). نقطه‌ی رشدی گیاهچه‌های کلزا در بالای سطح خاک قرار دارد، به همین دلیل، در برابر این تغییرات دمایی در معرض خطر می‌باشد. شاید دماهای پایین در اثر یخبندان، سبب مرگ گیاهچه‌ها شوند و این مسأله موجب تراکم کم‌تر گیاه می‌شود.



شکل ۱-۱۲: تأثیر ۵ تن برهکتار کاه و کلش گندم روی سبزشدن کلزا (منبع: DPI).

کاه و کلش سرعت سبزشدن گیاهچه‌ها و در نتیجه تعداد بوته در مترمربع را کاهش می‌دهد.
مقدار ۵ تن درهکتار کاه و کلش گندم، سبزشدن را به اندازه‌ی ۲۵ درصد، استقرار گیاه را تا ۳۳ درصد، زیست‌توده‌ی رویشی را تا ۴۶ درصد و عملکرد را تا ۲۶ درصد کاهش می‌دهد.



شکل ۱-۱۳: متوسط دمای هوای اندازه‌گیری‌شده در الف) سطح خاک و ب) در کاه و کلش (منبع: DPI).

تغییرات روزانه بیش‌تری در دمای سطح کاه و کلش (پنج تن درهکتار) در مقایسه با سطح خاک وجود دارد (کاه و کلش باید بلافاصله قبل از کاشت توسط چنگک جمع‌آوری شود).

بقایای گیاهی، دمای سطح خاک را تغییر می‌دهند، این در صورتی می‌باشد که تغییرات دما در بقایای گیاهی بیشتر از سطح خاک می‌باشد.

در مزرعه

در ادامه، نمونه‌هایی از فعالیت‌هایی که برای تشریح مراحل جوانه‌زنی و سبزشدن، در این فصل مورد بحث قرار گرفتند، آورده شده‌است. تمرین‌های عملی برای کمک به کشاورزان در ارزیابی نمو محصولات آن‌ها در مراحل مختلف وجود دارد.

اندازه‌ی دانه

هدف: تعیین وزن هزاردانه‌ی یک محموله‌ی دانه‌ای

وزن هزاردانه‌ی کلزا به‌طور معمول ۳ تا ۶ گرم می‌باشد. برای این‌که بدانید وزن هزاردانه‌ی محموله‌ی شما در این محدوده قرارمی‌گیرد.

۱- از هر محموله دانه‌ای به‌اندازه‌ی کاشت تعداد ۲۰۰ دانه را بشمارید.
۲- بذوری را که از بوجاری و الک رد می‌شوند را دور بیندازید.
۳- تعداد ۲۰۰ دانه را با دقت ۰/۱ گرم وزن نمایید.
۴- نتایج را تا ۵ بار برای محاسبه‌ی وزن هزاردانه بررسی کنید.
۵- آزمایش را ۵ بار تکرار کنید.

محاسبه	وزن هزاردانه (گرم)	
	محموله‌ی دانه‌ی اول	محموله‌ی دانه‌ی دوم
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
میانگین		

محاسبه‌ی درصد جوانه‌زنی محصول شما.

هدف: محاسبه‌ی درصد جوانه‌زنی یک محموله‌ی دانه‌ای

درصد جوانه‌زنی مناسب کلزا ۸۵ درصد می‌باشد. برای محاسبه‌ی درصد جوانه‌زنی کلزای خود:

۱- تعداد ۵۰ عدد بذر را از کل بذری که قرار است کشت شود، بشمارید.
۲- ۴ برگ دستمال کاغذی را روی هم قرار داده و آن‌ها را مرطوب نمایید (خیس نشود).
۳- ۵۰ عدد دانه‌ی کلزا را به فاصله‌ی ۱۰ میلی‌متر از یکدیگر روی دستمال کاغذی قرار دهید.
۴- دانه‌ها را به‌شکل ساندویچ در دستمال کاغذی بپیچید.
۵- یک تکه پارچه (دستمال دست) را در آب خیس کنید و سپس دستمال کاغذی‌های حاوی بذر را در داخل آن قرار داده و دستمال را با نوارهای لاستیکی محکم نمایید.
۶- نمونه را در یک کیسه‌ی پلاستیکی قرار داده و محکم کنید و در یک جای گرم قراردهید (مانند طاقچه و یا نزدیک پنجره در آشپزخانه) و تا ۷ روز نگهدارید.

۷- آن را باز کنید و تعداد بذوری را که جوانه نزده بشمارید.
۸- محاسبات را به‌صورت زیر انجام دهید:

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد بذوری که جوانه نزده اند} - \text{تعداد بذور آزمایش شده}}{50} \times 100$$

۹- این فرمول را برای ۵ تکرار محاسبه کنید.

تعداد نمونه	درصد جوانه‌زنی	
	نمونه‌ی۱	نمونه‌ی ۲
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
میانگین		

محاسبه‌ی مقدار دانه‌ی موردنیاز برای کاشت

هدف: محاسبه‌ی مقدار دانه‌ی موردنیاز برای کاشت، بر پایه‌ی تراکم گیاه هدف.

۱- تراکم گیاه هدف را مشخص کنید (دستورالعمل کاشت ارقام زمستانه DPI را مشاهده نمایید).
۲- وزن هزاردانه را محاسبه نمایید.
۳- از فرمول زیر برای محاسبه‌ی مقدار دانه‌ی موردنیاز استفاده کنید:

$$\text{دانه موردنیاز} \left(\frac{kg}{ha}\right) = \frac{\text{وزن } 1000 \text{ دانه به گرم} \times \text{ تراکم موردنظر} \div 100}{\text{درصد جوانه زنی} \times \text{ درصد استقرار}}$$

عامل	نمونه‌ی۱	نمونه‌ی۲	تمرین۱	تمرین۲
تراکم موردنظر	۴۵	۴۵		
وزن هزاردانه (گرم)	۳	۶		
استقرار	۰/۸=٪۸۰	۰/۸=٪۸۰		
جوانه‌زنی	۰/۹ = ٪۹۰	۰/۹ = ٪۹۰		
مقدار دانه‌ی لازم	۱/۹	۳/۸		

عمق کاشت

هدف: اندازه‌گیری طول هیپوکوتیل و عمق کاشت

۱- تعداد ۱۰ بوته‌ی کلزا در روی ردیف را که شامل دانه و ریشه در دو ردیف می‌باشد، به‌دقت از خاک خارج کنید.

۲- عمق دانه تا سطح خاک را محاسبه نمایید (انتهای هیپوکوتیل تا ابتدای ساقه‌ی سبز).

۳- طول هیپوکوتیل ۱۰ بوته را برای هر ردیف، در جدول زیر ثبت کنید؛ میانگین طول هیپوکوتیل‌ها را محاسبه نموده و سپس عمق دانه را تعیین نمایید.

تعداد شمارش	طول هیپوکوتیل (سانتی‌متر)	
	ردیف اول	ردیف دوم
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		
۱۰		
میانگین		

ابزارهای کاشت و جایگذاری دانه

هدف: مقایسه‌ی عمق کاشت ادوات مختلف کاشت

۱- مقایسه‌ی عمق کاشت روی ردیف‌های کشتی که با انواع مختلف کارنده‌ها و یا در خاک‌های مختلف کشت شده‌اند.

۲- آزمون عمق ردیف‌های کاشت مختلف،

۳- بررسی از هم‌پاشیدن خاک در کشت مستقیم و پیامد آن برای سبزشدن دانه،

۴- در شیارهای عمیق نگاه کنید و رشد گیاهچه‌ها را در مقایسه با نواحی بدون شیار، در آن مقایسه کنید.

۵- به اختلاف طول هیپوکوتیل‌ها در طول مراحل لپه‌ای و نمو برگ توجه نمایید.
۶- طول هیپوکوتیل ۱۰ بوته در هر ردیف را ثبت کنید و نتایج را مقایسه نمایید.
۷- تاریخ‌های سبزشدن را مقایسه نمایید.
۸- چرخ‌ها را فشار دهید: ردیف‌ها را برای علائم سله‌بستن، سبزشدن گیاهچه‌های ضعیف و اثرات تغییرات نوع خاک، بررسی کنید.
۹- کاه و کلش: آیا تفاوت‌های محسوس در سبزشدن وجود دارد؟ آیا وسیله‌ی کشت کاه و کلش را کنار زده‌است؟ آیا می‌توانید اثرات سایه‌اندازی را مشاهده نمایید؟

استقرار

هدف: تعیین یکنواختی استقرار گیاهچه‌ها
۱- جایگذاری دانه، شرایط رطوبت و بقایای گیاهی را در زمان کاشت بررسی نمایید.
۲- یکسانی اندازه‌ی گیاهچه‌ها را مشاهده کنید.
۳- طول هیپوکوتیل‌های ۱۰ بوته از هر ردیف را ثبت و نتایج را مقایسه کنید.
۴- تاریخ‌های سبزشدن را مقایسه کنید. آیا بیش‌تر از یک تاریخ کاشت وجود دارد؟ راهنمایی: ارقام مرسوم و هیبرید و تاریخ‌های کاشت را با هم مقایسه کنید.

تراکم گیاه

هدف: تعیین درصد استقرار و تراکم گیاه در هر ردیف
۱- شمارش بوته‌ها در طول ۱ متر (نیم متر از هر طرف ردیف یا در طول ردیف) از ردیف و در ۱۰ بخش که به‌صورت تصادفی انتخاب شده‌اند.
۲- جمع‌کردن ۱۰ شمارش و تقسیم آن بر ۱۰، برای مشخص کردن متوسط تعداد بوته‌های یک ردیف در متر
۳- ضرب‌کردن متوسط تعداد بوته‌ها در عامل فاصله‌ی ردیف (سوکی یا بشقابی):

30 cm = 3/33	17/5 cm = 5/71
33 cm = 3/03	20 cm = 5/00
36 cm = 2/77	22/5 cm = 4/44
40 cm = 2/50	25 cm = 4/00
50 cm = 2/00	27/5 cm = 3/36

۴- کار را برای ردیف‌های مختلف تکرار کرده و نتایج را با هم مقایسه کنید

تعداد شمارش	تراکم گیاه	
	ردیف اول	ردیف دوم
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		
۱۰		
تعداد کل		
متوسط در هر متر ردیف		
تعداد بوته در مترمربع		

منابع

Boyd and Van Acker 2004, Imbibition response of green foxtail, canola, wild mustard seeds to different osmotic potential. *Canadian Journal of Botany,* 82(6), 801–806.

Brennan R 2006, *Nutrients in canola: maintaining the balance in your rotation.* DAFWA Farmnote 203/December. Bruce SE, Kirkegaard JA, Pratley JE, Howe GN 2005, Impacts of retained wheat stubble on canola in southern NSW. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45, 421–433.

Bruce SE, Kirkegaard JA, Pratley J, Howe G 2006a, Growth suppression of canola through wheat stubble. I. Separating physical and biochemical causes in the field. *Plant and Soil* 281, 203–218.

Bruce SE, Ryan MH, Kirkegaard, Pratley J 2006b, Improving the performance of canola in retained wheat stubble. *Australian Journal of Agricultural Research* 57, 1203–1212.

Bruce SE, Ryan MH, Hely S, Kirkegaard JA, Pratley J 2006c, Growth suppression of canola through wheat stubble. II. Investigating impacts of hypocotyl elongation using simulated stubble. *Plant and Soil* 281, 219–231.

Canola Council of Canada 2003, Canola Growers Manual. Canola Council of Canada, Alberta. www.canola-council.

org/canola_growers_manual.aspx

Canola Council of Canada 2009, *Canola Growers Manual.* Canola Council of Canada, Alberta. www.canolacouncil. org/contents3.aspx

Clune TS, Copeland L 1999, Effects of aluminium on canola roots. *Plant and Soil* 216, 27–33.

Gunasekera CP, Martin LD, Siddique KHM, Walton GH 2006, Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments:1. Crop growth and seed yield. *European Journal of Agronomy* 25, 13–21.

I&I NSW 2011, *Winter crop variety sowing guide.* Industry & InvestmentNSW, Orange. www.dpi.nsw.gov.au/ agriculture/field/field-crops/wintercereals/ winter-crop-variety-sowing guide.

Irrigated Cropping Forum 2007, *Oilseed News* 37, November. Irrigated Cropping Forum, Horsham Vic.

Nyborg M, Hennig AMF 1969, Field experiments with different placementsof fertilizers for barley, flax and rapeseed.

Canadian Journal of Soil Science 49, 79–88.

Nykiforuk CL, Johnson-Flanagan AM 1999, Storage reserve mobilisation during low temperature germination and early seedling growth in *Brassica napus. Plant Physiology Biochemistry* 37(12),939–947.

Price G (ed) 2006, *Australian Soil Fertility Manual*, 3rd edn, Fertiliser Industry Federation of Australia, CSIRO Publishing.

Reithmuller G, Alam R, Hamilton G, Hawksley J 2002, Large canola seed is best, particularly for deep sowing. *GRDC Update*, WA.

Reuss R, Cassells J 2003, The effect of storage conditions on the quality of Australian canola (rapeseed), *Brassica napus* L. In *Advances in Stored Product Protection:*

Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, York, England, 2002. Credland PF, Armitage DM, Bell CH, Cogan PM, Highley E (eds). CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp 498–503.

Santonoceto C, Hocking PJ, Braschkat J, Randall PJ 2002, Mineral nutrient uptake and removal by canola, Indian mustard, and Linola in two contrasting environments, and implications for carbon cycle effects on soil acidification.

Australian Journal of Agricultural Research 53, 459–470.

Scott BJ, Fleming MR, Conyers MK, Chan KY, Knight PG 2003, Lime improves emergence of canola on an acidic hard setting soil. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 155–161

The Seed Biology Place 2009, Seed structure and anatomy. www.seedbiology.de/structure.asp.

Walton G 1998, Don't sow canola too deep. *Highlights of Oilseeds Research and Development in Western Australia.* Grains Research and Developmen Corporation, ACT

فصل دوم

رشد رویشی

نگاه اجمالی فصل	
رشد رویشی رشد ریشه نرخ رشد ریشه، چگالی ریشه، عمق ریشه، عوامل محدودکننده‌ی نفوذ ریشه، گلوکوزینولات‌های ریشه رشد برگ مراحل رشد ۲/۰ – ۱/۰ تشکیل روزت مرحله‌ی رشد ۲/۰ شاخه‌دهی ساقه مراحل رشد ۲/۹ – ۲/۰	عوامل تأثیرگذار بر رشد رویشی فتوسنتز و تنفس، تعرق، تجمع ماده‌ی خشک و سطح برگ، دما، رطوبت، تغذیه، چرای دام منابع و مطالعه‌ی بیش‌تر تمرین‌ها آزمون سیستم ریشه، بررسی مرحله‌ی رشد گیاه، ارزیابی ماده‌ی خشک، کود سرک نیتروژنی و گوگرد، پایش آفات، بیماری‌ها و آسیب

مقدمه
در فصل۲، رشد رویشی کلزا و عوامل تأثیرگذار بر آن را توضیح داده می‌شود. هدف این فصل کمک به شما در اتخاذ مدیریت مؤثر در کشت کلزا می‌باشد؛ به‌واسطه‌ی فهم این موضوع که کلزا چگونه رشد می‌کند و این رشد چگونه می‌تواند تحت‌تأثیر روش‌های مختلف مدیریت قرارگیرد. اثرگذاری نهاده‌های پس‌از کاشت نظیر علف‌کش ها، کودها و آبیاری، با مرحله‌ی رشد متفاوت می‌باشد. زمان مناسب استفاده بر پایه‌ی مرحله‌ی رشد محصول می‌تواند کارآیی نهاده را بهبود بخشیده و مانع از آسیب به گیاه و ضرر اقتصادی شود.

خروجی‌های یادگیری
در پایان این فصل شما قادر خواهید بود:
تعیین تفاوت بین رشد و نمو،
چگونگی رشد سیستم ریشه را توضیح دهید.
فتوسنتز، تنفس و تعرق را توضیح دهید.
چگونگی تجمع ماده‌ی خشک و زیست‌توده را متوجه شوید.
نقش تغذیه‌ی گیاهی را در طول مرحله‌ی رشد توضیح دهید.
ساقه‌ی اصلی، شاخه‌ها، غلاف‌ها و بذور گیاه کلزا را تشخیص دهید.
ماده‌ی خشک یا زیست‌توده‌ی یک محصول را ارزیابی نمایید.

رشد رویشی

تمایز بین رشد و نمو مهم است. رشد، افزایش در اندازه‌ی گیاه در نتیجه‌ی تجمع ماده‌ی خشک می‌باشد. در ابتدا قندها و سپس مواد ساختاری و ذخیره‌ای در برگ‌ها، ساقه‌ها و میوه، تجمع می‌یابند. نمو، توسعه‌ی یک گیاه در نتیجه‌ی مراحل چرخه‌ی زندگی آن می‌باشد. مرحله‌ی رویشی (از زمان کاشت تا ظهور اولین گل) بسته‌به تاریخ کاشت و شرایط رشد، ۴۰ تا ۶۰ روز به‌طول می‌انجامد.

رشد ریشه

عملکرد سیستم ریشه، جذب آب و مواد غذایی جهت رشد گیاه می‌باشد. وجود ریشه‌های سالم که توسط محدودیت‌های خاک محدود نشده باشند، برای دستیابی به بیشینه‌ی عملکرد ضروری می‌باشند. همچنین، ریشه‌ها تنظیم‌کننده‌های رشد یا هورمون‌های گیاه را نیز تولید می‌کنند. گیاه کلزا دارای ریشه‌های اصلی می‌باشد. ریشه‌های اصلی در صورت نبود موانع اصلی در نیمرخ خاک، به‌صورت عمودی و ریشه‌های کوچک‌تر در همه‌ی جهات رشد می‌کنند و به گیاه جوان اجازه‌ی جذب آب و موادغذایی می‌دهند. سیستم ریشه‌ی کلزا تا زمان مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه، می‌تواند تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری خاک رشدنماید. ریشه‌ها به‌وسیله‌ی ریشه‌های ریز و مویین، پوشیده شده‌اند که سطح ویژه‌ی ریشه‌ها را شدیداً افزایش می‌دهند. با احتساب ریشه‌های مویین، ریشه‌ی هر گیاه می‌تواند سطح ویژه‌ی کل، برابر با مقدار ۱۰۰ مترمربع داشته‌باشد. کلزا، در مقایسه با بسیاری از محصولات زراعی، ریشه‌های مویین بلندتری دارد. در شرایطی که مقدار فسفر خاک پایین باشد، ریشه‌های مویین برای جذب بیشتر فسفر خاک، هم از نظر چگالی و هم از نظر طول، افزایش بیشتری می‌یابند.

مقدار رشد ریشه

رشد ریشه در نتیجه‌ی تقسیم سلولی و توسعه‌ی نوک ریشه می‌باشد. چنانچه، رطوبت خاک مناسب باشد، توسعه‌ی ریشه با میانگین نزدیک دو سانتی‌متر در روز، تقریباً ثابت است. ریشه‌های کلزا روزانه تا هشت میلی‌متر رشد می‌کنند. محصولات زودکاشت نسبت‌به محصولات دیرکاشت دارای سیستم‌های ریشه‌ی گسترده‌تری می باشند، چراکه زمان بیش‌تری برای رشد دارند.

ریشه‌ها برای جستجوی آب و موادغذایی رشد نمی‌کنند، بلکه آب و مواد غذایی را که در خلل و فرج خاک با آن‌ها در تماس هستند، جذب می‌کنند.

چگالی ریشه

حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد ریشه‌ی کلزا در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک قرار دارد. چگالی ریشه‌ی کلزا در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک، عموماً ۶۵ درصد چگالی ریشه‌ی گندم می‌باشد. کم‌تر از یک درصد چگالی نیز زیر عمق یک متری مشاهده می‌شود. سطح ویژه‌ی ریشه برای جذب آب و موادغذایی از خاک، بسیار مهم می‌باشد.

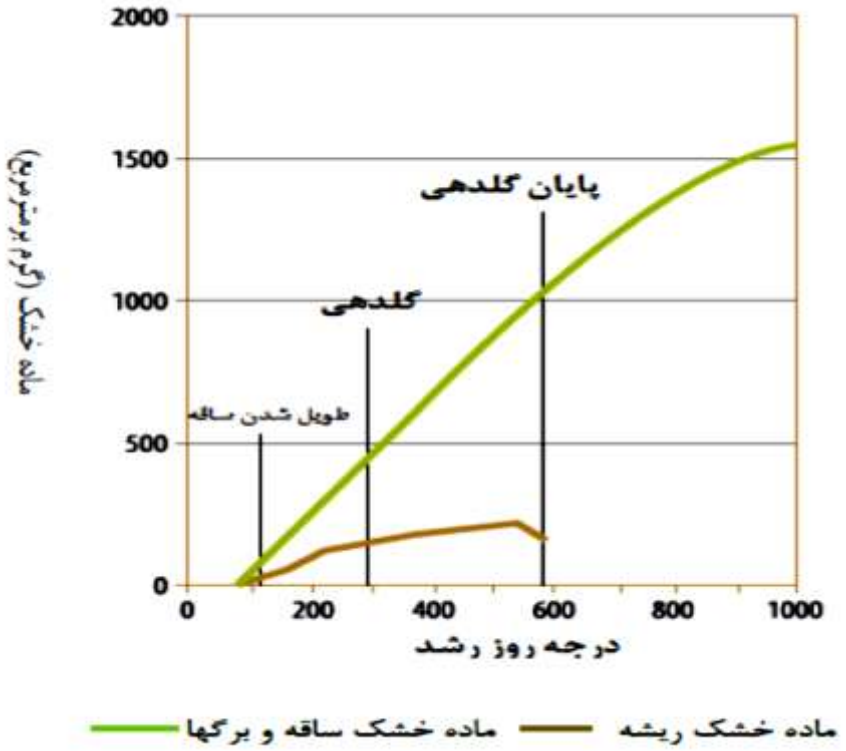
عمق ریشه

ریشه‌ها در زمان سبزشدن، سه تا پنج سانتی‌متر عمق خواهند داشت. پس از استقرار، سیستم ریشه سریعاً رشد می‌کند. نوک ریشه به سمت پایین خاک گسترش می‌یابد و ریشه‌های ثانویه به‌صورت افقی رشد می‌کنند ، ریشه به صورت مستقیم، برای جستجوی آب و منابع غذایی به سمت پایین می‌رود. عمق سیستم ریشه به عواملی مانند نوع خاک، مقدار رطوبت، دما، شوری و ساختمان فیزیکی خاک وابسته است. در اوایل فصل، کلزا می‌تواند آب را تا عمق ۴۰ سانتی‌متری جذب کند. همچنین در زمان گلدهی، طول ریشه به ۸۰ درصد بیشینه‌ی عمق آن می‌رسد (شکل ۲-۱ را مشاهده نمایید). در زمان رسیدگی، ریشه‌ها تا عمق ۱۱۰ سانتی‌متری نفوذ می‌کنند. در برخی خاک‌ها، ریشه‌ها می‌توانند آب و موادغذایی را از اعماق بیش از ۱/۵ متر نیز جذب کنند.

شکل ۲-۱: تغییر در ماده‌ی خشک و سطح ویژه‌ی ریشه در عمق ۱۰۰-۰ سانتی‌متری نیمرخ خاک، از مرحله‌ی سبزشدن تا پایان گلدهی.

ماده‌ی خشک و سطح ویژه‌ی ریشه‌ها تا قبل از پایان مرحله‌ی گلدهی افزایش می‌یابد (منبع: DPI).

شعاع ریشه در ابتدای رشد، سریعاً افزایش یافته و سپس تا پیش از طویل شدن ساقه، ثابت می‌ماند. بیشینه‌ی مقادیر کربوهیدارت‌های غیرساختمانی و نیتروژن، در پایان مرحله‌ی روزت ذخیره می‌شود. این منابع، عمدتاً برای رشد مجدد برگ‌ها در بهار استفاده می‌شوند. سطوح ماده‌ی خشک زیر سطح خاک (ریشه) با پایان مرحله‌ی گلدهی، درست قبل از کاهش سطح ماده‌ی خشک بالای خاک (ساقه)، شروع به کاهش می نماید(شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲: مقایسه‌ی تجمع ماده‌ی خشک بالای سطح خاک (برگ‌ها و ساقه) و زیر سطح خاک (ریشه‌ها) (منبع: DPI).

سطوح ماده‌ی خشک زیر سطح خاک (ریشه) با پایان مرحله‌ی گلدهی، درست قبل از کاهش سطح ماده‌ی خشک بالای خاک (ساقه)، شروع به کاهش می‌کند.
بیشینه‌ی ماده‌ی خشک، سطح ویژه و طول ریشه در اواخر مرحله‌ی گلدهی به‌دست می‌آید.
در پایان مرحله‌ی گلدهی، نسبت ساقه به ریشه ۸:۱ می‌باشد.

عوامل محدودکننده‌ی نفوذ ریشه

عوامل محدودکننده‌ی نفوذ ریشه در خاک؛ شامل تنش غرقابی، خشکی خاک، تراکم خاک، رقابت علف‌های هرز برای آب و مواد غذایی، دماهای سرد خاک و لایه‌ی نمک می‌باشد. ریشه‌ی بوته‌های کلزا

در خاک‌های شور، آب گرفته یا خشک نمی‌تواند رشد کند. طی دوره رشد ریشه ها، آنها اکسیژن خاک را مصرف و دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند. کاهش تهویه‌ی خاک، در نتیجه‌ی وجود آب زیاد یا تراکم خاک، منجر به کاهش سطح اکسیژن و افزایش میزان دی‌اکسید کربن شده و در نهایت، سبب مرگ ریشه می‌شود. رطوبت خاک سطحی به‌همراه خشکی خاک زیرین در طول مرحله‌ی اول رشد گیاه، موجب ایجاد ریشه‌ی سطحی می‌شود. ریشه‌ها در خاک خشک، تنها کمی دورتر از منطقه‌ی دارای آب کافی نفوذ می‌کنند. حشرات (مانند کرم مفتولی) و بیماری‌ها (قارچ رایزوکتینیا یا پیتیوم) می‌توانند به ریشه آسیب رسانده و جذب آب و موادغذایی را محدود نمایند. کلزا و خردل برای این‌که بتوانند آب را به برگ‌ها رسانده و وضعیت آبی خود را حفظ کنند، به ریشه‌های عمیق نیاز دارند. در صورتی‌که گیاهان خانواده‌ی براسیکا ریشه‌ی خود را در نواحی خشک خاک توسعه داده و گیاه مجبور به استفاده از آب سطحی می شود؛ در نتیجه خطر کاهش عملکرد افزایش می‌یابد، مگر این‌که بارندگی کافی در فصل بهار بتواند گیاه را از تنش آبی دور نگه‌دارد.

گلوکوزینولات‌های ریشه

ارقام جدید کلزا به‌خاطر مقدار پایین گلوکوزینولات‌های موجود در دانه انتخاب شده‌اند. هرچند، ریشه‌ی کلزا هنوز حاوی این ماده می‌باشد،گلوکوزینولات ها سریعاً برای حمایت از رشد محصول تولید می‌شوند. آن‌ها به‌صورت نیتروژن، کربن و خصوصاً گوگرد ذخیره می‌شوند. برخی از این مواد جلوی عوامل بیماری‌زای خاک را می‌گیرند، لذا تصور می‌شود که کلزا گیاه مناسبی برای جایگزینی غلات می‌باشد.

لاین‌های کلزا با مقادیر بالای گلوکوزینولات، کم‌تر میزبان نماتد ریشه‌ی غلات (*Pratylenchus neglectus*) به‌حساب می‌آیند. وقتی کلزا به‌صورت کود سبز با خاک مخلوط می‌شود، ایزوتیوسیانات‌ها در نتیجه‌ی تجزیه‌ی گلوکوزینولات‌ها، از ریشه‌ها ترشح می‌شوند. ایزوتیوسیانات‌ها برای طیفی از قارچ‌های بیماری‌زای خاکی، سمی می‌باشند. این خصوصیت سمی به ضدعفونی‌کننده‌ی زیستی معروف است

ضدعفونی‌کننده‌ی زیستی (biofumigation)

مرگ قارچ‌های بیماری‌زای خاکی، در اثر رها سازی ایزوتیوسیانات‌ها از ریشه در نتیجه‌ی تجزیه‌ی گلوکوزینولات.

گلوکوزینولات اصلی ریشه‌ی 2-phenylethyl glucosinolate می‌باشد. غلظت کل گلوکوزینولات به‌طور محسوسی در میان ارقام، متغیر است (از ۵ تا ۲۰ میکرومول برگرم). بیش‌تر گلوکوزینولات‌ها که ایزوتیوسیانات‌ها را آزاد می‌کنند در نوک ریشه و ریشه‌های جانبی با قطر بیش‌تر از دو میلی‌متر قرار دارند. بیش‌ترین غلظت گلوکوزینولات‌ها در ارقام بهاره‌ی کلزا، در مرحله‌ی گلدهی مشاهده می‌شوند همچنین دارای بیش‌ترین چگالی ریشه می‌باشد.

رشد برگ – مراحل رشدی ۱/۰-۲/۰

اولین برگ حقیقی چهار الی هشت روز پس از سبزشدن گیاهچه‌های کلزا، ظاهر می‌شود (شکل ۲-۳). نقطه‌ی رشدی (مریستم انتهایی) در محل اتصال لپه‌ها قرارگرفته‌است، که مریستم پریموردیا (یعنی برگ‌هایی که در اولین مرحله‌ی توسعه قرار دارد) را به‌وجود می‌آورد. ظهور برگ در ابتدا بسیار سریع می‌باشد. تولید و رشد اولین برگ‌ها توسط بیشینه‌ی تابش خورشیدی کنترل می‌شود. گیاه با سرعت حدود هفت الی ۱۰ روز به تولید برگ ادامه می‌دهد (شکل ۲-۴) تعداد مشخصی برای برگ‌های گیاه کلزا وجود ندارد. یک بوته‌ی کلزا، در شرایط خوب رشد به‌طور نرمال ۱۰ الی ۱۵ برگ در هر ساقه‌ی اصلی تولید می‌کند که به رقم، زمان کاشت، تغذیه، تراکم گیاه و رطوبت قابل‌استفاده‌ی خاک بستگی دارد.

شکل ۲-۳: اولین (چپ) و دومین برگ (راست) حقیقی کلزا (منبع: DPI).

شکل ۲-۴: برگ کلزا (منبع: DPI).

یک برگ بالغ و بدون تنش آبی مساحتی بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ سانتی‌مترمربع خواهد داشت. تشکیل برگ بین مرحله‌ی جوانه‌زنی و شروع نمو زایشی ادامه می‌یابد. به‌محض این‌که نمو زایشی شروع می‌شود، نوک اولین غنچه‌ی گل، خوشه انتهایی را ایجاد می‌کند. در همین زمان،که غنچه‌های گل نمایان می‌شوند، برگ‌های پیر و مسن شروع به افتادن می‌کنند.

تشکیل روزت: مرحله رشدی ۲/۰

کلزا به‌سرعت به مرحله روزت می‌رود و فاصله میانگره‌ها کم شده و برگ‌ها به‌صورت کپه‌ای درمی‌آیند (شکل ۲-۵) و در این مرحله برگ‌های مسن در قاعده، افزایش‌یافته و برگ‌های کوچک‌تر و جوان‌تر از مرکز توسعه می‌یابد. کلزا در مرحله‌ی روزت شش برگ سبزآبی مومی تولید می‌کند. اگرچه در این مرحله‌ی رشدی، ضخامت ساقه افزایش می‌یابد، اما لزوماً طول ساقه تغییر نمی‌کند. یک برگ مجزا، در هر گره به ساقه متصل می‌شود.

شکل ۲-۵: غنچه‌ی گل نشأت‌گرفته از گوشه‌ی برگ کلزا (منبع: DPI).

شاخه‌دهی

ایجاد شاخه از زمان طویل‌شدن ساقه و یا پیش از آن، آغاز می‌شود. شاخه‌ها از غنچه‌های واقع شده در گوشه‌ی برگ‌ها (عمدتاً برگ‌های بالایی) منشاء می‌گیرند. در هر شاخه یک تا چهار برگ و یک

غنچه‌ی گل ایجاد می‌شود. این شاخه‌ها مهم هستند، زیرا خسارات ناشی از استقرار ضعیف، بیماری یا تگرگ را جبران می‌کند.

خوشه (raceme)
یک شاخه‌ی گلدار بدون انشعاب می‌باشد که با استفاده از غنچه‌های گل به ساقه‌های کوتاه به‌نام دمگل متصل می‌شود. این اندام، شاخه‌ی گل‌ها را در انتهای ساقه به وجود می‌آورد.

طویل‌شدن ساقه: مرحله‌ی رشدی ۲/۹-۲/۰

طویل‌شدن ساقه (شکل ۲-۶) با توسعه‌ی برگ همزمان است و معمولاً پس از ظهور هشتمین یا نهمین برگ کلزا، اتفاق می‌افتد.

مراحل طویل‌شدن ساقه با تعداد میانگره‌های موجود در روی ساقه تعیین می‌شود؛ برای مثال یک بوته‌ای که خیلی خوب رشد کرده، تعداد ۱۵ تا ۲۰ میانگره با فاصله‌ی پنج تا ۱۰ میلی‌متر تولید می‌کند. یک برگ در محل میانگره به ساقه متصل می‌شود. در مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه، ظهور گل و شاخه آغاز می‌شود. بیشینه‌ی طول ساقه، در زمان گلدهی کامل اتفاق می‌افتد. قطر و ارتفاع ساقه معمولاً تحت‌تأثیر تاریخ کاشت، رطوبت، رقم، حاصلخیزی خاک و تراکم گیاه می‌باشد. ارقام جدید کلزای استرالیا، ارتفاعی از ۱۰۰ – ۷۰ تا ۱۷۰-۱۵۰ سانتی‌متر دارند. همچنان‌که ساقه طویل‌تر می‌شود، عمق ریشه نیز افزایش می‌یابد.

شکل ۲-۶: کلزا (رقم اسکیپتون) در مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه و اوایل گلدهی (منبع: DPI).

ساز و کاری که مدت دوره‌ی طویل‌شدن ساقه را تنظیم می‌کند، به عواملی که در ظهور گل دخیل هستند، بستگی دارد. طویل‌شدن ساقه بین ظهور گل و مرحله‌ی گلدهی اتفاق می‌افتد. طویل‌شدن ساقه به بهاره‌سازی (ورنالیزاسیون) حساسیتی ندارد (فصل سوم را مشاهده نمایید)، اما واکنش زیادی نسبت به تغییرات دما و دوره‌ی نوری نشان می‌دهد. طول این مرحله (از ظهور گیاهچه تا گلدهی) نسبت‌به مرحله‌ی قبل از ظهور گل، در عملکرد نهایی محصول اهمیت بیش‌تری دارد. رشد ساقه در انتهای مرحله‌ی گلدهی متوقف می‌شود. وزن ساقه مستقیماً به وزن خشک کل محصول وابسته است (شامل وزن برگ‌های مرده).

عوامل تأثیرگذار بر رشد رویشی

پیش از استقرار گیاه، رشد آن توسط منابع انرژی ذخیره‌شده در آندوسپرم دانه تأمین می‌شود. دانه تا یک هفته می‌تواند رشد گیاهچه را تأمین نماید (به اندازه‌ی دانه وابسته است)، پس از این مدت، گیاه برای تأمین موادغذایی به خاک و برای فتوسنتز به خورشید وابسته است. بلافاصله پس از ظاهرشدن دو لپه‌ی اولیه، رشد گیاه به انرژی تولیدشده توسط فتوسنتز وابسته می باشد . فعالیت‌های گیاه نظیر تبخیر و تعرق، فتوسنتز، جذب آب و انتقال موادغذایی، فعالیت آنزیمی و دیگر فعالیت‌های زیستی و شیمیایی به‌وسیله‌ی دما کنترل می‌شود. عوامل دیگر مانند رطوبت، نور (طول روز)، تغذیه و رقم بذر نیز در رشد گیاه نقش دارند، اما تأثیر آن‌ها کم‌تر می‌باشد.

فتوسنتز و تنفس

گیاهان انرژی مورد نیاز برای رشد خود را از نوری که در برگ‌های خود جذب می‌کنند، دریافت می‌نمایند. فتوسنتز (شکل ۲-۷) فرآیندی است که گیاهان از انرژی نوری برای تبدیل دی‌اکسید کربن به قندها استفاده می‌کنند. قندها به مواد تشکیل‌دهنده‌ی دیواره‌ی سلولی تبدیل می‌شوند که برگ‌ها، ساقه‌ها، ریشه‌ها و دیگر قسمت‌های گیاه را به‌وجود می‌آورند. قند اضافی نیز به‌صورت کربوهیدارت‌های محلول در آب، ذخیره می‌شود.

در صورت نبود نور، انرژی حاصل نمی‌شود (مثلاً در طول شب)، گیاه از منابع ذخیره‌شده‌ی نشاسته و ساکاروز خود استفاده می‌کند. این فرآیند، تنفس نام دارد (شکل۲-۸).

تبخیر و تعرق
ترکیب تلفات رطوبت از خاک و گیاه

شکل ۲-۷: فرآیند فتوسنتز

شکل ۲-۸: فرآیند تنفس

مقدار رشد گیاه شدیداً به مقدار نور جذب‌شده در برگ‌ها بستگی دارد. دما، سرعت برهم‌کنش‌های شیمیایی را که در فتوسنتز رخ می‌دهند، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. دامنه‌ی دمای مناسب برای فتوسنتز در گیاه کلزا، ۱۲ تا ۳۰ درجه‌ی سلسیوس بوده و دمای مطلوب برای رشد کلزا نیز ۲۵ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. در دمای کمتر از ۲۵ درجه‌ی سلسیوس سرعت رشد کند می‌شود و در دمای بین ۲۵ تا ۳۵ درجه‌ی سلسیوس تنش دمایی رخ می‌دهد، اگرچه، این نتیجه‌گیری هنوز قطعی نمی‌باشد. در نتیجهرقم، رطوبت و نور، اثرات دما را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

عواملی که فتوسنتز و در نهایت عملکرد محصول را تحت‌تأثیر قرارمی‌دهد شامل:

- آب قابل‌استفاده،
- عملیات کوددهی،
- انتخاب رقم،
- میزان دانه‌ی مورد استفاده در زمان کاشت،
- عمق کاشت،
- علف‌های هرز،
- کنترل آفات.

برای مثال، کمبود نیتروژن سبب سوختگی و زردی برگ‌ها می‌شود. برگ‌های زرد، کلروفیل کم‌تری دارند و برگ‌های کوچک، نور کم‌تری دریافت می‌کنند.

تعرق

از دست رفتن آب به‌صورت بخار آب از داخل برگ‌ها، تعرق نامیده می‌شود. در طول تعرق، آب تبخیرشده از دیواره‌های مرطوب سلول‌های داخل برگ در فضای هوایی یا خالی برگ حرکت کرده و از روزنه‌ی برگ خارج می‌شود. تعرق و فتوسنتز به یکدیگر مرتبط می‌باشند. روزنه‌های برگ برای حرکت بخارآب به بیرون و ورود دی‌اکسیدکربن از محیط بیرون به داخل، برای انجام فتوسنتز باز می‌شوند. زمانی‌که گیاهان درحال تعرق هستند، برای جبران آب تعرق‌شده از برگ‌ها، آب موجود در خاک از تمام مسیرها به سمت برگ‌ها حرکت می‌کنند. تعرق در شرایط سرد و رطوبت‌نسبی بالا کندتر بوده و در دمای بالا، رطوبت‌نسبی پایین و وجود باد، سریع‌تر می‌باشد. هنگامی‌که دمای بالابا رطوبت کم موجود در خاک ترکیب می‌شود، وضعیت نامطلوب ایجاد می شود، چراکه با کاهش رطوبت خاک، روزنه‌ها برای حفظ رطوبت گیاه بسته شده و کارآیی فتوسنتز کاهش می‌یابد.

تجمع ماده‌ی خشک و سطح برگ

تعداد برگ‌های تولیدشده پیش از ظهور گل، تأثیر مهمی روی سطح برگ و در نتیجه پتانسیل فتوسنتزی محصول دارد. همچنین، مقدار رشد محصول ارتباط نزدیکی با مقدار تابش خورشیدی جذب‌شده در برگ‌ها دارد.

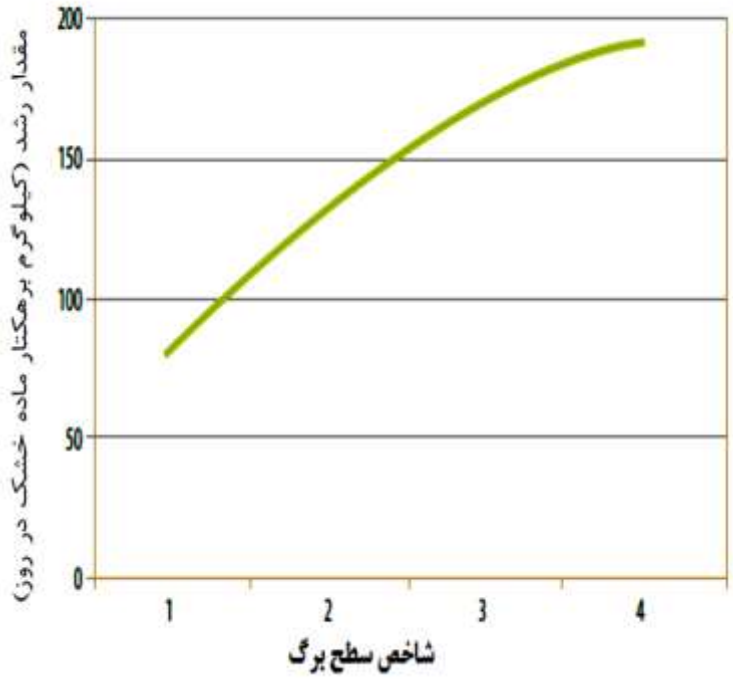
شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ (LAI)؛ معیاری از مساحت سطح بالایی برگ‌ها در واحد سطح زمین می‌باشد. شاخص سطح برگ چهار به این معنی است که در هر مترمربع از سطح زمین، چهار مترمربع مساحت سطح برگ وجود دارد. شاخص سطح برگ بوته‌های کلزا، معمولاً بین سه تا شش می‌باشد. یک شاخص سطح برگ برابر با چهار، موجب می‌شود که سای‌بان گیاه حدود ۹۰ درصد نوردریافتی از خورشید را جذب کند. سطح برگ بزرگ‌تر محصول می‌تواند به‌طور کامل، نور دریافتی از خورشید را جذب کرده و ماده‌ی خشک بیش‌تری در سال تولید کند. ماده‌ی خشک بیش‌تر موجب عملکرد بیش‌تر در پتانسیل می‌شود (شکل ۲-۹). برگ‌های کلزا عملکرد محصول را در مراحل اولیه‌ی رشد از طریق تأثیر روی ظرفیت کلی ذخیره‌ی گیاه، تعداد غلاف‌ها و توسعه‌ی اولیه‌ی بذور، تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. همچنین، توسعه‌ی سریع

برگ، رشد ریشه را تسریع نموده، تبخیر رطوبت از خاک را کاهش داده و روی بذور سایه‌اندازی می‌کند. در صورت وجود رطوبت خوب، یک هبستگی مثبت بین عملکرد دانه و بیشینه‌ی شاخص سطح برگ وجود دارد. همچنین، شاخص سطح برگ یک محصول، کارآیی استفاده‌ی آب را نیز مشخص می‌کند. شاخص سطح برگ بزرگ‌تر در طول مراحل رشد رویشی، آب بیش‌تری را مصرف می‌کند. در محصولات دیم، شاخص سطح برگ بزرگ در اوایل دوره‌ی رشد رویشی، ممکن است آب مورد نیاز مرحله‌ی گلدهی و پرشدن دانه را مصرف نماید.

تعرق؛ تبخیر آب از داخل برگ

روزنه؛ منافذ ریز موجود در برگ‌ها که تبادل گاز را ممکن می‌سازند.



شکل ۲-۹: رابطه‌ی بین شاخص سطح برگ و مقدار رشد محصول (منبع: DPI).

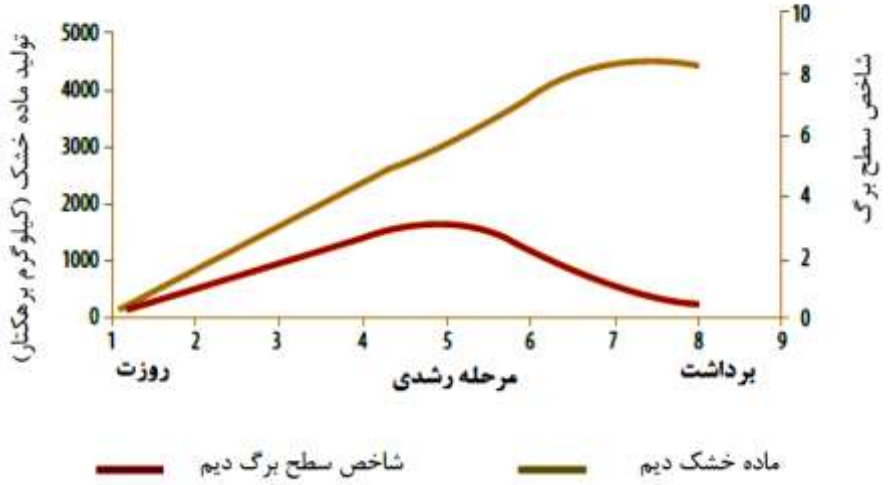
با افزایش سطح برگ، مقدار رشد گیاه نیز افزایش می‌یابد.
در شاخص سطح برگ برابر۱، مقدار رشد گیاه ۷۵ کیلوگرم ماده‌ی خشک در هکتار می‌باشد.
در شاخص سطح برگ برابر۴، مقدار رشد گیاه ۲۰۰ کیلوگرم ماده‌ی خشک در هکتار است.

برای دستیابی به یک تعادل میان داشتن سطح برگ بزرگ ، بیشینه‌ی فتوسنتز و تولید کربوهیدرات، حفظ رطوبت کافی موجود در خاک، به منظور تکمیل دانه ضروری می‌باشد.

کاشت زودهنگام و شرایط مطلوب برای رشد در مرحله‌ی اولیه نمو، می‌تواند گیاهی قوی‌تر و در نتیجه عملکرد بیش‌تری تولید نماید، اما چنانچه گیاه، در فصل بهار با تنش خشکی مواجه شود، قادر به پر نمودن غلاف‌ها نخواهد بود و در نتیجه گیاه علفی شده و عملکرد آن نیز کاهش می‌یابد (۲-۱۰).

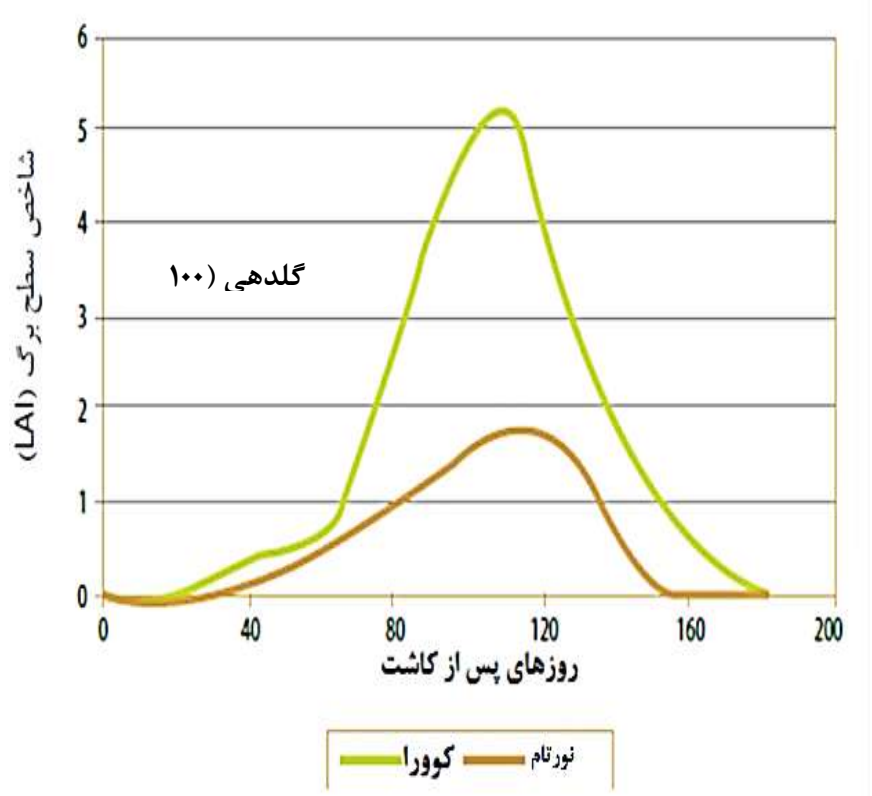
برگ‌ها مهم‌ترین ساختار فتوسنتزی گیاه برای تثبیت غذا، در ابتدای مرحله‌ی رشد گیاه می‌باشند. شاخص سطح برگ کلزا با ظهور گل به آهستگی شروع به کاهش می‌نماید (مرحله‌ی رشدی ۴/۲، شکل۲-۱۱). اگرچه در مرحله‌ی کامل گلدهی (مرحله‌ی رشدی ۴/۸) برگ‌ها نیز اهمیت دارند ، اما ساقه‌ها ساختارهای اصلی فتوسنتزی گیاه محسوب می‌شوند و در شروع مرحله‌ی رسیدگی (مرحله‌ی رشد ۶/۴)، دیواره‌ی غلاف‌ها و ساقه‌ها ساختار اصلی فتوسنتز گیاه به‌حساب می‌آید (شکل۲-۱۲).

گیاهان با تراکم پایین (یعنی حدود ۲۰ بوته در مترمربع) در مقایسه با گیاهان متراکم (یعنی حدود ۱۲۶ بوته در مترمربع)، شاخص سطح برگ بزرگ‌تری دارند. به طوری‌که گیاهان با یکدیگر برای نور، رطوبت و موادغذایی رقابت می‌کنند.



شکل ۲-۱۰: تولید ماده‌ی خشک (DM) و شاخص سطح برگ (LAI) (منبع: DPI).

تولید ماده‌ی خشک در زمان پرشدن دانه کم یا متوقف می‌شود.
افزایش شاخص سطح برگ تا پیش از زمان گلدهی ادامه می‌یابد.



شکل ۲-۱۱: شاخص سطح برگ گیاه کلزا در مناطق نورتام در استان WA و کوورا در استان NSW (منبع: DPI).

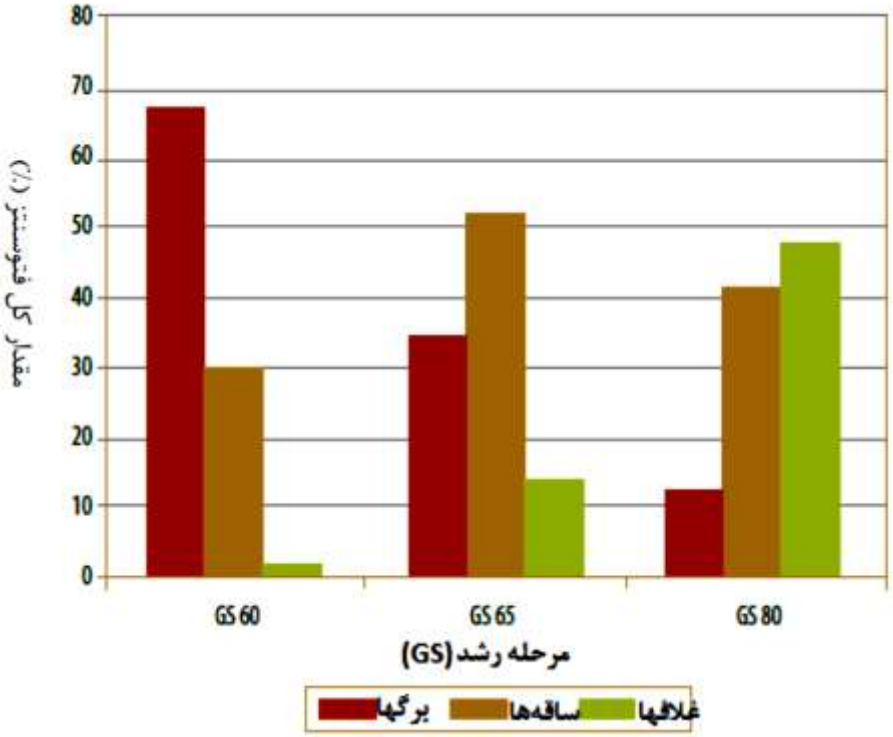
شاخص سطح برگ در پاییز و زمستان به‌آهستگی افزایش می‌یابد (حدود ۵۰ روز پس از کاشت).
سپس شاخص سطح برگ تا زمان گلدهی سریعاً افزایش می‌یابد.
پس از ظهور اولین گل، شاخص سطح برگ به‌آهستگی کاهش می‌یابد.
شاخص سطح برگ چهار، ۹۰ درصد نور دریافتی را جذب می‌نماید.

تجمع ماده‌ی خشک

در ابتدا، تجمع ماده‌ی خشک در ساقه‌ها کند می‌باشد، اما پس از کامل‌شدن سایه‌بان گیاهی، یک دوره‌ی رشد سریع شروع شده، رشد گیاه به اوج خود رسیده و پس‌از این‌که رشد برگ‌ها در طول مرحله‌ی پرشدن دانه پایان یافت، کند خواهد شد (شکل ۲-۱۳). در صورت نبود تنش عمده و در ازای دریافت هر

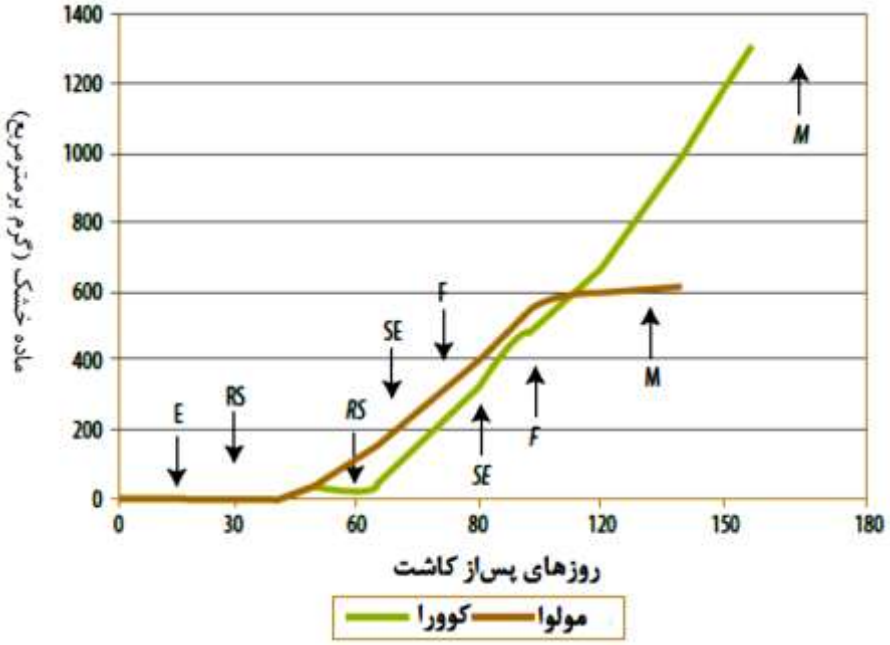
مگاژول تابش خورشیدی توسط سای‌بان گیاهی، گیاه می‌تواند حدود ۱/۲ گرم ماده‌ی خشک در ساقه‌ها ذخیره نماید.

در مرحله‌ی گلدهی، حدود ۶۰ درصد ماده‌ی خشک اندام هوایی در برگ‌ها و ۴۰درصد در ساقه‌ها ذخیره می‌شود. درطول پرشدن دانه، مقادیر قابل‌توجهی از ماده‌ی خشک می‌تواند از برگ‌ها (قبل‌از شروع ریزش برگ‌ها)، ساقه و دیواره‌ی غلاف‌ها حرکت نموده و برای پرشدن دانه استفاده شود. دیواره‌ی غلاف‌ها و ساقه‌ها می‌توانند به‌صورت فعالانه فتوسنتز نمایند، اما به دلیل بالا نبودن چگالی روزنه‌ای، نمی‌توانند همانند برگ‌ها تأثیرگذار باشند.



شکل ۲-۱۲: سهم فتوسنتز اجزاء مختلف گیاه کلزا (منبع: DPI).

پیش‌از مرحله‌ی گلدهی، بیش‌ترین مقدار فتوسنتز (۶۵ درصد) را برگ‌ها انجام می‌دهند.
از میانه‌ی مرحله‌ی گلدهی، ساقه‌ها و در مرحله‌ی پرشدن دانه، غلاف‌ها بیش‌ترین سهم فتوسنتز را دارند.



شکل ۲-۱۳: تجمع ماده‌ی خشک در مراحل مختلف رشد کلزا در مناطق کوورا و مولوا. مراحل رشد با حروف لاتین نشان‌دهنده‌ی منطقه‌ی کوورا و با حروف ایتالیک نشان‌دهنده‌ی منطقه‌ی مولوا می‌باشند. E سبزشدن گیاهچه، RS مرحله‌ی روزت، SE شروع طویل‌شدن ساقه، F شروع گلدهی، M رسیدگی فیزیولوژیک. (منبع: DPI).

تجمع ماده‌ی خشک در ابتدا کند بوده، اما با کامل شدن سایان گیاهی، یک رشد سریع شروع می‌شود.

تجمع ماده‌ی خشک در مرحله‌ی پرشدن دانه، با ریزش برگ‌ها کند می‌شود.

گیاه در ازای دریافت هر یک مگاژول تابش خورشیدی توسط سایه‌بان گیاهی، می‌تواند حدود ۱/۲ گرم ماده‌ی خشک در ساقه‌ها ذخیره کند.

در مرحله‌ی گلدهی، ۶۰ درصد ماده‌ی خشک در اندام هوایی و ۴۰ درصد در ریشه‌ها ذخیره می‌شود.

دما

دامنه‌ی مناسب دما برای توسعه‌ی برگ کلزا بین ۱۳ تا ۲۲ درجه‌ی سلسیوس می‌باشدودر دماهای بیش‌تر، رشد با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که دوره‌ی رشد کوتاه‌تر می‌شود. دماهای پایین‌تر در

اوایل دوره‌ی رشد، به‌جز حالتی‌که یخبندان‌های سنگین اتفاق بیافتد، موجب کاهش عملکرد نمی‌شود، اما دمای پایین، سرعت رشد را کند می‌کند. افزایش دما تا میزان بالای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس در ماه‌های جولای و آگوست، موجب کاهش عملکرد می‌شوند.

یخبندان

آسیب یخبندان در نتیجه‌ی تشکیل یخ، در داخل سلول اتفاق می‌افتد. آب موجود در اطراف سلول‌های گیاهی در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس و آب موجود در درون سلول، در دماهای کم‌تر از صفر درجه‌ی سلسیوس یخ می‌زنند. همچنین، مدت‌زمانی که گیاه در معرض سرما قرارمی‌گیرد نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. گیاهان با قرارگرفتن مکرر در معرض سرما به مدت چندین روز، با این شرایط سازگار می‌شوند. آن‌ها قادرند در دمای منفی هشت تا منفی ۱۲ درجه‌ی سلسیوس نیز در کانادا زنده بمانند، اما قرارگیری در معرض آب‌و هوای گرم موجب معکوس شدن این مقاومت می‌شود و گیاهان تا دمای منفی ۳ تا منفی ۴ درجه‌ی سلسیوس دوام می‌آورند.

رطوبت

آب برای رشد گیاه ضروری می‌باشد. آب کافی در خاک:

- رشد ریشه را تسریع می‌نماید.
- سطح برگ را افزایش می‌دهد.
- به گیاهان کمک می‌کند که برگ‌های خود را برای مدت طولانی‌تری نگهدارند.
- مدت‌زمان دوره‌ی گلدهی را افزایش می‌دهد.
- تعداد شاخه‌های هر بوته، تعداد گل‌های تشکیل‌دهنده‌ی غلاف، تعداد بذرها هر غلاف، وزن بذور و عملکرد محصول را نیز افزایش می‌دهد.

تنش رطوبتی در دوره‌ی پرشدن دانه اهمیت بیش‌تری نسبت‌به مرحله‌ی رویشی دارد. به این صورت که کمبود شدید آب موجود در ریشه در هر دوره‌ای از مراحل رشد، عملکرد را کم می‌کند. عواملی که عملکرد را محدود می‌کنند شامل:

- مقدار رطوبت موجود درخاک در فصل تابستان،
- مقدار و مدت بارندگی در طول دوره‌ی رشد،
- توانایی خاک در جذب، حفظ و در اختیار قرار دادن آب برای گیاه،
- اصلاح برخی از این عوامل می‌تواند قابلیت استفاده‌ی آب و کارآیی مصرف آب را بهبود بخشد.

در صورت غنی بودن خاک از رطوبت و مواد غذایی، سبب افزایش رشد ریشه و همچنین رشد ساقه می گردد و این موازنه به نفع رشد برگ‌ها می باشد، اما هنگامی‌که میزان آب محدود می‌شود، معمولاً عکس این حالت رخ می‌دهد. در گیاهان کلزای تحت تنش رطوبت، ریشه‌ها در مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه، حدود ۲۵ درصد از ماده‌ی خشک گیاهی را تشکیل می‌دهند، درحالی‌که این نسبت در گیاهان بدون تنش رطوبتی حدود ۲۰ درصد می‌باشد.

تنش رطوبتی در طول مراحل روزت و طویل‌شدن ساقه

گیاه کلزا توانایی محدودی برای بقاء در خشکی شدید دارد. برای جلوگیری از هدررفت آب، گیاه روزنه‌های خود را بسته و سریعاً برگ‌های خود را می‌ریزد. تنش رطوبتی در طول مراحل اولیه‌ی رشد رویشی، توانایی روزنه‌ها برای هدایت دی‌اکسید کربن را کم می‌کند و بنابراین، مقدار فتوسنتز کاهش می‌یابد. در نتیجه توسعه‌ی سطح برگ کاهش‌یافته و تولید ماده‌ی خشک نیز کاهش می‌یابد. همچنین، رشد ریشه محدود شده و سبب کاهش جذب موادغذایی می‌شود.

کمبود شدیدتر آب موجب توقف فتوسنتز شده و در نتیجه سلول و کلروپلاست چروکیده و منقبض می‌شوند.

کلروپلاست
اندامکی در سلول‌های گیاهی که فتوسنتز را انجام می‌دهد.

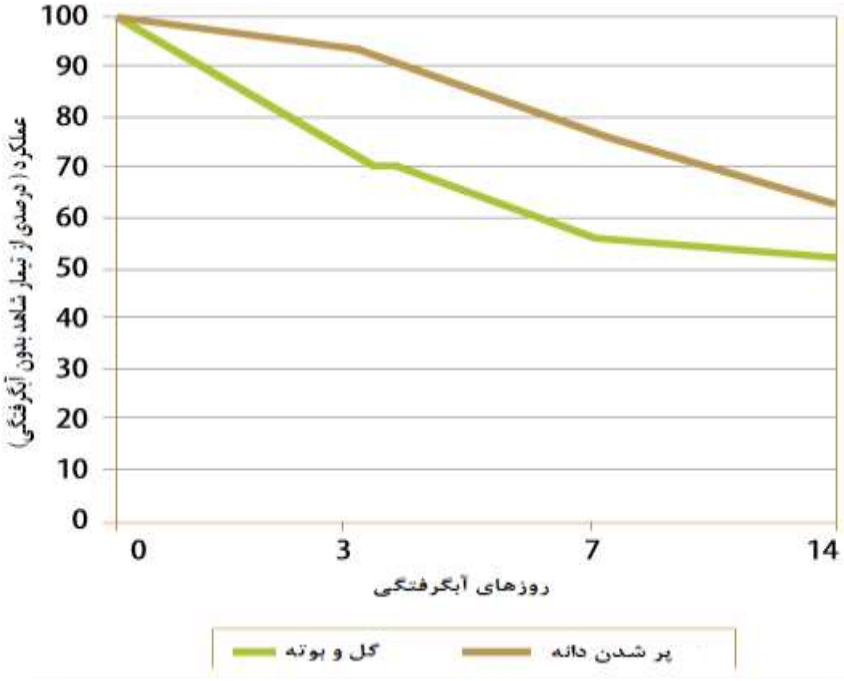
این مسأله در مناطقی با زمستان خشک، حائز اهمیت است. همچنین، این مسأله در مناطقی با بارندگی کم که دوره‌ی رشد گیاه با شروع فصل کم‌باران و پایان فصل رشد با کمبود آب و دماهای بالا همزمان می‌شود، دارای اهمیت است. گیاهانی که در اوایل دوره‌ی رشد با تنش رطوبتی مواجه هستند، معمولاً با بارندگی بعدی و یا آبیاری، رشد خود را بازمی‌یابند. وجود آب کافی برای گیاهان تحت تنش، باعث افزایش سرعت رشد، زودرسی، کاهش عملکرد سطح برگ، تشکیل گل‌ها، غلاف‌ها و بذور کامل در آن‌ها می‌شود. مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه یا گلدهی ، بدترین زمان برای تنش خشکی در کلزا،می‌باشد.

دوره‌های طولانی‌مدت خشکی در مقایسه با دوره‌های کوتاه‌مدت متوالی عملکرد محصول را به مقدار بیش‌تری کاهش می‌دهند. تأثیر خشکی در خاک‌های با بافت‌درشت و کم‌عمق که ظرفیت پایینی در نگهداری آب دارند، بیش‌تر خواهد بود. رطوبت کافی خاک سبب افزایش تعداد روزهای دوره‌ی رشد برای رسیدگی محصول تا ۱۰ روز خواهد شد. رطوبت اضافی خاک هیچ‌گونه تأثیری در افزایش عملکرد

نداشته و حتی ممکن است به دلیل تهویه‌ی ضعیف و یا افزایش تنش غرقابی و بیماری، عملکرد نیز کاهش یابد.

تنش غرقابی

ریشه‌ی گیاه کلزا نیازمند ترکیب مناسبی از هوا و آب موجود در خاک می‌باشد. وقتی مقدار آب افزایش یابد، ظرفیت نگهداری آب خاک نیز افزایشمی‌باد و ممکن است تنش غرقابی روی دهد. کلزا به تنش غرقابی بسیار حساس بوده و تنها ۳ روز پس از تنش غرقابی، کاهش عملکرد را نشان می‌دهد. علائم تنش غرقابی کلزا شامل پیچ‌خوردگی، ارغوانی‌شدن و تسریع روند پیرشدن برگ‌های گیاه می‌باشد. در خاک‌های با تهویه بسیار ضعیف گیاه خواهد مرد. مقدار کاهش عملکرد به مرحله‌ی رشدی گیاه در زمان تنش غرقابی، طول مدت تنش غرقابی و دما وابسته است (شکل ۲-۱۴). در خاک‌های مرطوب تبادل گاز میان خاک و فضای خارج گیاه کم یا متوقف شده و در نتیجه، سبب کمبود اکسیژن می‌شود. دماهای بالا نیز سبب افزایش تنفس ریشه و موجودات ذره‌بینی خاک شده و اکسیژن خاک سریعاً مصرف می‌شود. این مسأله بخاطر ظرفیت انتقال اکسیژن در خاک‌ها می‌باشد. خاک‌های با بافت درشت می‌توانند اکسیژن بیش‌تری را نگه‌داشته و موجب افزایش مدت‌زمان کاهش سطح اکسیژن تا نقطه‌ی بحرانی شوند. اثرات دیگر تنش غرقابی شامل، کاهش رشد ریشه، کاهش رشد گیاه، کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تولید ماده‌ی خشک و کاهش جذب موادغذایی می‌باشند. در طی زمان پرشدن دانه، تنش غرقابی با طول بیش‌تر از ۷ روز وزن و روغن دانه را کاهش می‌دهد. دماهای بالا نیز اثرات زیان‌آور تنش غرقابی بر عملکرد محصول را افزایش می‌دهند.



شکل ۲-۱۴: تأثیر تنش غرقابی بر عملکرد (منبع: DPI).

تأثیر تنش غرقابی در مرحله‌ی روزت در مقایسه با مرحله‌ی پرشدن دانه بیش‌تر است. تأثیر تنش غرقابی طولانی‌تر بیش‌تر است.

تغذیه

عناصر غذایی باید در یک دامنه‌ی مناسب از جوانه‌زنی تا بیشینه‌ی رشد گیاه تأمین شوند.

بیش‌ترین جذب موادغذایی توسط سیستم ریشه صورت می‌گیرد. جذب از طریق برگ‌ها جز در مورد عناصر کم‌مصرف مانند روی، منگنز و مولیبدن ناچیز می‌باشد.

برخی عناصر نظیر فسفر و روی موجود در محلول خاک از پویایی پایینی برخوردار می‌باشند. ریشه‌ها به منظور رشد در داخل خاک، نیازمند تماس با موادغذایی هستند.

نیتروژن

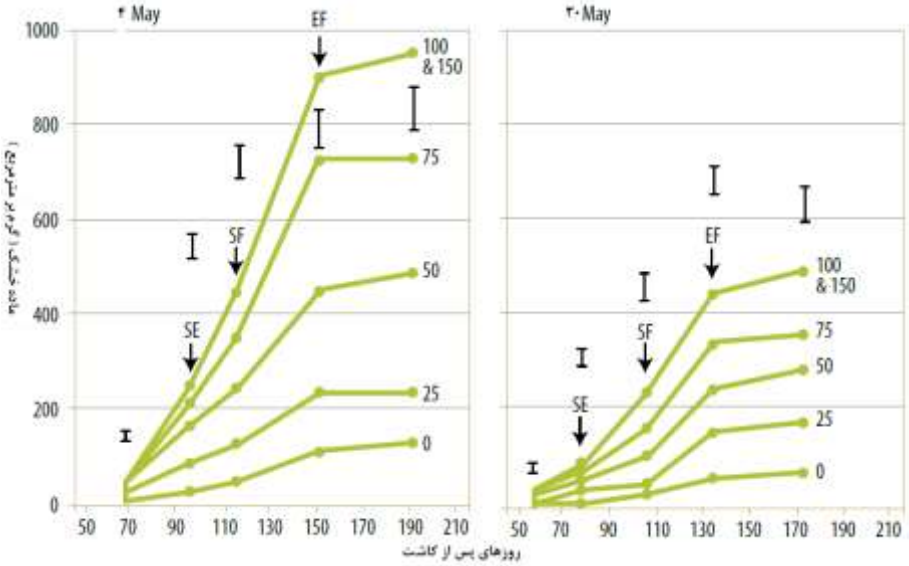
نیتروژن تقریباً همه‌ی اجزاء رشد گیاه را تحت‌تأثیر قرارمی‌دهد. وجود این عنصر در طول مرحله‌ی رشد رویشی برای رشد ریشه، رشد برگ و تولید کلروفیل ضروری می‌باشد. نیتروژن شاخص سطح برگ،

تعداد برگ هر بوته (جدول۲-۱)، وزن و سرعت رشد گیاه را افزایش داده و همچنین تولید ماده‌ی خشک را افزایش می‌دهد (شکل۲-۱۵). این عنصر، طول عمر برگ، تعداد شاخه‌های گلده، ارتفاع گیاه، تعداد گل‌ها، تعداد و وزن غلاف‌ها و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. قسمت عمده‌ی نیتروژن موجود در بافت سبز گیاه، در آنزیم‌های مستقر در کلروپلاست و در محل استقرار کلروفیل قرار دارد، اما این عنصر بخشی از دیگر اجزای حساس گیاه را نیز شامل می‌شود و مقدار نسبی نیتروژن موجود در گیاه درطول زمان و مرحله‌ی رشد گیاه تغییر می‌کند. تناسب نیتروژن هم‌بستگی بالایی با ترکیب ماده‌ی خشک دارد. سطح نیتروژن موجود در گیاه کلزا، در ابتدای مرحله‌ی گیاهچه‌ای که برگ‌های جوان بخش عمده‌ی ماده‌ی خشک را تشکیل می‌دهند، به بیش‌ترین مقدار خود می رسد. پس از رسیدگی، کاه و کلش کلزا تنها حاوی ۰/۵ تا ۱/۵ درصد نیتروژن می‌باشند، درحالی‌که دانه‌ها دارای ۳/۴ تا چهار درصد نیتروژن هستند.

جدول ۲-۱: اثرات زمان کاشت و مقدار کود نیتروژن استفاده‌شده (کیلوگرم برهکتار) بر تعداد برگ هر بوته‌ی کلزا در منطقه‌ی کوورا

نام محصول و زمان کاشت در منطقه‌ی کوورا	مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)					
	۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۵۰
در مرحله-ی روزت						
کلزا – ۴ می	۵/۶	۶/۲	۶/۸	۶/۸	۶/۸	۶/۸
کلزا – ۳۰ می	۳/۱	۴/۲	۵/۳	۵/۸	۶/۲	۶/۱
در مرحله-/ی طویل‌شدن ساقه						
کلزا – ۴ می	۸/۲	۱۱/۴	۱۳/۹	۱۴/۵	۱۴/۴	۱۴/۹
کلزا – ۳۰ می	۷/۲	۱۰/۱	۱۰/۸	۱۱/۰	۱۲/۱	۱۲/۵
در شروع گلدهی						
کلزا – ۴ می	۹/۸	۱۲/۷	۱۴/۵	۱۵/۳	۱۵/۲	۱۵/۵
کلزا – ۳۰ می	۸/۱	۱۰/۷	۱۱/۴	۱۲/۱	۱۲/۹	۱۳/۰

- ✓ تعداد برگ هر بوته با افزایش مقدار کود نیتروژن افزایش می‌یابد.
- ✓ تعداد برگ در گیاهانی که در تاریخ زودتری کاشته شده‌اند بیش‌تر است.



شکل ۲-۱۵: اثرات تاریخ کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر تولید ماده‌ی خشک در کلزا در منطقه‌ی کوورا. SE= طویل‌شدن ساقه، SF= شروع گلدهی، EF= پایان گلدهی. مقادیر کود نیتروژن در هکتار، در سمت راست خطوط نمودار و تاریخ کاشت، در بالای هر نمودار مشخص شده‌است (منبع: DPI).

- ✓ افزایش مقدار کاربرد کود نیتروژن، تولید ماده‌ی خشک را تا پایان مرحله‌ی گلدهی افزایش می‌دهد.
- ✓ در مزارع دیرکاشت تولید ماده خشک کمتر است.

علائم کمبود نیتروژن

گیاهان سالم کلزا با مقدار نیتروژن کافی، برگ‌های سبز تیره دارند. این عنصر در درون گیاه پویا بوده و می‌تواند از برگ‌های پیرتر به سمت برگ‌های جوان‌تر و غلاف‌ها حرکت کند. به همین دلیل، علائم کمبود نیتروژن ابتدا در برگ‌های پیر گیاه که در قسمت‌های پایین‌تر قرار دارند، به‌صورت سبز کمرنگ تا رنگ زرد و گاهی‌اوقات ارغوانی مشاهده می‌شود. این برگ‌های پیر، به سرعت قهوه‌ای شده و می‌ریزند. در مجموع، رشد گیاه کند و ساقه‌ها باریک‌تر، برگ‌ها کوچک‌تر و شاخه‌ها نیز اندک می‌شوند. دوره گلدهی محدود شده و تعداد غلاف‌ها کاهش می‌یابند. در آزمون‌های بافت گیاهان سالم کلزا، از قسمت-های هوایی گیاه در زمان گلدهی استفاده می‌شود و طی این آزمون، مقدار نیتروژن باید عددی بزرگ‌تر از ۲/۵ درصد را نشان دهد.

گوگرد

گوگرد از اجزای مهم دو آمینواسید ضروری بوده که برای تولید پروتئین لازم می‌باشد. برای ساخت کلروفیل و روغن‌های فرار که به‌صورت گلوکوزینولات‌ها تجمع می‌یابند، نیاز به وجود گوگرد می‌باشد. کلزا در مقایسه با دیگر غلات، حساسیت بیش‌تری نسبت به کمبود گوگرد داشته و به کاربرد کود گوگرد پاسخ می‌دهد. برای تولید ۱۰۰ کیلوگرم دانه‌ی کلزا، نیاز به ۱/۵ کیلوگرم کود گوگرد می‌باشد، به این معنی که برای تولید دو تن دانه‌ی کلزا در هکتار، نیاز به ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار می‌باشد. نیازهای نیتروژن و گوگرد گیاه بسیار نزدیک به هم است، به‌طوری‌که هر دوی این عناصر برای تولید پروتئین لازم و ضروری می‌باشند.

کمبود گوگرد

علائم کمبود گوگرد بسته به شدت و زمان کمبود، متغیر است. در صورت کمبود شدید در مرحله‌ی رویشی، علائم برگی نمایان می‌شوند. علائم کمبود گوگرد در کلزا تا زمان رشد سریع در مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه‌ی گیاه، دقیقاً مشخص نیست. طویل‌شدن ساقه با بیش‌ترین مرحله‌ی رشدی محصول در اواخر زمستان، زمانی که دمای خاک خیلی پایین است همزمان می‌شود. علائم کمبود خفیف گوگرد غالباً خیلی محسوس نبوده، اما می‌تواند موجب کاهش عملکرد شود. با طویل‌شدن ساقه؛ کمبود گوگرد، عملکرد اجزاء نظیر تعداد شاخه‌های هر بوته، تعداد گل‌های بارور هر گیاه، تعداد بذرها هر غلاف و وزن دانه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. از آنجایی‌که گوگرد پویایی کمی در درون گیاه دارد، علائم کمبود آن، ابتدا در برگ‌های جوان مشاهده می‌شود که رنگ آن‌ها در مقایسه با برگ‌های سبز متمایل به آبی که بدون کمبود هستند، زرد مایل به سبز می‌باشد. زردشدن از لبه برگ‌ها شروع شده و بافت اطراف رگبرگ، سبز باقی می‌ماند. همچنین، ممکن است لبه‌ها و سطح پایینی برگ‌ها به رنگ قهوه‌ای سوخته درآیند. در مرحله‌ی غنچه‌دهی، برگ‌های تازه‌ی گیاهان دچار کمبود گوگرد کلروز شده و به رنگ ارغوانی در می‌آید و همچنین حالت قاشقی‌مانند (فنجانی) به‌خود می‌گیرند. ارغوانی‌شدن برگ‌ها ناشی از افزایش ساخت رنگدانه‌ی آنتوسیانین می‌باشد و تشکیل آنتوسیانین در نتیجه‌ی تجمع قند ناشی از کاهش ساخت آمینواسید و پروتئین می‌باشد و مقدار فنجانی‌شدن برگ‌ها شدیداً به زمان بروز کمبود گوگرد وابسته است. اگر کمبود گوگرد پیش‌از آن‌که برگ نصف وزن کامل خود را به‌دست آورد رخ دهد، پدیده‌ی فنجانی‌شدن آن قابل‌توجه خواهد بود. مقادیر بحرانی گوگرد برای مرحله‌ی روزت (پنج یا شش برگی) ۰/۵۸ درصد، برای ظهور غلاف ۰/۴۰ درصد و برای طویل‌شدن ساقه ۰/۲۴ درصد می‌باشد.

پتاسیم

پتاسیم نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان بازی می‌کند. بنابراین، مقادیر بالای این عنصر برای تولید یک محصول مناسب، لازم و ضروری است. عموماً بیش‌تر خاک‌ها دارای سطوح مناسب پتاسیم می‌باشند.

گیاهان سالم و با عملکرد بالا، دارای مقدار ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار می‌باشند که غلظت آن در دانه نسبت‌به سایر اندام‌های گیاه کم‌تر است. از این‌رو، در هنگام برداشت تنها مقدار کمی از این عنصر به همراه دانه از زمین تخلیه می‌شود. با افزایش مقدار پتاسیم در محلول خاک، مقدار جذب آن نیز توسط گیاه افزایش می‌یابد.

کمبود پتاسیم در کلزا، رشد آن را کم می‌کند، اما تاثیر آن به اندازه‌ی کمبود نیتروژن و فسفر نیست. علائم کمبود از برگ‌های پیر با کلروز حاشیه ای و همچنین پژمردگی بین رگبرگ در برگ‌های متوالی که با توسعه‌ی ظاهر سبز تیره شروع می‌شود. کلروز ابتدا در برگ‌های میانی و سپس در برگ‌های پیر اتفاق می‌افتد. نقاط نکروزی کوچک توسعه می‌یابند و امکان این‌که گیاه پژمرده شود، وجود دارد. در موارد کمبود شدید، برگ‌ها از بین می‌روند، اما ممکن است علائم کمبود در ساقه‌ها باقی بمانند. همچنین گیاه مستعد ورس شده و پاسخ کمی به کاربرد پتاسیم نشان دهد. پتاسیم تأثیری روی مقدار روغن و یا پروتئین کلزا ندارد و پویایی آن در خاک نسبت‌به نیتروژن کم‌تر بوده، اما نسبت‌به فسفر تا حدی بیش‌تر است. کاربرد نواری آن، کارآیی استفاده‌ی پتاسیم را افزایش می‌دهد. کلزا در مقایسه با گندم، برای تولید ۹۰ درصد بیشینه‌ی عملکرد اندام هوایی و یا دانه، تقریباً به بیش از۲۰ درصد پتاسیم نیاز دارد، این درحالی است که کارآیی آن نسبت‌به گندم در جذب پتاسیم استفاده‌شده نیز بیش‌تر می‌باشد.

کلسیم

کلسیم یک جزء با اهمیت از غشاء دیواره‌ی سلولی بوده ،همچنین، در پایداری غشاء و یکپارچگی سلول حیاتی و جذب یون‌های دیگر را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. این عنصر در تقسیم و طویل‌شدن سلول نقش دارد و عمل فعال‌کننده‌ی برخی از آنزیم‌ها را انجام می‌دهد . جذب کلسیم، یک فرآیند غیرفعال می‌باشد. به‌دلیل نبود تحرک کلسیم در گیاه، علائم کمبود آن ابتدا در برگ‌های جوان‌تر مشاهده می‌شود که شامل کلروز حاشیه‌ی برگ و برگ‌های پژمرده و با رشد کم می‌باشد.

عناصر ریزمغذی

کمبود این عناصر معمولاً مرسوم نیست، اما ممکن است کمبود آن‌ها در برخی از خاک‌ها، به‌شدت عملکرد را محدود نماید. تشخیص علائم کمبود غالباً دشوار بوده و نیازمند آزمون تجزیه‌ی بافت گیاه می‌باشد. برای هرکدام از این عناصر، یک خط باریک میان مقدار کافی و سمیت آن وجود دارد.

منگنز

این عنصر برای بسیاری از فرآیندهای متابولیکی مانند تولید کلروفیل ضروری می‌باشد. عنصر منگنز در گیاه، نسبتاً بی‌تحرک است. عموماً، سمیت منگنز نسبت‌به کمبود آن متداول‌تر می‌باشد. زردی حاشیه‌ی برگ، پیچ‌خوردگی لبه‌ی برگ و چروکیدگی سطح برگ از علائم سمیت منگنز بوده و در زمان سمیت، رنگ برگ‌ها به رنگ قهوه‌ای و روشن درآمده و در نهایت می‌میرند. منگنز قابل‌استفاده‌ی خاک پس‌از دوره‌های خشکی طولانی، سریعاً به سطوح سمیت می‌رسد و چهار تا شش هفته پس‌از گذشت فصل پاییز منگنز قابل‌استفاده‌ی خاک، سریعاً به شکل غیرقابل جذب تبدیل می‌شود. گیاهان زودکاشت و جوان مستعد سمیت منگنز بوده و بیش‌تر در معرض خطر سمیت این عنصر قراردارند.

روی

عنصر روی در سیستم‌های آنزیمی گیاه دخیل می‌باشد و همچنین، برای ساخت پروتئین، هورمون‌ها و متابولیسم کربوهیدارت‌ها ضروری است. این عنصر در پایداری غشاء سلولی نیز دخیل بوده و علائم کمبود آن شامل، نقاط قهوه‌ای روی لپه‌ها، ارغوانی‌شدن برگ‌های تازه، کلروز بین رگبرگی، فنجانی‌شدن برگ‌ها و کاهش اندازه‌ی برگ می‌باشد. کمبود این عنصر مانع از طویل‌شدن ساقه نیز می‌گردد و عمدتاً در pH بالای خاک و در مقادیر زیاد کربنات‌ها اتفاق می‌افتد.

بُر

عنصر بُر، در طویل‌شدن ریشه و رشد لوله‌ی گرده نقش دارد، اما چگونگی ارتباط آن با طویل‌شدن ریشه به‌خوبی مشخص نیست. علائم کمبود این عنصر بیش‌تر در طول دوره‌ی گلدهی (فصل۴) مشاهده می‌شود، و آسیب ناشی از این کمبود، در طول مرحله‌ی زایشی بیش‌تر از مرحله‌ی رویشی می‌باشد. این علائم کمبود (تعداد گل‌ها و غلاف‌های کم‌تر) بیش‌تر در دوره‌های با رطوبت پایین و یا زمان آهک‌دهی، که قابلیت استفاده از این عنصر کاهش می‌یابد، مشاهده می‌گردد.

چرای دام

در سیستم‌های زراعی مخلوط، عملیات چرای غلات برای جبران کمبود علوفه در زمستان، معمول می‌باشد. می‌توان از ارقام زمستانه‌ی غلات بدون کاهش عمده در میزان عملکرد، برای چرای دام استفاده نمود، به شرط آن‌که این‌کار پس‌از گذشت مرحله‌ی بهاره‌سازی آن‌ها (نیاز سرمایی)، صورت نگیرد. برخی اصول را می‌توان برای کلزا استفاده نمود.

کلزا از کیفیت علوفه‌ای بالایی برخوردار است (فصل۳ را مشاهده نمایید). کلزای کشت‌شده در ماه مارس، طی ۸ هفته رشد می‌تواند ۲/۵ تا ۴ تن زیست‌توده در هکتار تولید کند. در مقابل، کلزای کشت–شده در اوایل ماه می، قادر است که ۱تن علوفه در هکتار تولید نماید (جدول۲–۲). ارقام زمستانه و دیررس کلزا، بیش‌تر مناسب چرای دام هستند و ارقام بهاره نیز زیست‌توده مشابهی تولید می‌کنند، اما به–دلیل زودرسی دوره‌ی گلدهی، این ارقام مناسب کاشت زودهنگام نیستند.

چرای کلزا در پیش از مرحله‌ی طویل‌شدن، موجب تخلیه‌ی ۶۰ تا ۷۰ درصد توده‌ی زیستی خواهد شد. تخلیه‌ی زیست‌توده ممکن است در ابتدای فصل، مصرف آب گیاه را به‌دلیل کم‌تر بودن ماده‌ی خشک برای تعرق، کاهش دهد. آب ذخیره‌شده ممکن است بعداً در مرحله‌ی پرشدن دانه قابل‌استفاده شود.

چرای کلزا پیش از مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه تأثیر کمی روی زمان گلدهی و عملکرد دارد {فصل ۳ (تأخیر در گلدهی) و ۴ را مشاهده نمایید}. چرای بعد از طویل‌شدن ساقه، ساقه‌ی غلاف‌ها و گل‌های آن را از بین می‌برد. لذا گیاه مجبور به بازرویش ساقه‌ی اصلی خواهد بود.

اثر دیگر چرای دام بر کلزا این است که آن را مستعد بیماری قارچی می‌کند (فصل چهار را مشاهده نمایید).

جدول۲-۲: زیست‌توده‌ی کلزا (تن/هکتار) قبل و یک هفته بعد از چرای دام. آزمایش زراعی در ایستگاه تحقیقاتی گینیندرا[20] در کانبرا ۲۰۰۵-۲۰۰۴.

رقم	چرا نشده		چرا شده		زیست‌توده‌ی چرا شده	
	۲۰۰٤	۲۰۰۵	۲۰۰٤	۲۰۰۵	۲۰۰٤	۲۰۰۵
رقم بهاره‌ی هایولا۶۰	۴/۶	–	۲/۱	–	۲/۵	–
رقم زمستانه‌ی۱	۴/۷	۷/۱۱	۲/۱	۳/۸	۲/۶	۴/۳
رقم زمستانه‌ی۲	۲/۸	۶/۵۶	۲/۵	۳/۵۱	۰/۳	۳/۰۵
رقم زمستانه‌ی۳	–	۶/۴۲	–	۳/۰۸	–	۳/۳۶

- ✓ کلزا پس از ۸ هفته رشد، ۰/۳ تا ۴/۳ تن/هکتار زیست‌توده قابل‌چرا تولید می‌کند.
- ✓ مقدار زیست‌توده به میزان بارندگی وابسته است.

در مزرعه

مثال‌های زیر فعالیت‌هایی هستند که می‌توانید تمرینی برای تشریح مراحل رشد و نموی که شرح داده-شد انجام دهید. این موارد تمرین‌های عملی برای کمک به کشاورزان در ارزیابی توسعه‌ی محصولاتشان در این مرحله می‌باشد.

آزمون سیستم ریشه

هدف: چک کردن سیستم ریشه‌ی گیاه برای علائم بیماری

۱- ۱۰ بوته را با دقت از خاک خارج کنید.

۲- ریشه‌ها را شستشو دهید.

۳- نوک ریشه را مشخص کرده و ریشه‌های ثانویه را تعیین نمایید.

۴- ریشه‌ها را مورد بررسی قراردهید و الگوی رشد ریشه را چک کنید. آیا ریشه‌ی اصلی راست است یا خیر؟ آیا علائم لایه‌ی سخت دیده می‌شود؟ ریشه‌های ثانویه را برای علائم بقایای علفکش‌ها یا سمیت مواد معدنی بررسی کنید.

۵- آیا ریشه‌ها ظاهر سالمی دارد؟ آیا ریشه‌ها سفید هستند یا تغییر رنگ داده‌اند؟ آیا علائم بیماری (مانند قارچ رایزوکتیوم یا پیتیوم) یا آسیب حشره (مانند کرم مفتولی) وجود دارد؟

بررسی مرحله‌ی رشدی گیاه

هدف: بررسی دقیق مرحله‌ی کنونی رشد کلزا.

۱- گیاه را از خاک خارج کنید.

20 Ginniderra

۲- لپه‌ها و برگ‌های واقعی را تفکیک کنید.
۳- تعداد برگ‌های واقعی موجود را شمارش کنید.
۴- با مقیاس اعشاری رشد در مقدمه‌ی کتاب، مقایسه کنید و مرحله‌ی رشدی را ثبت نمایید.
۵- برگ‌ها را برای علائم تغییر رنگ، وجود علائم بیماری یا آسیب حشرات بررسی کنید.
۶- ۶ تا ۸ هفته پس از کاشت، گیاه را برای ظهور علائم غلاف، به‌دقت بررسی کنید.
۷- درصد پوشش سطح زمین را در مرحله‌ی غلاف‌بندی ارزیابی نمایید. با انگشت سبابه و شست خود یک دایره ایجاد نموده و این موقعیت از دست خود را در ۱۰ سانتی‌متری چشم‌تانقرار داده و از فاصله‌ی ۲ متری به محصول نگاه کنید و مقدار پوشش سطح را برآورد نمایید.
۸- این کار را برای ۱۰ بار انجام داده و نتایج را ثبت کنید.
۹- این آزمایش را با ارقام مختلف و تاریخ‌های مختلف کاشت، تکرار نمایید.

تعداد بوته	مرحله‌ی رشد	
	تمرین۱	تمرین۲
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		
۱۰		

تمرین

ارزیابی ماده‌ی خشک گیاه

هدف: تعیین مقدار ماده‌ی خشک موجود، برای چرای دام. ارزیابی گیاه در زمانی‌که سیستم ریشه‌ی آن کاملاً تثبیت شده‌است.

۱- با استفاده از یک پلات، مساحت مشخصی از سطح زمین را برش دهید. این کار را در ۵ نقطه از زمین انجام دهید.

۲- نمونه‌ها را مخلوط کرده و آن‌ها را وزن نمایید (این وزن تر خواهد بود).

۳- مقدار ۱۵۰ گرم از زیرنمونه‌ها را با دقت وزن کرده و آن‌ها را در ماکروویو خشک کنید. یک فنجان حاوی آب سرد را برای ممانعت از سوختن مواد، همراه با نمونه در ماکروویو قراردهید. هنگامی که آب شروع به بخارشدن نمود آن را جایگزین کنید.

۴- درصد ماده‌ی خشک را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد ماده خشک} = \frac{\text{وزن نمونه خشک به گرم} \times 100}{\text{وزن نمونه تر به گرم}}$$

۵- جرم شاخ و برگ را محاسبه کنید. شما باید مقدار ماده‌ی خشک موجود در کادر خود را به تن/هکتار تبدیل نمایید.

$$\text{کیلوگرم ماده خشک بر هکتار} = \frac{\text{متوسط وزن تر} \times \text{درصد ماده خشک} \times \text{عامل تبدیل}}{100}$$

۶- عامل تبدیل کادر برابر است با:

برای کادر ۳۰ در۵۰ سانتی‌متر: ۰/۱۵۰ مترمربع یا ۱/۶۶ هکتار، سپس در ۶۷ ضرب نمایید تا مقدار ماده‌ی خشک بر حسب کیلوگرم/ هکتار به‌دست آید.

برای کادر ۵۰ در۵۰ سانتی‌متر: ۰/۲۵۰ مترمربع یا ۱/۴۰۰۰۰ هکتار، سپس در ۴۰ ضرب نمایید تا مقدار ماده‌ی خشک برحسب کیلوگرم درهکتار به‌دست آید.

کادر	وزن تر (گرم)	درصد ماده‌ی خشک	جرم شاخ و برگ (کیلوگرم ماده‌ی خشک/هکتار)
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			

میانگین			

کود سرک نیتروژن و گوگرد

هدف: ارزیابی مرحله‌ی رشد، رطوبت خاک، رنگ گیاه و علائم کمبود؛ به‌منظور تعیین عملکرد بالقوه و این‌که آیا به کود سرک پاسخ می‌دهد یا خیر؟

۱- مرحله‌ی رشدی گیاه را تعیین کنید. زیرا اقدام به استفاده از کود سرک باید در مرحله‌ی تشکیل غنچه صورت گیرد.

۲- عمق رطوبت خاک را اندازه‌گیری کنید. هر ۱۰ سانتی‌متر خاک مرطوب برای بافت رسی سنگین تقریباً ۱۸ میلی‌متر، برای بافت رسی متوسط ۱۵ میلی‌متر، برای بافت لومی‌رسی ۱۰ میلی‌متر و برای بافت لومی‌شنی ۸ میلی‌متر آب را شامل می‌شود.

۳- آیا رطوبت خاک برای رسیدگی محصول کافی است؟ آیا محصول دچار تنش رطوبتی شده‌است؟

۴- گیاه را برای علائم زردی، رنگ‌پریدگی یا توقف رشد، بررسی نمایید.

۵- بوته‌ها را به‌صورت انفرادی برای علائم کمبود گوگرد و نیتروژن بررسی کنید. علائم کمبود و یخبندان را تفکیک نمایید.

۶- بارندگی‌های کوتاه‌مدت آتی و پیش‌بینی فصلی را بررسی نمایید، به دلیل این‌که پس از استفاده از کود، دست‌کم پنج میلی‌متر بارندگی در طی سه روز برای حل‌شدن کود در داخل خاک ضروری می‌باشد. برای کاهش تلفات کود به‌صورت تبخیر بهتر است کود را در هنگام مرطوب‌بودن خاک استفاده کنید.

۷-

پایش مزرعه برای آفات، بیماری‌ها و آسیب

۱- از چرخه‌ی رشد در فواصل زمانی منظم، بازدید کنید. در مقطع عرضی مزرعه پیاده‌روی کنید.

۲- در ۵ نقطه توقف‌کرده و بوته‌ها را برای علائم بیماری و یا آفت بررسی کنید.

۳- به علائم کمبود عناصر غذایی و اثرات علف‌کش‌ها نگاه کنید.

منابع

Brennan RF, Bollard MDA 2007, Comparing the potassium requirements of canola and wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 58, 359–366.

Canola Council of Canada 2003. *Canola Growers Manual.* www.canola-council. org/chapter3.aspx.

Hocking PJ, Pinkerton A, Good A 1996, Recovery of field-grown canola from sulphur deficiency. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36, 79–85.

I&I NSW 2011, *Winter crop variety sowing guide.* Industry & Investment NSW, Orange. Available at www.dpi.nsw.gov. au/agriculture/field/field-crops/wintercereals/ winter-crop-variety-sowingguide.

Kahlon R, Pang E, Salisbury P, Kadkol G, Taylor P 2001, Synthetic *Brassica napus* lines for blackleg resistance and manganese toxicity. In *Proceedings of the 12th Australian Research Assembly on Brassicas*, 2–5 October, Geelong.

Kirkegaard JA 2007, *Evaluating the Potential for Dual-purpose Canola in the Mixed Farming System of Southern Australia.* Report to Grains Research and Development Corporation on Project CSP00085. CSIRO, Canberra

Kirkegaard JA, Sarwar M 1999, Glucosinolate profiles of Australian canola (*Brassica napus annua* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: implications for biofumigation. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 315–324.

Kirkegaard JA, Rebetzke GJ, Richards RA 2001, Inheritance of root glucosinolate content in in canola. *Australian Journal of Agricultural Research* 52, 745–753.

Kjellstrom CJ 1991, Growth and distribution of the root system in *Brassica napus*. In McGregor DI (ed), *Proceedings of the 8th International Rapeseed Congress, Rapeseed in a Changing World,* 9–11 July, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, pp. 722–726.

Robertson MJ, Kirkegaard JA 2003, Crop modelling for the Australian canola industry: a review. In *Proceedings of the 13th Biennial Australian Research Assembly on Brassicas,* 8–12. September 2003, Tamworth, NSW. NSW Agriculture, Orange

Robertson MJ, Watkinson AR, Kirkegaard JA, Holland JF, Potter TD, Burton W, Walton GH, Moot DJ, Wratten N, Farre I, Asseng S 2002, Environmental and genotypic control of time to flowering in canola and Indian mustard. *Australian*

Journal of Agricultural Research 53, 793–809.

Rumberger A, Marschner P 2004, 2-Phenylethylisothiocyanate concentration and bacterial community composition in the rhizosphere of field grown canola. *Functional Plant Biology* 31, 623–631.

Salisbury PA, Green AG 1991, Developmental responses in spring canola cultivars. In *Rapeseed in a Changing World* (D I McGregor, ed). *Proceedings of the GCIRC Rapeseed Congress 1991*, July 9–11, Saskatoon, Saskatchewan Canada. Vol. 6 of 6, pp. 1769–1774.

Salisbury PA, Potter TD, McDonald G, Green AG 1999, Canola in Australia: the First 30 Years. In *Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress,* Canberra.

فصل سوم

نمو زایشی

نگاه اجمالی فصل	
نمو زایشی شروع گل، نمو غنچه‌ی گل، مرحله‌ی رشدی ۳/۹–۳/۰، گلدهی – مرحله رشدی ۰/۰–۴/۴، گرده‌افشانی عوامل تأثیرگذار بر نمو زایشی رقابت، تنش رطوبتی، دما، دوره‌ی نوری، بهاره‌سازی، کشت زودهنگام، رسیدگی محصول، موادغذایی، چرای دام، برداشت نادرست محصول	منابع و یادگیری بیش‌تر تمرین‌ها زمان گرمایی

مقدمه
مرحله‌ی زایشی گیاه کلزا تا زمانی‌که عملکرد نهایی تعیین گردد، ادامه می‌یابد. رشد رویشی در تشکیل ساقه‌ی اصلی، سنبله و اجزاء عملکرد، به گیاه کمک می‌کند. مدیریت شرایط محیطی در طول رشد رویشی و مدیریت تنش‌های محیطی در طول مرحله‌ی زایشی، بیشینه‌ی عملکرد گیاه را که همان پتانسیل ژنتیکی آن می‌باشد، تعیین می‌کند. هدف این فصل فراهم کردن اطلاعات از مراحل نمو زایشی به منظور کمک به کشاورزان در مدیریت گیاه کلزا درطول این مرحله، کمینه‌سازی اثرات تنش‌های مختلف و بیشینه‌سازی عملکرد گیاه می‌باشد.

نتایج یادگیری
در پایان این فصل شما قادر به انجام موارد زیر خواهید بود: تشخیص تغییر رشد رویشی به نمو زایشی، تفکیک طویل‌شدن ساقه، تشکیل گلچه و گلدهی، توصیف اثرات یخبندان، گرما و رطوبت بر نمو زایشی، تعیین پنجره‌ی گلدهی برای یک رقم، با درنظر گرفتن مکان، ارزیابی مرحله‌ی رشدی یک گیاه، خصوصاً برای اهداف کود سرک نیتروژن، کاربرد علف‌کش‌ها و بررسی قابلیت چرای محصول

نمو زایشی

در آغاز مرحله‌ی زایشی، تشکیل برگ‌ها متوقف شده و غنچه‌های گل نیز تشکیل می‌گردند. این مرحله، یک مرحله‌ی پیچیده است که با تعدادی از رخدادهای نموی در یک زمان همراه می‌باشد (شکل v فصل مقدمه را مشاهده نمایید).

دو مرحله‌ی کلیدی در نمو زایشی، شروع گل و گلدهی است.

شروع گل

هرگاه نیاز دوره‌ی نوری یا بهاره‌سازی کامل شد، گیاه تولید برگ را متوقف کرده و شروع به توسعه‌ی گل‌ها می نمایند، این مرحله، دوره‌ی شروع گل دهی می‌باشد. محور یکی از برگ‌های بالایی شروع به متورم شدن می‌کند، که این متورم‌شدن، گل‌های ساقه‌ی اصلی را به وجود می‌آورد. سپس روی یکی از ساقه‌های اصلی غنچه‌ی گل شکل می‌گیرد و غنچه‌ها به‌تناوب روی شاخه‌های فرعی، توسعه می‌یابند.

مهارکننده‌های اصلی شروع گل شامل موارد زیر می‌باشند:

- ✓ قبل از شروع این دوره، تعداد کمی برگ اولیه وجود دارد که در ارقام مختلف، متفاوت است.
- ✓ پاسخ به دمای پایه یا میزان تولید برگ،
- ✓ پاسخ به بهاره‌سازی،
- ✓ پاسخ به طول روز.

گلچه
یکی از گل‌های کوچک منفرد در داخل یک خوشه‌ی متراکم از گل‌ها

اگر پاسخ بهاره‌سازی یا دوره‌ی نوری کامل نباشد، شروع گلدهی با ظهور تعداد کمی برگ، به تأخیر خواهد افتاد. این تأخیر در گلدهی تا اتمام فصل زمستان و یا طولانی‌تر شدن روزها، ادامه می‌یابد. تنوع بالایی در تعداد گره‌هایی که پیش از شروع این مرحله ظاهر می‌شود، وجود دارد. این اتفاق دلیل اصلی در تنوع زمان گلدهی می‌باشد. تعداد روزهای مورد نیاز برای هر گره در دماهای پایین، شش تا ۱۰ روز و در دماهای بالا چهار تا پنج روز می‌باشد. دما، تأثیر زیادی روی توسعه‌ی برگ‌ها دارد، به‌طوری‌که تعداد گره‌های روی هر گیاه بهترین شاخص سن فیزیولوژیکی گیاه در مقایسه با تعداد روزهای پس از کاشت محصول می‌باشد.

توسعه‌ی غنچه‌ی گل

مرحله‌ی رشدی ۳/۹-۳/۰

غنچه‌های گل در زمان شروع گلدهی، درست پیش از زمستان و یا در زمستان و اوایل بهار شروع به توسعه می‌کند. در مراحل اولیه‌ی طویل‌شدن ساقه، غنچه‌های گل به‌صورت بسته در برگ‌ها باقی می‌مانند.

مرحله‌ی غنچه‌ی سبز، مرحله‌ی رشدی ۳/۳

مرحله‌ی غنچه‌ی سبز زمانی است که غنچه‌ها با چشم غیرمسلح قابل‌مشاهده می‌باشند (شکل۳-۱). همچنان‌که ساقه طویل می‌شود، گل‌ها بالای برگ‌ها جوانه می‌زند، اما این در حالی است که از آن‌ها مستقل نیستند. در این مرحله، پرچم‌ها و گلبرگ‌ها توسعه می‌یابند و گرده نیز در این مرحله، شروع به شکل‌گیری می‌کند.

مرحله‌ی غنچه‌ی زرد، مرحله‌ی رشدی ۳/۷

ساقه تا زمانی‌که گل‌ها از برگ‌ها مستقل می‌شوند، به رشد خود ادامه می‌دهد و پایین‌ترین غنچه‌ی گل‌ها به شکل صفحه‌ی صافی در می‌آید. در ابتدا تنها غنچه‌های پایینی، زردرنگ بوده (مرحله‌ی غنچه-ی زرد) و با ادامه‌ی رشد ساقه،تدریجاً بیش‌تر غنچه‌ها به رنگ زرد در می‌آیند. توسعه‌ی غنچه‌ی گل، در طول مرحله‌ی غنچه‌ی زرد تکمیل می‌شود (شکل۳-۲).

گلدهی، مراحل رشدی ٤/٩-٤/٠

دوره‌ی گلدهی (گرده افشانی) با بازشدن اولین گلچه روی ساقه‌ی اصلی شروع می‌شود. گلدهی در پایه ی اتصال برگ به ساقه شروع می شود و به سمت بالا تا نوک گل‌آذین ادامه می‌یابد.

ساختمان اصلی گل‌آذین دارای تعداد زیادی از گل‌های کوچک یا گلچه می‌باشد. این مرحله تا توسعه‌ی کامل گیاه ادامه یافته و تا آن زمان، تعداد زیادی گل از تخمک‌های بارور در داخل هر غلاف، مشخص خواهد شد.

شکل۳-۱ توسعه‌ی غنچه‌ی گل، مرحله‌ی غنچه‌ی سبز (منبع: DPI).

شکل۳-۲ توسعه‌ی غنچه‌ی گل، مرحله‌ی غنچه‌ی زرد (منبع: DPI).

شکل۳-۳ شروع دوره‌ی گلدهی (مرحله‌ی رشدی ۴/۱) (منبع: DPI).

اولین گلچه با ظهور اولین گل ظاهر می‌شود و درنهایت، اولین غلاف را در پایه سنبله نهایی تشکیل می‌دهد.

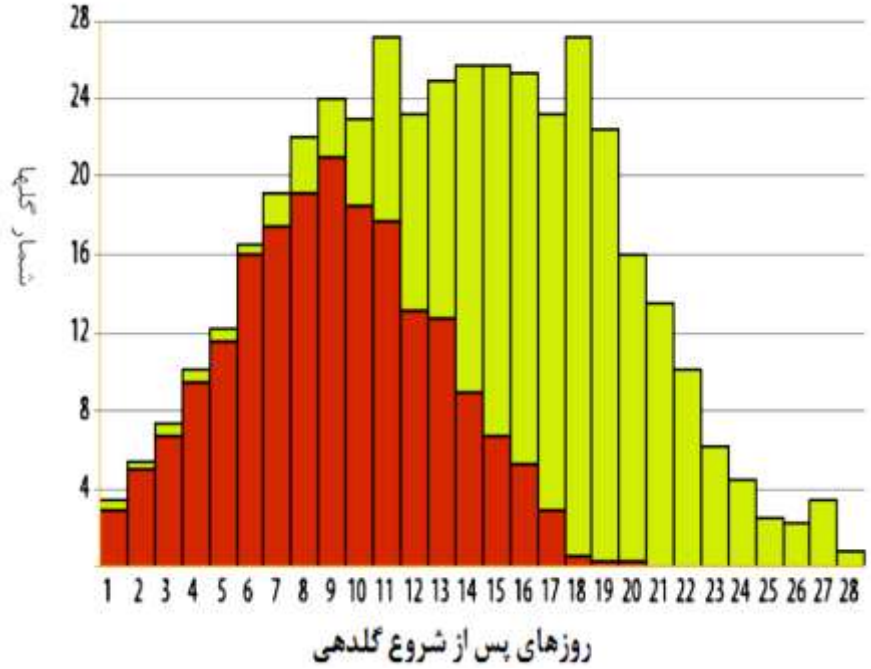
طول دوره‌ی گلدهی بسته به رقم و رطوبت خاک متغیر می‌باشد. عموماً، گل‌ها طی ۲۶ تا ۳۰ روز باز می‌شوند و حدود ۷۵ درصد غلاف‌های باقی‌مانده تا زمان رسیدگی نیز، از گل‌هایی که طی ۱۱ روز گلدهی باز می‌شوند، تشکیل خواهد شد (شکل۳-۷).

شکل۳-۴ شروع گلدهی (مرحله‌ی رشدی ۴/۲) (منبع: DPI).

شکل۳-۵ گلدهی (منبع: DPI).

شکل۳-۶ گلدهی (مرحله رشدی ۴/۸) (منبع: DPI).

بیش‌تر این گل‌ها، از خوشه‌ی انتهایی و روی نواحی پایینی و میانی گره‌های اول، دوم و سوم تشکیل می‌شوند. اگرچه معمولاً هر گیاه صدها گل تولید می‌کند، اما تعداد کمی از آن‌ها بارور می‌شوند. در مرحله‌ی گلدهی، پتانسیل عملکرد، در موازنه میان مرحله‌ی رویشی و تعداد بالقوه‌ی گل‌ها، غلاف‌ها و بذها می‌باشد. شرایط محیطی در طول دو تا سه هفته بعد از گلدهی، بسیار حیاتی است.



شکل۳-۷ تعداد کل گل‌هایی که در فواصل روزانه در تمام گیاه باز شدند و آن‌هایی که غلاف‌های حفظ‌شده تا زمان رسیدگی را تشکیل داده‌اند(ستون‌های سایه‌دار) (منبع: DPI).

- ✓ بیش‌تر غلاف‌های حفظ‌شده، از اولین گل‌هایی که باز شده‌اند، تشکیل شده‌است.
- ✓ حدود ۷۵ درصد غلاف‌هایی که در مرحله‌ی رسیدگی باقی مانده‌اند، از گل‌هایی تشکیل شدند که طی ۱۱ روز اول باز شده‌اند (از بازشدن اولین گل).

به واسطه‌ی رقابت با غلاف‌ها برای منابع غذایی، گلدهی متوقف می‌شود. رشد فعال دانه که از غلاف‌های پایینی شروع می‌شود، تقاضای شدیدی برای جذب موادغذایی ایجاد می‌کند. در حدود ۱۶ روز پس از گلدهی (وابسته به دما)، در نوک گیاه جذب مواد غذایی متوقف می گردد. . این فرآیند سبب پایان دوره‌ی گلدهی می‌شود.

گسترش دوره‌ی گلدهی، رقابت برای جذب موادغذایی را میان ساقه‌ی درحال رشد، گل‌های جدیداً بازشده و بذور توسعه‌یافته، افزایش می‌دهد که این امر موجب کاهش مضاعف عملکرد می‌شود.

گرده‌افشانی

گرده‌های کلزا بسته به دما و رطوبت نسبی، یک تا هفت روز قابلیت زنده‌مانی دارند. در شرایط طبیعی، ماندگاری گرده‌ها به‌تدریج طی چهار تا پنج روز کاهش می‌یابد. در استرالیا، با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی در فصل بهار کلزا گل می‌دهد. تحت این شرایط زنده‌مانی گرده‌ها به ۲۴ تا ۴۸ ساعت کاهش می یابد.

گیاه کلزا عموماً گیاهی خودگرده‌افشان بوده، اما مقداری دگر گرده‌افشانی نیز در آن اتفاق می‌افتد. لقاح تخمک‌ها عموماً در نتیجه‌ی خودگرده افشانی می‌باشد، چراکه هر گل تعداد زیادی گرده تولید می‌کند که با گرده‌های گل‌های پیرامون خود رقابت می‌نماید.

احتمال این‌که لقاح خارجی میان گیاهانی که در کنار هم قرار گرفته‌اند، اتفاق بیافتد،در حدود ۳۰ درصد می‌باشد. لقاح خارجی از طریق تماس فیزیکی میان گیاهان همجوار و یا ازطریق حشرات صورت می‌گیرد. سطح لقاح خارجی به وجود حشرات گرده‌افشان، رقم و شرایط آب‌وهوایی وابسته است. گرده‌ی کلزا می‌تواند از طریق هوا منتقل شده و در جهت باد تا چندین کیلومتر جابجا شود. گرده‌ی حمل‌شده توسط باد، نقش مهمی در گرده‌افشانی راه دور بازی می‌کند. بیشتر گرده‌ها، کمتر از حدود ۱۰ متر جابجا می‌شوند و با افزایش فاصله از منبع گرده، تراکم مقدار گرده نیز کاهش می‌یابد.

گرده‌ی کلزا سنگین و چسبنده بوده و گل‌های آن نیز شهدی با غلظت بالای قند، رنگ گلی و ساختاری که حشرات (خصوصاً زنبورها) را جذب می‌کند، تولید می‌کنند (شکل۳-۸).

شکل۳-۸ . گرده‌افشانی کلزا (منبع: DPI).

قابلیت جوانه‌زنی دانه‌های گرده در مرحله‌ی گلدهی، نزدیک به ۸۰ درصد می‌باشد. رشد لوله‌ی گرده (لوله‌ی گرده، لوله‌ای است که به عنوان یک رابط برای انتقال سلول‌های جنسی نر دانه‌ی گرده در کلاله (گیرنده‌ی گرده) به تخمک‌ها در لبه‌ی مادگی (اندام ماده‌ی تولیدمثل) عمل می‌کند)، در دمای ۱۰ تا ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد مطلوب است، اما میزان جوانه‌زنی و زنده‌مانی دانه‌های گرده، تحت تأثیر میزان رشد لوله‌ی گرده نمی‌باشد. هر تخمک، به بارورشدن توسط دانه‌ی گرده نیاز دارد. دانه‌های گرده توسط بساک‌ها تولید می‌شوند که ممکن است اطراف غلاف نارس از کلاله‌ی گل‌های مشابه به زمین بیافتند (گیرنده‌ی گرده). گرده‌ی گل‌های دیگر نیز ممکن است از طریق حشراتی که به گرده‌ی گل‌ها هجوم می‌آوردند، به گیرنده‌ی کلاله برسند. شهد در اندام‌های شهدساز لبه‌ی بیرونی از اندام‌های زایشی ماده، تولید می‌شوند. تلقیح موفق همه‌ی تخمک‌های داخل هر غلاف، بستگی به توانایی و بلوغ گرده‌های تولید شده‌ی گلچه‌ی همان گیاه، دارد. تغییرات دما در زمان بلوغ اندام‌های جنسی نر و ماده، می‌تواند شدیداً عمل باروری را کاهش دهد.

عوامل تأثیرگذار بر نمو زایشی

نمو گیاه در ابتدا تحت تاثیر دوره‌ی نوری و دما و در مرحله‌ی بعد کوتاه‌سازی مراحل رشد، در نتیجه‌ی افزایش طول روز و یا دما، قرار می‌گیرد. پس از بهاره‌سازی، نمو گیاه شتاب می‌گیرد. این عوامل برای تعیین تعداد روزهای بین کاشت، گلدهی و رسیدگی، بر یکدیگر اثر متقابل می‌گذارند.

پتانسیل عملکرد توسط زمان گلدهی تعیین می‌شود.

کلزا یک گیاه با مراحل رشد چندگانه است؛ یعنی غلاف‌ها و بذور در مراحل مختلف نمو وجود دارند. از آنجایی‌که نمو غلاف و دانه، بلافاصله پس از گلدهی شروع می‌شود، لذا میان گل‌های روی خوشه‌های مشابه و خوشه‌ها روی شاخه‌های مختلف، برای جذب موادغذایی رقابت وجود دارد. غلاف‌های زودتر کامل‌شده نسبت به غلاف‌هایی که دیرتر توسعه می‌یابند برتری رقابتی دارد.

مرحله جذب موادغذایی پیش از گلدهی، عامل تعیین‌کننده‌ی مهمی در ارتباط با تعداد گل‌ها و غلاف‌های پر از دانه می‌باشد. محدودیت در جذب موادغذایی، دلیل اصلی پایان گلدهی و نارس‌شدن بذور می‌باشد. وجود تنش در جذب موادغذایی در زمان گلدهی، تعداد غلاف‌های کامل شده را کاهش می‌دهد و در صورت رفع تنش و بازگشت به حالت طبیعی توانایی رشد جبرانی را کاهش می‌دهد. تامین کربوهیدارت‌ها در زمان گلدهی یا پس از آن، عملکرد بذور و غلاف‌ها را تنظیم می‌کند.

تنش رطوبتی

تامین آب در طول دوره‌ی گلدهی و اوایل نمو غلاف‌ها که تعداد غلاف‌ها و بذور تعیین می‌شوند، ضروری است. این مراحل رشد معمولاً با افزایش دما و کاهش میزان آب موجود در خاک همزمان می‌شود. تنش رطوبتی در مراحل گلدهی یا رسیدگی، باعث کاهش شدید عملکرد گیاه می‌شود، خصوصاً اگر با دمای بالا همراه شود و همچنین سبب کاهش شدید در فتوسنتز برگ‌ها می‌شود. در زمان تنش، برگ‌ها سریعاً پژمرده شده و از بین می‌روند و همچنین، شاخه‌دهی، تعداد غلاف هر بوته، طول غلاف، اندازه‌ی دانه و تعداد دانه‌ی هر غلاف کاهش می‌یابد. در این حالت مقدار روغن دانه کاهش و پروتئین آن افزایش می‌یابد. اگر تنش رطوبتی شدید باشد، ممکن است غلاف‌های تازه تشکیل‌شده از بین بروند. امکان این‌که تنش رطوبتی، رشد ریشه را کند و یا متوقف و جذب آب را تحت‌تأثیر قراردهد، وجود دارد. برخی ارقام، توانایی تنظیم تعداد دانه، غلاف و در نتیجه شاخص برداشت (نسبت زیست‌توده‌ی عملکرد (مانند وزن دانه) به کل زیست‌توده‌ی تجمعی (وزن گیاه) در زمان برداشت) را برای کاهش اثرات تنش بر عملکرد دارند.

تنظیم اسمزی

گیاهان برخی از مکانیسم‌های سازگاری با خشکی را دارند؛ برای مثال، گیاهان می‌توانند املاح (مواد زمینه‌ای حل‌شده در محلول) را برای کمک به حفظ آماس سلول (نیروی اعمال‌شده به‌سمت خارج دیواره‌ی سلول گیاهی، توسط آب موجود در سلول) ذخیره کنند. این تنظیم اسمزی، این امکان را به گیاهان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی، چند روز بیش‌تر دوام بیآورند.

توانایی گیاه برای اعمال تنظیم اسمزی، تحت‌تأثیر مرحله‌ی نمو گیاه قرارمی‌گیرد. رقم مانتی[1]، توانایی تنظیم اسمزی در مراحل گیاهچه‌ای و رشد رویشی را دارد، اما در مراحل گلدهی و بعد آن، دیگر این توانایی را ندارد. همچنین، رقم مانتی در مقایسه با رقم کارو[2]، به شکل با ثباتی تنظیم اسمزی بسیار کم‌تری را نشان می‌دهد.

گیاه خردل در مراحل گیاهچه‌ای، طویل شدن ساقه و گلدهی، تنظیم اسمزی را نشان می‌دهد، لذا این گیاه سازگاری بهتری در مناطق کم‌باران دارد.

1 Monty
2 Karoo

دما

دما از سه طریق می‌تواند نمو زایشی کلزا را تحت‌تأثیر قراردهد: تنش گرمایی، تنش سرما و یا یخبندان و از طریق تأثیر روی مقدار نمو (با استفاده طول دوره‌ی گرما).

دمای بالا (بالای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس) خصوصاً وقتی با دمای گرم شب هنگام همزمان شود می‌تواند:

- ✓ منجر به عقیم شدن اندام جنسی نر و ماده گل‌ها گردد.
- ✓ مدت‌زمانی را که گل‌ها پذیرنده‌ی گرده‌ها می‌باشند را کاهش دهد.
- ✓ طول دوره‌ی انتشار گرده را کاهش دهد.
- ✓ قابلیت زنده‌مانی گرده را کم کند.

گیاهان در شرایط تنش رطوبتی آستانه‌ی دمای بیشینه‌ی خود را کاهش می‌دهند.

در میان کنولاها، کلزای معمولی کم‌ترین توانایی را برای بازیابی خود از تنش رطوبتی شدید، در زمان گلدهی دارد. تیمار دمایی ۳۲ درجه‌ی سلسیوس در طول روز و ۲۶ درجه‌ی سلسیوس در طول شب در یک اطاقک رشد، منجر به عقیم شدن دانه‌ی گرده شده‌است. در رژیم دمایی روزانه‌ی ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و شبانه‌ی ۱۷درجه‌ی سلسیوس تقریباً منجر به عقیم شدن کامل دانه‌ی گرده‌ی کلزای معمولی (*Brassica napus* L.) شده‌است (شکل۳-۹).

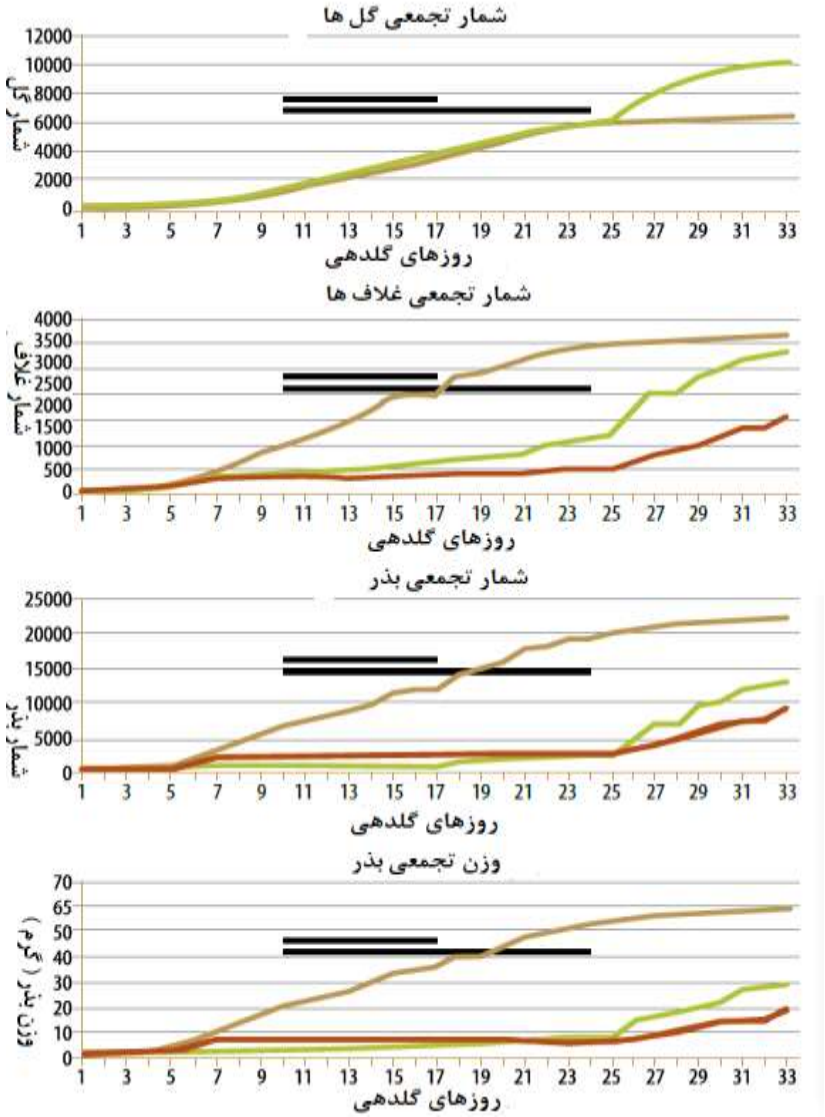
اثر دمای بالا روی تعداد دانه‌ی تشکیل شده در زمانی‌که گیاهان دهنده‌ی گرده، تحت تنش هستند، نسبت‌به زمانی‌که گیاهان گیرنده‌ی گرده، تحت تنش قراردارند، بیش‌تر است. تغییرات ایجاد شده توسط تنش دمایی در توسعه‌ی گرده‌ی براسیکا ناپوس برگشت‌پذیر نیست، اما در یک پژوهش، دانه‌های گرده‌ی خردل هندی پس از ۴ یا ۲۴ ساعت قرارگیری در معرض دمای ۴۵ یا ۶۰ درجه‌ی سلسیوس، هنوز قادر به جوانه‌زنی بودند.

سرما و یخبندان

گیاهان کلزا در طول مرحله‌ی رویشی به سرما سازگار شده‌اند(خوگرفته‌اند). به‌محض این‌که گیاه شروع به طویل‌شدن نمود و در معرض دمای گرم‌تر قرار گرفت، مقاومت آن نیز به دمای پایین کم‌تر شده و بیش‌تر مستعد یخزدگی می‌شود.

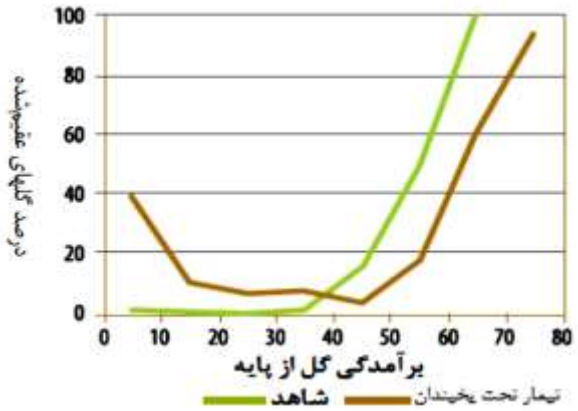
اگرچه ممکن است دمای سرد به بافت آسیب نرساند، اما می‌تواند فرآیندهایی نظیر گرده‌افشانی، باروری و نمو را کند کرده و یا تغییر دهد (اشکال ۳-۱۰ تا ۳-۱۲). همچنین، دمای پایین می‌تواند سبب

نبود تکامل گل شود، اما ازآنجایی‌که کلزا دوره‌ی گلدهی طولانی‌مدتی دارد، می‌تواند این تکامل را جبران نماید. اولین گل‌هایی که در اطراف گل‌آذین باز می‌شوند، نسبت به یخبندان حساسیت بیش‌تری دارند.



شکل۳-۹ تأثیر تیمار تنش گرمایی بر باروری گیاهان کلزا، = دوره‌ی تنش، = تیمار شاهد (۱۶ ساعت در طی روز در دمای ۲۳ درجه‌ی سلسیوس و هشت ساعت تاریکی در دمای ۱۸ درجه‌ی سلسیوس)، = تنش دمایی به‌مدت یک هفته (افزایش درجه‌ی دمای روز از ۲۳ درجه به ۳۵ درجه برای شش ساعت و ثابت ماندن آن به‌مدت چهار ساعت و کاهش آن به ۲۳ درجه به‌مدت شش ساعت و دمای شبانه‌ی ۱۸ درجه‌ی سلسیوس برای هشت ساعت)، = تنش گرمایی مشابه برای مدت دو هفته. (منبع: DPI).

- ✓ بیش‌ترین کاهش در تولید دانه، زمانی رخ می‌دهد که گیاهان در اوایل دوره‌ی گلدهی، به‌مدت ۷ روز در معرض دمای ۳۵ درجه‌ی سلسیوس در طول روز و دمای ۱۵ درجه‌ی سلسیوس در طول شب قرار گرفته‌باشند.
- ✓ نصف گل‌های تیمار شاهد، به غلاف تبدیل شدند، این در حالی است که بین ۶/۷ تا ۱۴/۶ درصد گل‌های تیمار به غلاف تبدیل شد.
- ✓ نبود تکامل غلاف و دانه در گل‌های بارورشده، طی مدت چهار روز قبل از تنش گرمایی اتفاق افتاد، طوری‌که طی دوره‌ی توسعه‌ی میوه‌ها (یعنی غلاف‌ها و بذور) تا چهار روز به تنش گرمایی حساس بودند.
- ✓ کاهش تولید دانه بین دو تا هشت روز پس از رفع تنش گرمایی، ادامه می‌یابد.
- ✓ کاهش زنده‌مانی گرده تا هفت روز پس از رفع تنش گرمایی، ادامه دارد.

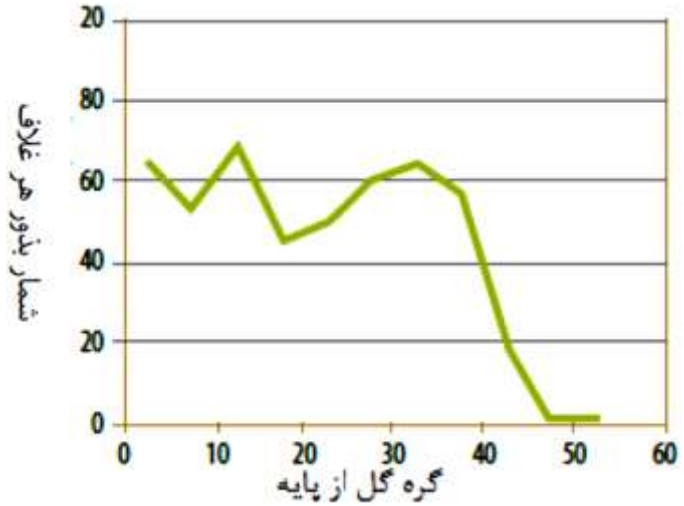


شکل۳-۱۰ حساسیت گل‌های روی خوشه‌ی اصلی به یخبندان (اولین گل باز شده) (منبع: DPI).

- ✓ گل‌های کناره‌های گل‌آذین اصلی در مقایسه با آن‌هایی‌که در میانه‌ی گل‌آذین قرار دارند، حساسیت بیش‌تری به یخبندان دارند.
- ✓ حتی گیاهان بدون تنش نیز دچار عدم تکامل گل‌ها می‌شوند. این پدیده به دلیل رقابت بر سر جذب موادغذایی با گل‌های قسمت‌های پایینی گیاه اتفاق می‌افتد.
- ✓ ۱۰ گل اول، با احتمال ۴۰ درصد به غلاف تبدیل نمی‌شوند.

شکل۳-۱۱ تأثیر یخبندان بر تعداد بذور هر غلاف بر روی خوشه‌ی اصلی (اولین گل باز شده‌است) (منبع: DPI).

- ✓ تعداد بذور هر غلاف، وابستگی کمی به موقعیت غلاف در روی گل‌آذین گیاهان بدون تنش دارد.
- ✓ تعداد بذور هر غلاف در گیاهان تحت تنش نسبت‌به گیاهان شاهد کم‌تر بود، خصوصاً در کناره‌های گل‌آذین اصلی.
- ✓ تعداد بذور هر غلاف در نیمه‌ی پایینی گل‌آذین اصلی گیاهان تحت تنش شدیداً کاهش می‌یابد و بسیاری از غلاف‌ها عقیم می‌مانند.



شکل۳-۱۲ حساسیت تخمک‌های خوشه‌ی اصلی به یخبندان (منبع: DPI).

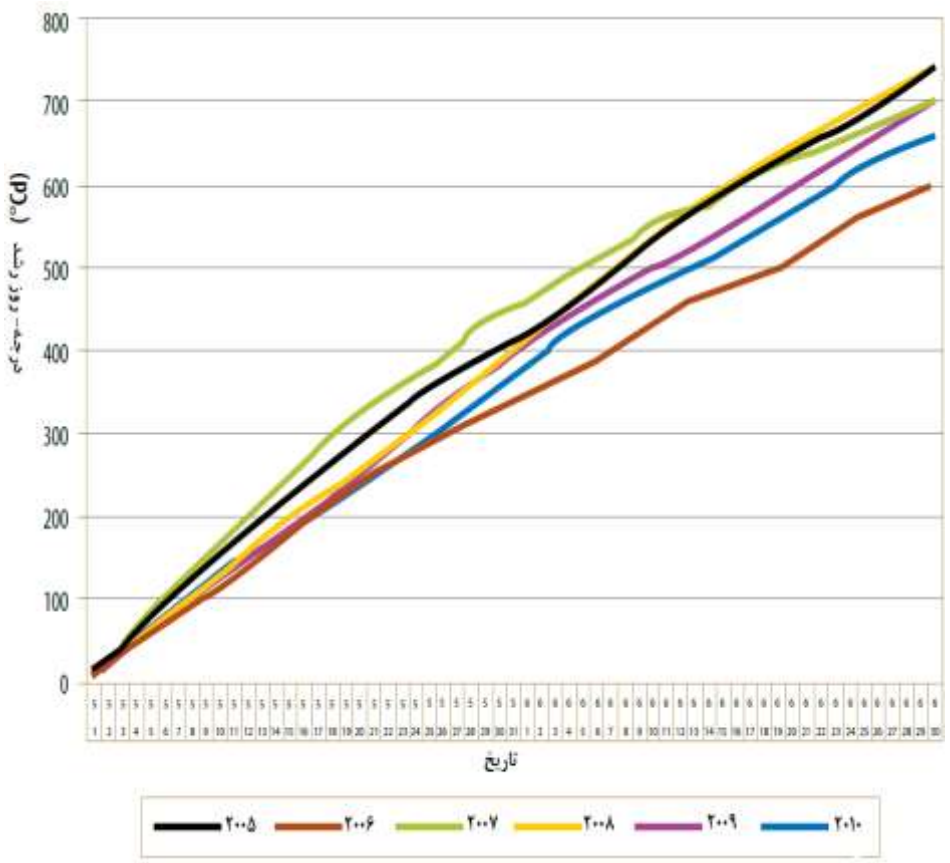
- ✓ اولین گل باز شده‌است.
- ✓ بسیاری از تخمک‌های روی قسمت پایینی گیاهان تحت تنش، آسیب دیده‌بودند.

طول دوره‌ی گرما

متغیر اصلی در مراحل نمو گیاه، دما می‌باشد. طول دوره‌ی گرمایی با دمای تجمعی بیان می‌شود. زمان گرمایی نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی میان توسعه‌ی گیاه و دما می‌باشد. زمان گرمایی به‌صورت میانگین دمای روزانه منهای دمای، پایه محاسبه می‌شود و به‌صورت درجه-روز (^{0}Cd) ثبت می‌گردد. دمای پایه، دمای کمینه‌ای می‌باشد که گیاه در آن دما رشد می‌کند و برای هر محصول متفاوت است. دمای پایه در دوره‌ی رویشی گیاه کلزا صفر درجه بوده و در مرحله‌ی زایشی نیز ۵ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. زمان گرمایی در یک مکان مشابه، از سالی به سال دیگر متفاوت است (شکل۳-۱۳).

جدول (۳-۱) تعداد تقریبی درجه-روز رشد موردنیاز برای هر مرحله از رشد کلزا را مشخص کرده-است؛ برای مثال، زمان لازم برای سبزشدن کلزا (بازشدن کامل لپه‌ها) بر حسب زمان گرمایی، حدود ۱۲۰ درجه-روز می‌باشد.

اگرچه زمان گرمایی عموماً در سطح زراعی استفاده نمی‌شود، اما برای پیش‌بینی مراحل رشد برخی محصولات مهم می‌باشد. زمان گرمایی در کلزا در مقایسه با گندم شاخص بهتری می‌باشد. دماهای بالا عموماً موجب شتاب در نمو می‌شوند و تعداد روزهای بین جوانه‌زنی و گلدهی را کاهش می‌دهند.



شکل۳-۱۳ تغییرات در زمان گرمایی در عرض پنج سال برای ماه می در منطقه‌یکوورا (منبع: DPI).

- ✓ زمان حرارتی در بین سال‌های مختلف، متفاوت می‌باشد.
- ✓ درسال ۲۰۰۷، نزدیک به ۴۵۰ درجه –روز در طول ماه می تجمع یافته‌است، درحالی‌که این مقدار در سال ۲۰۰۴ کم‌تر از ۳۵۰ درجه – روز و در سال ۲۰۰۶ نیز کم‌تر از ۳۰۰ درجه – روز می‌باشد.

طول دوره‌ی نوری

دوره‌ی نوری یا طول روز، مدت‌زمان (تعداد ساعات) قرار گرفتن در معرض روشنایی می‌باشد. گیاه کلزا نیز مانند گندم یک گیاه روزبلند می‌باشد، بدین معنی‌که طول زمان کاشت تا گلدهی در روزهای بلند، کوتاه‌تر می‌شود. این حساسیت مشخص می‌کند که آیا گیاه به تولید برگ ادامه بدهد یا وارد مرحله‌ی زایشی شود.

جدول۳-۱ درجه-روز رشد مورد نیاز برای هر مرحله از رشد گیاه کلزا

مرحله‌ی رشد	درجه-روز رشد تجمعی برای کلزا
سبزشدن-لپه‌ها کامل باز شدند	۱۲۰-۱۵۰
دو برگ واقعی	۲۸۲-۳۲۴
چهار برگ واقعی	۴۱۱-۴۶۳
شروع گلدهی- دست‌کم در ۵۰ درصد گیاهان یا بیش‌تر یک گلچه باز شده‌است	۵۳۳-۶۲۱
تکمیل ۵۰ درصد گلدهی	۷۵۹-۸۵۲
شروع پرشدن دانه-۱۰ درصد بذور به اندازه‌ی نهایی رسیدند.	۹۷۲-۱۰۷۴
رسیدگی- شروع رسیدگی دانه-۱۰درصد دانه‌ها تغییر رنگ داده‌اند	۱۳۲۶-۱۴۴۵
زمان برداشت-۴۰ درصد بذور روی ساقه‌ی اصلی تغییر رنگ داده-اند	۱۴۳۲-۱۵۵۷

(منبع: DPI).

دوره‌ی نوری می‌تواند نمو کلزا را از طریق اعمال زیر، تحت‌تأثیر قرار دهد:

- ✓ موجب تغییرات در مقدار توسعه‌ی سطح برگ و تولید ماده‌ی خشک می‌شود.
- ✓ راهی برای شروع نمو زایشی فراهم می‌کند.
- ✓ منجر به تغییر سرعت نمو زایشی می‌گردد.

درروزهای بلند، طول دوره، از ابتدای جوانه‌زنی تا طویل‌شدن ساقه و طول مرحله طویل‌شدن ساقه کاهش می می یابد. تحت شرایط زراعی معمول استرالیا، میانگین دوره‌ی نوری میان زمان کاشت و گلدهی از ۱۱ تا ۱۳ ساعت متغیر می‌باشد. مشخص شده‌است که ارقام بهاره‌ی کلزا در کانادا، اروپا و استرالیا به طول روزهای بیش‌تر از ۱۰ تا ۱۲ ساعت پاسخ می‌دهند. ارقام اروپایی به افزایش طول روز پاسخ بهتری نشان می‌دهند و پس از آن ارقام استرالیایی و ارقام کانادایی، کم‌ترین پاسخ را نشان دادند.

بهاره‌سازی

نیاز سرمایی که برای تغییر مرحله‌ی رشد گیاه از رویشی به زایشی مورد نیاز است، بهاره‌سازی می‌باشد. در ارقامی که نیازمند بهاره‌سازی می‌باشند، تاریخ کاشت، به مقدار کم‌تری تاریخ گلدهی را تحت‌تأثیر قرارمی‌دهد. ارقامی که نیازمند بهاره‌سازی هستند را می‌توان زودتر کشت نمود، زیرا تا زمانی‌که نیاز سرمایی خود را دریافت نکند وارد مرحله‌ی گلدهی نخواهند شد. این ویژگی، خطر آسیب یخبندان در مرحله‌ی گلدهی و پرشدن دانه را نیزکاهش می‌دهد. ارقام کلزا به دو دسته‌ی بهاره (بدون نیاز و یا نیاز کم به بهاره‌سازی) و زمستانه (نیازمند به بهاره‌سازی) تقسیم می‌شوند. بیش‌تر ارقام کشت شده در استرالیا ارقام بهاره می‌باشند که به بهاره‌سازی پاسخی نمی‌دهند.

ارقام زمستانه پیش از آن‌که وارد مرحله‌ی زایشی شوند، نیاز به بهاره‌سازی دارند. مدت زمان مورد نیاز دوره‌ی بهاره‌سازی بسته به رقم، متفاوت می‌باشد. درحال حاضر، ارقام زمستانه‌ی تجاری کلزا قابل‌دسترس می‌باشند. دمای بالا سبب نبود بهاره‌سازی می‌شود، به این خاطر که در این دما، گیاهان مقداری از واکنش به دمای تجمعی خود را از دست می‌دهند.

زودرسی

به‌مانند تأثیر دما، دوره‌ی نوری و بهاره‌سازی نیز موجب زودرسی محصول خواهند شد. برخی ارقام به‌طور ژنتیکی نسبت‌به ارقام دیگر زودرس‌تر می‌باشند. تفاوت کمی در میان ارقام تجاری موجود، به لحاظ زودرسی وجود دارد.

رسیدگی گیاه

رسیدگی ارقام موجود در NSW متفاوت می‌باشد. ارقام در یکی از ۵ دسته‌ی زیر قرارمی‌گیرند: زودرس، نیمه‌زودرس، متوسطرس، نیمه‌دیررس یا دیررس. رسیدگی نسبی ارقام، با توجه به مکان تغییرمی‌کند. جداول دامنه‌ی کاشت ارقام مختلف که هر ساله توسط دستورالعمل کشت ارقام زمستانه‌ی DPI چاپ می‌شود، به‌روز رسانی شده‌است. همچنین می‌توانید به بخش تاریخ کاشت در فصل۱ نیز مراجعه نمایید.

زمان لازم برای رسیدگی، یا مدت‌زمانی که یک رقم طی می‌کند تا به مرحله‌ی گلدهی برسد، به نیازهای نوری، بهاره‌سازی و زمان گرمایی که در بالا ذکر شد، وابسته می‌باشد. تاریخ‌های کشت توصیه شده از طریق ارزیابی رسیدگی ارقام در محیط‌های مختلف و با تاریخ کشت متفاوت به‌دست می‌آید.

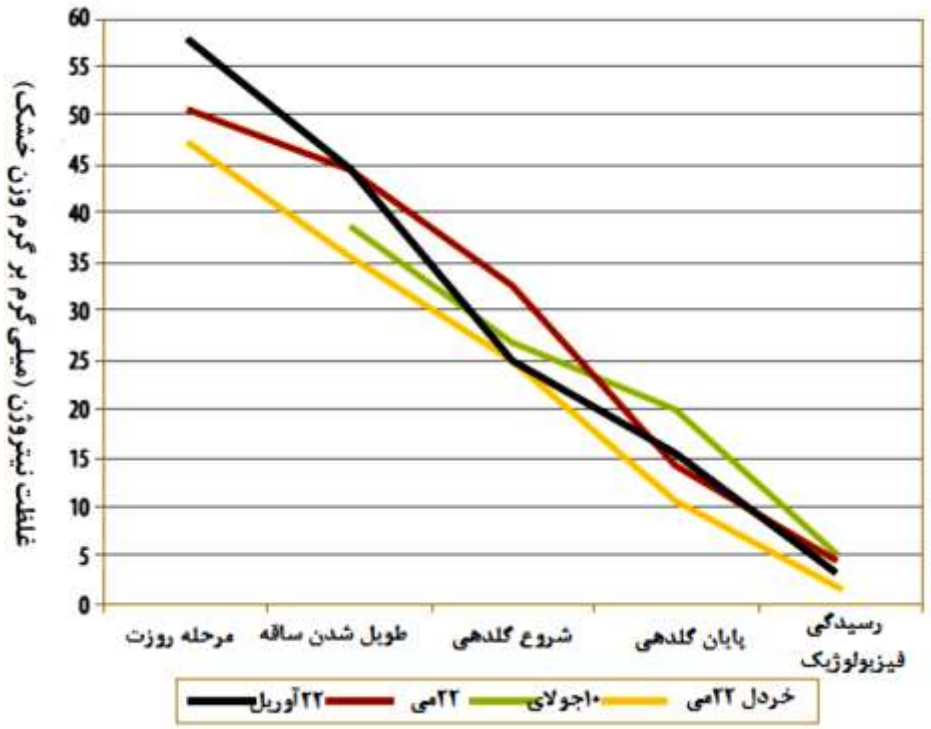
جدول (۳-۲) طیف وسیعی از مراحل نموی را که با تاریخ کشت های مختلف اتفاق می‌افتد را نشان می-دهد.

تأخیر در کاشت می‌تواند منجر به کم‌تر شدن غلظت نیتروژن در ساقه‌ها و کوچک‌تر شدن گیاهان شوند، چرا که گیاهان زودکاشت، زمان بیش‌تری برای جذب و ذخیره‌ی نیتروژن در اختیار دارند (شکل۳-۱۴).

جدول۳-۲ طیف وسیع مراحل نموی که با تاریخ کاشت‌های مختلف اتفاق می‌افتد.

تاریخ کاشت	طول دوره‌ی رویش (روزهای کاشت تا گلدهی)	مدت گلدهی (روز)	طول دوره‌ی پر شدن دانه (روز)	روزهای از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی
۲۷ آوریل	۱۳۰	۳۰	۶۹	۱۹۹
۲۲ می	۱۱۹	۲۸	۶۲	۱۸۱
۱۰ جولای	۹۱	۲۱	۶۳	۱۵۴
خردل ۲۲ می	۱۰۵	۴۲	۷۷	۱۸۲

- ✓ تأخیر در کاشت، تعداد روزهای رویشی و مدت گلدهی را کم می‌کند.
- ✓ تأخیر در کاشت تأثیر کمی در مدت پرشدن دانه دارد.
- ✓ تأخیر در کاشت تعداد روزهای تا گلدهی را در کلزا و خردل کاهش می‌دهد.



شکل۳-۱۴ تأثیر زمان کاشت در غلظت نیتروژن در ساقه‌های کلزا و خردل در آریاپارک NSW (شامل بذور در رسیدگی فیزیولوژیک نمی‌شود) (منبع: DPI).

- ✓ نیتروژن به مقدار ۵۳ میلی‌گرم برگرم در عمق ۱۰ سانتی‌متری در زمان کاشت استفاده شده‌است.
- ✓ تأخیر در کاشت غلظت نیتروژن را در ساقه‌ها کاهش می‌دهد.
- ✓ گیاهان زودکاشت، زمان بیش‌تری برای جذب نیتروژن دارند.

عناصر غذایی

نیتروژن

غلظت نیتروژن در گیاه کلزا، در اندام‌های هوایی به‌تدریج در طول فصل رشد کاهش می‌یابد. کاهش عمده میان شروع گلدهی و رسیدگی زمانی اتفاق می‌افتد که تولید ماده‌ی خشک نسبت به جذب نیتروژن بیش‌تر باشد. طی این دوره، بیش‌ترین میزان ماده‌ی خشک تولیدشده در مقایسه با برگ‌ها، توسط

شاخه‌ها می‌باشد. بیش‌تر برگ‌ها در پایان گلدهی از بین می‌روند. جذب بسیار سریع نیتروژن در طول طویل‌شدن ساقه اتفاق می‌افتد و بیشینه‌ی سطوح نیتروژن در شروع گلدهی مشاهده شده‌است. در آن زمان، ممکن است گیاه در حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ذخیره کرده‌باشد (شکل۳-۱۵).

گوگرد

علائم کمبود گوگرد در گلبرگ‌ها، در زمان گلدهی مشاهده می‌شود. چنانچه کمبود شدید گوگرد در زمان رشد رویشی اتفاق بیفتد، علائم کمبود را می‌توان در تمام شاخ و برگ و گل‌ها مشاهده نمود، به صورتی که گلبرگ‌ها کوچک‌تر شده و به رنگ زرد روشن در خواهند آمد. چنانچه کمبود گوگرد در زمان گلدهی اتفاق افتد، علائم کمبود برگی قابل مشاهده نیستند، اما گلبرگ‌ها رنگ پریده‌تر می‌شود و حتی ممکن است گلبرگ‌های زرد و سفید در کنار هم و روی یک گلبرگ منفرد مشاهده شوند.

طول عمر گلبرگ‌هایی که دچار کمبود می‌شوند، ممکن است از دو تا سه روز طبیعی به یک روز کاهش یابد، در این حالت تولید گرده نیز شدیداً کم می‌شود. علاوه‌بر این، گلبرگ‌های دچار کمبود گوگرد، در مقایسه با گلبرگ‌هایی که دارای گوگرد کافی می‌باشند، تخم‌مرغی شکل می‌شوند. گلدهی غالباً کاهش یافته و طولانی می‌شود. کمبود گوگرد می‌تواند رسیدگی محصول را نیز به تأخیر اندازد. گزارش‌ها نشان داده‌است، گیاهان دچار کمبود گوگرد، در جذب زنبور عسل مشکل دارند و به همین دلیل دچار کمبود گرده می‌شوند.

کود سرک با مقادیر کافی گوگرد تا اواخر مرحله‌ی طویل‌شدن ساقه می‌تواند سبب بازگشت عملکرد دانه و مقدار روغن در گیاهانی که دچار کمبود شدید گوگرد شده‌اند، شود.

افزایش فراهمی گوگرد غلظت گلوکوزینولات‌ها در دانه‌ی کلزا را افزایش می‌دهد.

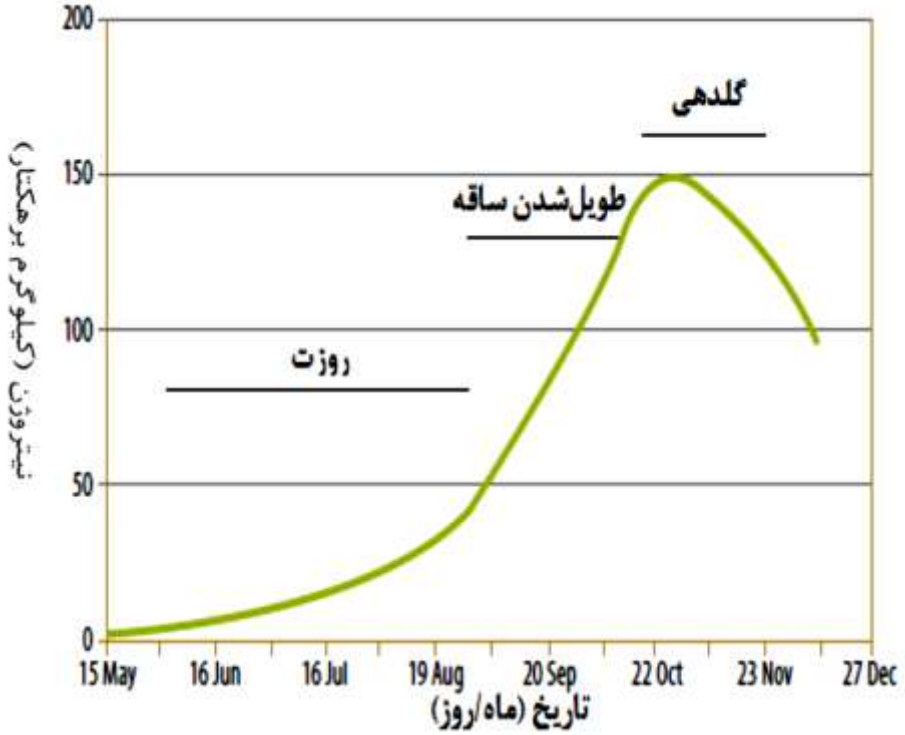
کمبود بر

کمبود بر می‌تواند رشد لوله گرده را محدود کند. به همین دلیل گیاه کلزا در مرحله زایشی نسبت به دوره رویشی نیاز بیشتری به عنصر بر دارد. همچنین، بر تلقیح و تعداد بذور را با افزایش تولید گرده در بساکها و قابلیت زنده مانی گرده تحت تأثیر قرار می‌دهد. عنصر بر همچنین ممکن است ترکیب قند شهد گل را تحت تأثیر قرار دهد.

علائم کمبود بر بیشتر در مرحله گلدهی قابل مشاهده است. این علائم شامل:

- ✓ برگ‌های تغییر شکل یافته و مارپیچی و زبر با حاشیه‌های سوخته
- ✓ لکه‌های زرد تا قهوه‌ای در فاصله بین رگبرگ‌ها

- ✓ حاشیه قرمز تا ارغوانی قهوه‌ای روی برگ‌های جدید
- ✓ لکه‌های ابلقی بین رگبرگی
- ✓ ریزش سریع برگ‌ها
- ✓ کوتاه شدن ساقه‌ها
- ✓ ساقه‌های شکسته
- ✓ طولانی شدن گلدهی
- ✓ عقیمی گل‌ها
- ✓ غلاف‌دهی و عملکرد ضعیف



شکل۳-۱۵ جذب نیتروژن در یک محصول با تلقیح خوب (منبع: DPI).

- ✓ طولانی‌شدن دوره‌ی گلدهی
- ✓ تلقیح کم‌تر
- ✓ مجموعه غلاف و عملکرد ضعیف

چرای کلزا

چرای کلزا توسط دام، گلدهی را به تأخیر انداخته و ارتفاع گیاه را نیز کاهش می‌دهد. مقدار این تغییرات به شدت چرا و مرحله‌ی رشدی گیاه در زمان چرا بستگی دارد. پژوهشی نشان داد که تأخیر در گلدهی، پیش از ظاهرشدن غنچه‌ها در حدود ۰ تا ۳ روز می‌باشد، چنانچه جوانه‌ها ظاهر شده‌باشند، اما هنوز توسعه نیافته باشند ۴ روز و در زمانی‌که طول جوانه‌ها ۲۵ سانتی‌متر شده اما گل‌ها باز نشده‌اند ۷ تا ۱۵ روز و در زمان ظهور گل‌ها ۲۶ تا ۳۰ روز می‌باشد (جدول۳-۳).

جدول۳-۳ تأثیر چرا بر زمان گلدهی

مرحله‌ی رشدی گیاه در زمان چرا	تأخیر در گلدهی	کاهش ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
مرحله‌ی رویشی پیش از ظهور غنچه‌ها	۳-۰ روز	مشاهده نشد
ظهور جوانه‌های جانبی بدون طویل‌شدن آن	۴ روز	۱۰
جوانه‌های جانبی طویل‌شده (۳۰-۲۰ سانتی‌متر) و بدون گل	۷ تا ۱۵ روز	۱۰ تا ۲۰
باز شدن اولین گل	۲۶ تا ۳۰ روز	۳۰ تا ۴۰

(منبع: DPI).

برداشت علوفه‌ای محصول نارس

جدول (۳-۴) تغییرات کمی و کیفی گیاه کلزا را نشان می‌دهد. در زمان گلدهی، ۶۰ تا ۸۰ درصد علوفه قابل‌استفاده‌ی کلزا به‌واسطه‌ی ساقه تشکیل می‌دهد. برگ دارای ارزش غذایی بالایی بوده که انرژی و پروتئین خود را در طول دوره به خوبی حفظ می‌کند ، این درحالی‌است که کمیت سریعاً کاهش پیدا می‌کند. اگرچه، اندازه و انرژی غلاف در طول پرشدن دانه افزایش می‌یابد، اما غلاف کم تر از ۱۴ درصد از علوفه‌ی قابل‌استفاده را شامل می‌شود.

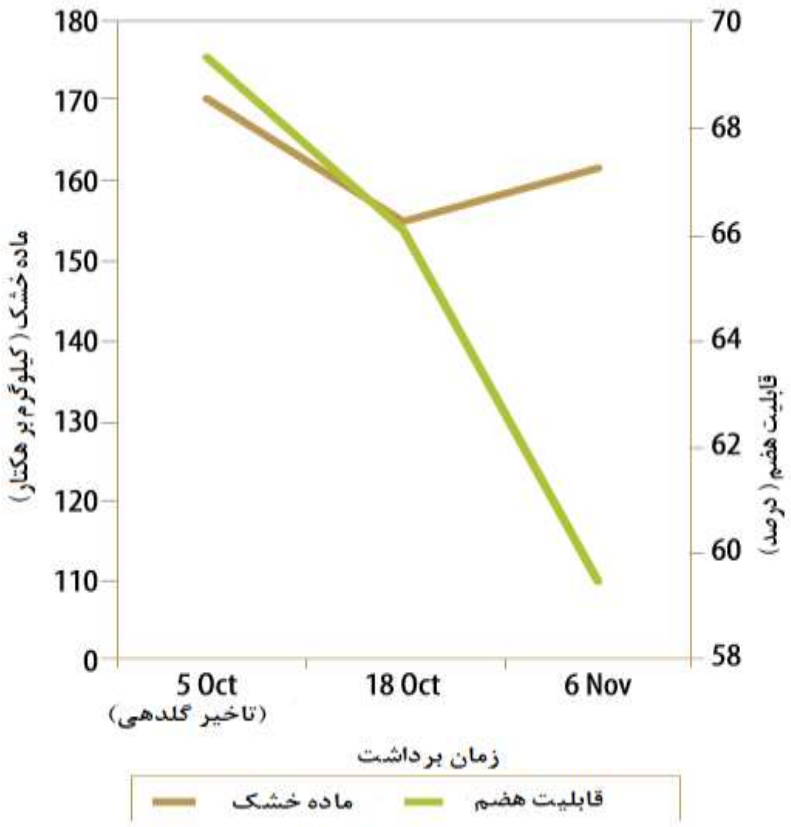
شکل (۳-۱۶) کاهش عملکرد و قابلیت هضم گیاهان ایستاده‌ی کلزا را در سال ۲۰۰۶ نشان می‌دهد. عملکرد ماده‌ی خشک پس از نیمه‌ی اکتبر تا حدودی افزایش می‌یابد، اما ماده‌ی خشک قابل‌هضم ساقه، غلاف و دانه بسیار ضعیف میباشد. جرم برگ پس از گلدهی شروع به کاهش می‌کند و این موضوع قابلیت هضم کامل پس از گلدهی را منعکس کرده و قابل‌توجه می‌باشد.

کاهش یک درصدی در قابلیت هضم علوفه، یک قانون کلی شمرده می شود که موجب کاهش ۳ تا ۵ درصد از کارآیی دام می‌شود. برداشت محصول نارس پس از گلدهی، معمولاً هزینه‌ی تولید محصول (برحسب مگاژول) را افزایش می‌دهد. در سال ۲۰۰۶، کیفیت علوفه‌ی کلزای برداشت‌شده در جنوب NSW عموماً بالا بود (جدول ۳-۵). آزمون کیفیت علوفه‌ی کلزا در سال ۲۰۰۷ نیز یافته‌های مشابهی را نشان داد.

جدول (۳-۴) تغییرات در ترکیب ماده‌ی خشک، پروتئین خام و انرژی متابولیسمی با زمان برداشت کلزا (علوفه‌ای).

تاریخ	ماده‌ی خشک (کیلوگرم در هکتار)		
	برگ	ساقه	غلاف
۵ اکتبر ۲۰۰۶	۵۰۵	۱۱۷۸	۱۳۵
۱۸ اکتبر ۲۰۰۶	۳۷۶	۸۶۱	۱۸۹
۶ نوامبر ۲۰۰۶	۲۹۲	۱۱۰۰	۲۰۹
۱۷ نوامبر ۲۰۰۶	۱۲۶	۹۳۴	۱۲۱
درصد پروتئین خام			
	برگ	ساقه	غلاف
۵ اکتبر ۲۰۰۶	۳۱/۴	۱۷/۴	۲۲/۸
۱۸ اکتبر ۲۰۰۶	۳۲/۲	۱۷/۵	۲۸/۶
۶ نوامبر ۲۰۰۶	۳۲/۲	۱۵/۲	۱۷/۳
۱۷ نوامبر ۲۰۰۶	۳۳/۴	۱۱/۹	۱۲/۶
انرژی متابولیسمی (مگاژول / کیلوگرم ماده‌ی خشک)			
	برگ	ساقه	غلاف
۵ اکتبر ۲۰۰۶	۱۱/۱	۹/۲	۱۰/۸
۱۸ اکتبر ۲۰۰۶	۱۱/۱	۸/۵	۱۰/۶
۶ نوامبر ۲۰۰۶	۱۰/۷	۸/۱	۱۳/۶
۱۷ نوامبر ۲۰۰۶	۱۱/۵	۷/۲	۱۱/۷

- ✓ ۶۰ تا ۸۰ درصد از علوفه‌ی قابل‌استفاده را ساقه تشکیل می‌دهد.
- ✓ مقادیر انرژی و پروتئین مواد برگی کامل نیست.
- ✓ کمیت ماده‌ی خشک، سریعاً کاهش می‌یابد.
- ✓ در زمان پرشدن دانه، غلاف‌ها کم‌تر از ۱۴ درصد از علوفه قابل‌استفاده را شامل می‌شوند.
- ✓ قابلیت هضم ماده‌ی خشک (DMD)، بخشی از ماده‌ی خشک علوفه می‌باشد که توسط یک دام قابل‌هضم است و بر حسب درصد ماده‌ی خشک بیان می‌شود. ماده‌ی خشک همه‌ی آن چیزی است که پس از تخلیه‌ی آب از علوفه باقی می‌ماند.



شکل (۳-۱۶) تأثیر زمان برداشت بر عملکرد و قابلیت هضم کلزا. DMD قابلیت هضم ماده‌ی خشک (منبع: DPI).

- ✓ در زمان گلدهی، ماده‌ی خشک در بیش‌ترین مقدار خود بوده و در میانه‌ی اکتبر کاهش‌یافته و دوباره در زمان پرشدن و رسیدگی دانه، کمی افزایش می‌یابد.

جدول ۳-۵ کیفیت علوفه‌ی کلزا در سال ۲۰۰۶ و در زمان برداشت در جنوب *NSW*

	میانگین	بازه
قابلیت هضم (درصد ماده‌ی خشک)	۶۹/۴	۵۷-۷۶
انرژی متابولیسمی (مگاژول بر کیلوگرم ماده‌ی خشک)	۱۰/۰	۷/۹ – ۱۱/۶
درصد پروتئین خام	۲۱/۰	۱۲-۳۱
مقدار نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۵۴۰	۵۲-۸۳۹۴

در مزرعه

در ادامه مثال‌هایی از فعالیت آمده‌است که می‌توان برای تشریح نمو زایشی در مزرعه، که قبلاً بحث شد انجام داد. این عملیات برای کمک به کشاورز به منظور ارزیابی توسعه‌ی محصول، در این مرحله صورت گرفته‌است.

گلدهی

هدف: ارزیابی مراحل گلدهی

۱- شروع گلدهی: محصول را بررسی کنید. ۱۰ درصد ازبوته‌ها که گل‌های آن‌ها باز شده‌است، تعیین نمایید و این کار را به عنوان مرحله‌ی شروع گلدهی ثبت کنید.

۲- محصول را بررسی نمایید. زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان به مرحله گل می‌رود را شناسایی نمایید و این مرحله را که اواسط گلدهی محسوب می‌شود، مشخص کنید.

۳- پایان گلدهی: محصول را بررسی کنید. زمانی‌که در آن تنها ۱۰درصد از گیاهان دارای یک گل می‌باشند را مشخص کرده و این مرحله را انتهای گلدهی ثبت کنید.

۴- مشخص کنید که آیا گل‌های یخزده وجود دارند یا خیر(آن‌ها دارای رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای می‌باشند). علائم گل‌های یخزده را با گل‌های سالم مقایسه کنید.

۵- قسمت‌هایی از مزرعه را که ممکن است گلدهی پیشرفته یا تاخیری داشته باشند شناسایی کنید. شناسایی توپوگرافی مختلف و غیره که ممکن است این مناطق را کم و بیش مستعد سرمازدگی کرده باشد..

۶- پس از شناسایی موارد فوق، در مورد زمینه‌هایی مانند تاریخ کاشت، رقم و سایر عوامل زراعی، بحث کنید.

زمان گرمایی

هدف: محاسبه‌ی زمان گرمایی تجمعی برای یک منطقه

۱- از داده‌های ثبت‌شده در نزدیک‌ترین ایستگاه استفاده کنید و دمای میانگین را برای هر روز محاسبه نمایید:

کمینه دمای روزانه+بیشینه دمای روزانه
2

۲- دماهای میانگین را با هم جمع کنید تا درجه – روز تجمعی به‌دست آید.

روز	دمای بیشینه	دمای کمینه	میانگین	درجه – روز تجمعی
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				
۹				
۱۰				
۱۱				
۱۲				
۱۳				
۱۴				
۱۵				
۱۶				
۱۷				
۱۸				
۱۹				
۲۰				
۲۱				
۲۲				
۲۳				
۲۴				
۲۵				
۲۶				

۲۷				
۲۸				
۲۹				
۳۰				
۳۱				
کل				

فصل چهارم

نمو دانه و غلاف

نگاه اجمالی به فصل
نمو دانه و غلاف
نمو غلاف، مراحل رشدی ۵/۹ – ۵/۱
نمو دانه، مراحل رشدی ۶/۷ – ۶/۱
منابع مواد غذایی جذبی برای رشد غلاف و دانه
پروتئین، کربوهیدارت‌ها، روغن، کلروفیل
رقابت میان قسمت‌های گیاه
تابش خورشیدی
عوامل تأثیرگذار بر نمو دانه
رطوبت، دما، عناصرغذایی، تاریخ کاشت، بیماری، آفات، چرای دام
اندازه‌گیری عملکرد محصول
عملکرد، جبران عملکرد، شاخص برداشت، راندمان استفاده از آب
منابع و مطالعه‌ی بیش‌تر
تمرین در مزرعه
غلاف‌ها، تعیین زمان باد زدگی، برآورد عملکرد، ارزیابی تغییرات اندازه‌ی دانه، محاسبه‌ی شاخص برداشت، محاسبه‌ی راندمان مصرف آب

مقدمه

نمو دانه از زمان شروع گلدهی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک محصول، ادامه می‌یابد و در واقع مرحله‌ی پایانی چرخه‌ی رشد کلزا می‌باشد. در طی رشد و رسیدگی دانه، روغن و کربوهیدارت‌ها در آن ذخیره می‌شوند. عملکرد نهایی دانه، در این مرحله مشخص می‌شود و نه تنها تحت‌تأثیر شرایط این مرحله و تصمیمات مدیریتی قرارمی‌گیرد، بلکه تحت‌تأثیر شرایط قبل از آن نیز قرار دارد. کیفیت دانه، شدیداً تحت‌تأثیر شرایط رشد و نمو آن قرار دارد و در این فصل، توضیح داده خواهد شد که یک دانه چگونه رشد کرده و به مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک خواهد رسید و همچنین در مورد شرایط محیطی که نمو دانه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، بیان می‌شود.

آنچه در پایان این فصل می‌آموزید
در پایان این فصل قادر خواهید بود: ✓ مراحل نمو دانه را توصیف کنید. ✓ منابع روغن و کربوهیدارت لازم برای پرشدن دانه را فهرست کنید. ✓ تأثیر شرایط حاکم بر دوره‌ی نمو دانه را بر کیفیت و مقدار عملکرد آن تشخیص دهید. ✓ تغییرات اندازه‌ی دانه در غلاف را ارزیابی نمایید. ✓ عملکرد دانه را برآورد نمایید. ✓ شاخص برداشت و راندمان کاربرد آب را محاسبه کنید.

نمو غلاف و دانه

نمو غلاف و دانه، دوره‌ای از مرحله‌ی گلدهی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک را شامل می‌شود که طی آن گل‌های بارور شده در درون غلاف، توسعه می‌یابند. این مرحله با مرحله‌ی گلدهی همزمانی دارد، به طوری‌که غلاف‌ها بلافاصله پس از بارور شدن گل‌ها، شروع به رشد می‌کنند. گیاه کلزا دارای رشد نامحدود می‌باشد و برای هر بوته مراحل رشد چندگانه‌ای وجود دارد.

نمو غلاف

مراحل رشدی ۵/۹ – ۵/۱

بلافاصله پس از بارور شدن یک گل، غلاف شروع به رشد می‌کند (شکل۴-۱). نمو غلاف از یک سوم شاخه‌های پایینی موجود در ساقه‌ی اصلی شروع می‌شود. غلاف‌ها بلافاصله رشد طولی کرده و طول آن‌ها به شش تا نه سانتی‌متر می‌رسد. غلاف‌ها در پایان ۵۰ درصد ابتدایی رشد و نمو بذور، به بیشینه رشد طولی و وزن خود می‌رسند. در این مرحله، بذور تنها ۳۵درصد از وزن خشک رسیدگی خود را کسب کرده‌اند.

غلاف‌ها حدود ۸۲ روز پس از گلدهی در گل‌های مادر، کامل می‌رسند. به طور معمول یک غلاف بالغ، ۱۲ تا ۲۵ دانه دارد که حدود ۶۰ درصد از وزن خشک غلاف را شامل می‌شوند. مراحل نمو غلاف‌ها با نسبت غلاف‌هایی که بیش‌تر از دو سانتی‌متر توسعه یافته‌اند، تعریف می‌شوند. برای مشاهده‌ی این مراحل به جدول (ii) در مقدمه‌ی کتاب مراجعه کنید.

حتی در گیاهان بدون تنش نیز تمام گل‌ها، تبدیل به غلاف نخواهند شد. بیش‌تر از نصف غنچه‌های اصلی در قسمت پایینی گیاه تبدیل به غلاف می‌شوند، اما در قسمت‌های بالاتر به دلیل رقابت بر سر جذب مواد غذایی، تولید غلاف کاهش می‌یابد. غلاف‌های موجود در قسمت‌های بالایی در مقایسه با قسمت‌های پایینی گیاه، دیرتر توسعه می‌یابند. توسعه‌ی غلاف با کاهش تعداد برگ‌های گیاه همزمان می‌باشد. پس از اتمام گلدهی، غلاف‌ها اندام‌های اصلی فتوسنتز گیاه می‌باشند. غلاف، همچنین اندام ذخیره‌ی موقت عناصری چون نیتروژن و فسفر می‌باشد که بعداً برای توسعه‌ی دانه‌ها بازپخش می‌شود. این کار، خصوصاً در زمانی‌که کاهش رطوبت خاک موجب کاهش جذب عناصر غذایی در زمان پرشدن دانه می‌شود، بسیار با ارزش است. پوسته‌ی غلاف نیز منبع مهمی از مس، منیزیم و روی برای بذور می‌باشد، اما بازپخش کمی از پتاسیم و گوگرد برای بذور دارد. نبود بازپخش گوگرد از پوسته‌ی غلاف به دانه‌ها شاید به دلیل سطوح پایین گلوکوزینولات در کلزا باشد.

شاخه‌های کناری و شاخه‌های اصلی برای جذب عناصر غذایی رقابت می‌کند.

نمو دانه: مرحله‌ی رشدی ٦/٧-٦/١

نمو دانه قبل از این که غلاف‌ها به رشد کامل خود برسند شروع می‌شود.

مرحله‌ی اول: بزرگ شدن اندازه‌ی دانه، مرحله‌ی رشدی ٦/١

اولین فرآیند رشد، توسعه‌ی پوسته‌ی دانه تا رسیدن به اندازه‌ی کامل است. دانه در ابتدا نیمه‌شفاف و آبکی است (شکل۴-۲). فرآیند توسعه‌ی دانه حدود ۱۵ روز پس از تلقیح شروع شده و ۱۲ روز به طول می‌انجامد. سپس جنین رشد کرده و تمام مایع موجود را اشغال می‌کند. بذور در زمانی‌که پوسته‌ی غلاف کامل شده‌است، تنها ۳۵ درصد از وزن خشک خود در زمان رسیدگی را دارند.

شکل۴-۱ توسعه‌ی غلاف به محض تلقیح گل شروع می‌شود. غلاف‌دهی پیش از آن‌که گل‌های بالایی بارور شوند، از شاخه‌های پایین‌تر شروع می‌شود (منبع: DPI)

شکل۴-۲ مرحله‌ی نمو دانه، ۱: بزرگ شدن دانه (منبع: DPI).

مرحله‌ی دوم: پرشدن دانه، مراحل رشدی ۶/۱-۶/۳

زمانی‌که رشد طولی غلاف‌ها نزدیک به کامل شدن باشد؛ یعنی در حدود ۲۰ روز پس از گلدهی، دانه‌ها سریعاً شروع به پرشدن می‌کنند. این دوره در حدود ۳۵ تا ۵۵ روز به طول می‌انجامد و شامل دو مرحله‌ی تجمع روغن و پروتئین می‌باشد. تجمع روغن و پروتئین در دانه، به طور هم‌زمان شروع شده و به طور همزمان نیز به پایان می‌رسد، اما سرعت آن‌ها متفاوت می‌باشد.

بذور در طی یک روز به میزان ۰/۰۸ تا ۰/۱۲۰ میلی‌گرم رشد می‌کنند. سرعت رشد و نمو به دما وابسته است. در دمای میانگین ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، رشد سریع دانه، در حدود ۲۰ روز و در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، رشد دانه ۱۰ روز پس از گلدهی آغاز می‌شود.

پروتئین در مراحل اولیه‌ی نمو دانه سریعاً تجمع می‌یابد. پروتئین‌های ذخیره شده وقتی‌که جنین شروع به رشد می‌کند، سریعاً تجمع می‌یابد. بیش‌ترین مقدار پروتئین در دانه‌ی بالغ در لپه‌ها یافت می‌شوند. حدود ۷۶ درصد پروتئین در لپه‌ها، ۱۷ درصد در بقایای جنین و هفت درصد در پوسته‌ی دانه موجود می‌باشند.

روغن از کربوهیدارت‌های ذخیره شده در غلاف‌ها، ساقه‌ها و برگ‌های باقی‌مانده ساخته می‌شود. بیش‌ترین مقدار روغن ساخته شده، در حدود ۳۵ تا ۵۵ روز پس از گلدهی اتفاق می‌افتد. تولید روغن تا زمانی‌که ۴۰ درصد از بذور به رنگ سیاه در زمان رسیدگی خود برسند و تا حدود ۶۰ روز پس از گلدهی ادامه یافته و پس از آن، غلظت روغن دانه ثابت می‌ماند. در پایان این مرحله، دانه میزان کافی از ذخایر روغن و پروتئین برای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های بعدی دارد.

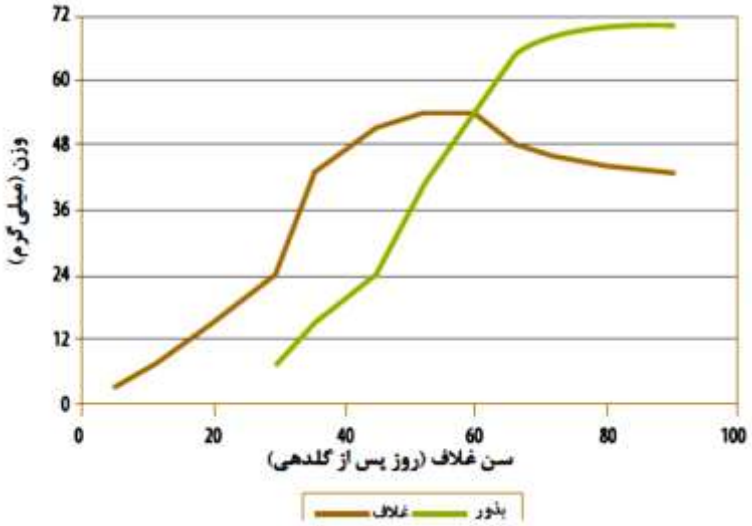
بذور توسعه‌یافته به دلیل مقدار کلروفیل، سبزرنگ می‌باشند.

مرحله‌ی سوم: مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوِیکی، مراحل رشد ٦/٨-٦/٤

تا ۴۲ روز پس از گلدهی، وزن دانه دو برابر شده و رشد آن کامل می‌شود. در طول دو هفته‌ی بعد (۵۰ تا ۷۲ روز پس از گلدهی) آب موجود در بذور از دست رفته و رنگ آن‌ها از سبز به سیاه تغییر می‌کند (جدول۴-۳). غلظت روغن تا زمانی‌که ۴۰ درصد بذور تغییر رنگ می‌دهند به بیشینه‌ی خود می‌رسد. هنگامی که ۶۰ درصد بذور تغییر رنگ می‌دهند، در این زمان، بیشینه‌ی وزن خشک خود را کسب می‌کنند. ۸۰ روز پس از گلدهی، بذور به مرحله‌ی رسیدگی کامل می‌رسند (رسیدگی فیزیولوژیک).

الگوی رشد دانه و غلاف در شکل (۴-۴) خلاصه شده‌است. دیواره‌های غلاف، ۵۰ روز پس از گلدهی به بیشینه‌ی وزن خود می‌رسند. در طول نیمه‌ی آخر نمو دانه، در حدود ۲۰ درصد از ماده‌ی خشک دیواره‌های غلاف تخلیه می‌شوند، به طوری‌که کربوهیدارت‌ها و مواد غذایی به داخل دانه منتقل می‌شوند. بذور نیز در حدود ۷۰ روز پس از گلدهی، به بیشینه‌ی وزن خود می‌رسند.

شکل۴-۳ تغییر رنگ دانه در کلزا (منبع: DPI).



شکل۴-۴ الگوهای رشد در دیواره‌های غلاف و دانه‌ی کلزا (منبع: DPI).

حدود ۵۰ روز پس از گلدهی، نمو غلاف به اوج می‌رسد.
معمولاً در این مرحله، نمو دانه شروع شده‌است.
حدود ۷۰ روز پس از گلدهی، بذور به بیشینه‌ی وزن خود می‌رسند.

رسیدگی مناسب برداشت، مرحله‌ی رشدی ٦/٨

مرسوم‌ترین روش برداشت کلزا (در استرالیا)، برداشت دو مرحله‌ای آن (ویندروینگ[1]) می‌باشد، بدین شکل که ابتدا محصول با دست برداشت شده و در سطح مزرعه پخش می‌شود تا خشک شود و در پایان خرمنکوبی می‌شود. (شکل۴-۵). زمان رسیدگی فیزیولوژیک، زمان دقیق برداشت در مرحله‌ی اول را مشخص می‌نماید.

این روش در زمانی‌که ۴۰ درصد از بذور به رنگ زمان رسیدگی تغییر رنگ و رطوبت آن‌ها به نه درصد می‌رسد، شروع می‌شود (شکل۴-۶). برداشت قبل از این مرحله، موجب کاهش قابل‌توجه وزن دانه‌ی غلاف و غلظت روغن دانه می‌شود.

1 Windrowing

در زمانی‌که ۴۰ درصد از بذور تغییر رنگ می‌دهند، غلظت روغن دانه به میزان بیشینه‌ی خود می‌رسد و این در حالی است که، مقداری اتلاف وزن در بذور غلاف‌ها وجود دارد. این روش سبب کاهش ۱۰ درصدی وزن هزار دانه می‌شود (۴-۷). بایستی تا زمانی‌که ۶۰ درصد از بذور تغییر رنگ داده و وزن آن‌ها به بیشینه‌ی مقدار خود می‌رسد، منتظر ماند. تغییر ۴۰ درصد به ۶۰ درصد معمولاً سه تا چهار روز به طول می‌انجامد، لذا چنانچه؛ ویندرووینگ در این مرحله انجام نشود، خطر ریزش افزایش می‌یابد.

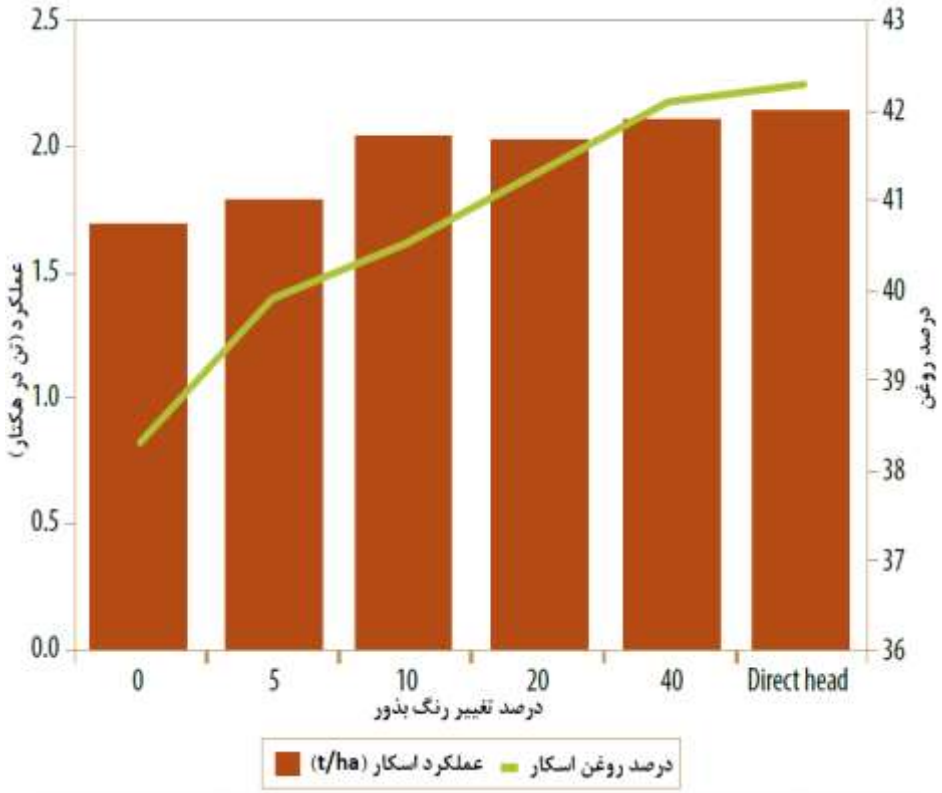
زمانی‌که رطوبت دروی دستی به ۸ درصد برسد، می‌توان برداشت آن را شروع نمود. این کار معمولاً پنج تا ۱۰ روز پس از دروی دستی صورت می‌گیرد.

Windrowing (دروی مرحله‌ی اول)

برداشت محصول و قراردادن آن در بین ردیف‌ها روی بقایای گیاهی. این کار آهنگ خشک شدن را تسریع می‌نماید و رسیدگی را تضمین کرده و ریزش را کاهش می‌دهد.

شکل۴-۵ کلزایی که با دست درو شده‌است (منبع: DPI).

شکل۴-۶ تغییر رنگ کلزا، ۴۰ درصد بذور از رنگ سبز به رنگ رسیدگی تغییر رنگ می‌دهند (منبع: DPI).



زمانی‌که ۴۰ درصد از بذور تغییر رنگ می‌دهند مقدار روغن و عملکرد، بهینه می‌باشد.

شکل۴-۷ تأثیر دروی دستی (سنجش از طریق درصد تغییر رنگ بذور) روی مقدار عملکرد و روغن. عملکرد و روغن با زمان بهینه ویندرووینگ و چرخش بهینه می‌شود (منبع: DPI).

کلزا (و بیش‌تر خردل‌ها) را می‌توان در زمانی‌که غلاف‌ها کاملاً خشک شده و در هنگام تکان دادن صدای جغجغه داده و می‌شکنند، به طور مستقیم برداشت نمود. غلاف‌های پایینی گیاه سریع‌تر می‌رسند. هنگامی که رطوبت دانه به هشت درصد و یا کم‌تر برسد، برداشت باید صورت گیرد. چنانچه رطوبت دانه بیش‌تر از نه درصد باشد، متورم شده و در انبارداری آن مشکل ایجاد می شود

منابع مواد پرورده برای رشد غلاف و دانه

پروتئین

پروتئین در دانه ،توسعه‌یافته و قبل از تشکیل روغن ایجاد می‌گردد. پروتئین از آمینواسیدهای ساده ایجاد می‌شود. نیتروژن جزء ضروری آمینواسیدها می‌باشد. پروتئین‌های ذخیره‌ای زمانی‌که جنین شروع به

رشد سریع می نماید، تجمع می یابند تا درآندوسپرم جایگزین گردند و در نهایت، منجر به پر شدن پوشش دانه‌ی تکامل‌یافته می‌گردند.

تجمع پروتئین دانه با گسترش سریع سلول و افزایش وزن جنین همزمان می‌باشد، حدود ۵۲ درصد مقدار نیتروژن موجود در گیاهان رسیده، قبل از دوره‌ی گلدهی تجمع می‌یابند. نیتروژن می‌تواند از ساقه‌ها و برگ‌های بالایی به سمت غلاف‌ها برای نمو غلاف، حرکت کنند. غلاف‌ها ۲۳ تا ۳۳ درصد از مقدار نیتروژن بذور را تأمین می‌کنند. بیش‌تر مقدار پروتئین دانه‌ی رسیده، در لپه یافت می‌شود. حدود ۷۶ درصد پروتئین در لپه، ۱۷ درصد در بقایای جنین و هفت درصد در پوسته‌ی دانه قرار دارد.

برداشت مستقیم (direct heading)
برداشت گیاهان ایستاده بدون دروی دو مرحله‌ای

تمام نیتروژن گیاه، مجدداً به دانه باز نمی‌گردد. مقداری از آن در زمان برداشت و ریزش از بین می‌رود. در یک پژوهش، مقدار تلفات ماده‌ی خشک در نتیجه‌ی ریزش برگ‌ها در بازه‌ی ۱/۷۵ –۱ تن در هکتار ، برابر با ۱۰ تا ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد.

در یک پژوهش، کشت دیرهنگام موجب غلظت بالاتر در مقدار نیتروژن دانه شد (جدول۴–۱). تخلیه‌ی نیتروژن دانه در کلزای کشت‌شده در ماه آوریل حدود ۳۵ درصد بیش‌تر از دانه‌ی گندمی بود که در همان تاریخ کاشته شده‌بود.

جدول۴–۱ تأثیر زمان کاشت در غلظت‌های نیتروژن دانه‌ی کلزای کاشت در آریاه پارک در *NSW*. مقدار نیتروژن استفاده شده در زمان کاشت ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک بود.

تاریخ کاشت	درصد غلظت نیتروژن در دانه	نیتروژن تخلیه شده در دانه (کیلوگرم در هکتار)
۲۷ آوریل	۳/۱	۷۳
۲۲می	۳/۸	۴۹
۱۰ جولای	۴/۰	۳۴

کربوهیدرات‌ها

دو منبع کربوهیدرات وجود دارد. اولین منبع آن فتوسنتز است که در طول پرشدن دانه، عمدتاً از غلاف‌ها صورت گرفته، اما در ساقه نیز انجام می‌شود. در این زمان بیش‌تر برگ‌ها از بین رفته‌اند. غلاف

کلزا یک اندام مهم فتوسنتزی و همچنین یک منبع مهم فرآورده‌های فتوسنتزی برای توسعه‌ی بذور خصوصاً در زمان پس از رشد سریع غلاف که بیش‌ترین مقدار سبزینه‌های برگ گیاه از بین می‌رود، می‌باشد.

دومین منبع کربوهیدرات‌ها، بازتوزیع فرآورده‌های فتوسنتزی از قسمت‌های خشک شده‌ی گیاه (عمدتاً برگ‌ها) و غلاف‌ها می‌باشد. برگ‌ها منبع اصلی این مواد فتوسنتزی بازتوزیع شده می‌باشند. مواد خشک بازتوزیع شده و فرآورده‌های فتوسنتزی دیواره‌های غلاف می‌توانند ۱۱ درصد ماده‌ی خشک و ۲۵ درصد از نیتروژن بذور بالغ را فراهم نمایند.

در طول فتوسنتز، دی‌اکسیدهای کربن به قند تبدیل می‌شوند. اغلب قندها برای تشکیل دیواره‌های سلولی گیاه و قند اضافی در گیاه به‌صورت کربوهیدرات‌های محلول در آب ذخیره می‌شوند. غلاف‌ها حدود ۷۰درصد نور ورودی را به دام می‌اندازند، لذا دانه ها در یک محیط، با محدودیت نوری رشد می‌کنند. مقدار نور رسیده به غلاف‌ها، شدیداً تحت تأثیر ساختمان سایه‌بان گیاهی قرار دارد. زمانی که نور، پس از ۳۰ روز از گلدهی حذف می‌شود، وزن خشک دیواره‌های غلاف افزایش می‌یابد، در حالی‌که بخشی از ماده‌ی خشک موجود در دانه‌ها کاهش می‌یابد.

کربوهیدارت‌های محلول در آب، نقش بسیار کمی در پرشدن دانه دارند (حدود ۱۲ تا ۱۸ درصد عملکرد نهایی دانه). کاهش تولید ماده‌ی خشک (یعنی از سایه‌انداز) فرآورده‌های فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و سبب افزایش اتکا به مواد ذخیره‌ای می‌شود.

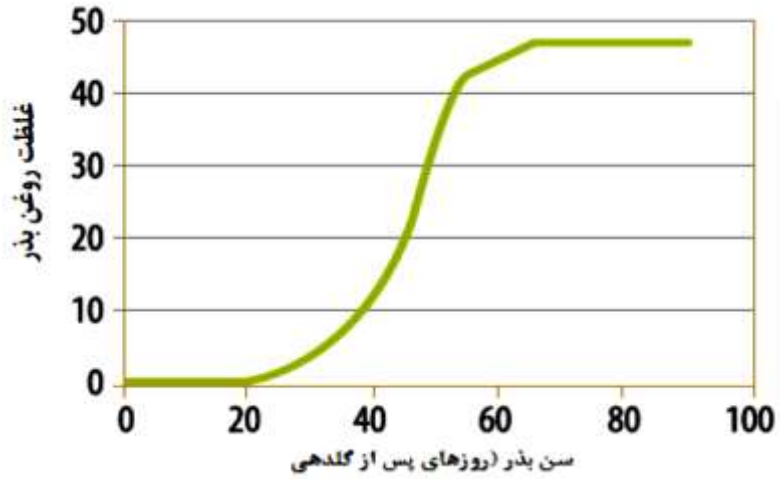
روغن

روغن موجود در دانه از مولکول‌های کربن در قندهای ساده، سنتز می‌شود. ساکاروز موجود در برگ‌ها، ساقه و غلاف‌ها تبدیل به اسیدهای چرب شده و سپس تبدیل به روغن می‌شود. این فرآیند انرژی مشتق‌شده از نور در کلروپلاست‌های جنین را استفاده می‌کند. نور کلروفیل نوع II جنین دانه‌ی کلزا را برای تولید انرژی ساخت روغن، فعال می‌کند. بیش‌تر روغن دانه در طول دوره‌ی ۳۵ تا ۵۵ روز پس از گلدهی سنتز می‌شود. لپه‌ها، اندام‌های اصلی ذخیره‌ی روغن می‌باشند. اندازه و تعداد قطرات روغن ذخیره‌شده، طی ۲۰ تا ۳۰ روز پس از تلقیح افزایش می‌یابد. در حدود ۶۰ روز پس از گلدهی، زمانی که ۴۰ درصد بذور به رنگ سیاه در زمان رسیدگی می‌رسد، روغن در دانه تجمع می‌کند. در این نقطه، غلظت روغن دانه در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد ثابت می‌ماند (اشکال ۴–۸ و ۴–۹).

مقدار روغن در دانه، ارتباط مستقیمی با اندازه‌ی دانه ندارد. عموماً، دماهای بالا، تنش رطوبتی و سطوح بالای نیتروژن، غلظت روغن را کاهش می‌دهند. رقم دانه نیز عامل تأثیرگذاری می‌باشد. معمولاً، ارقام

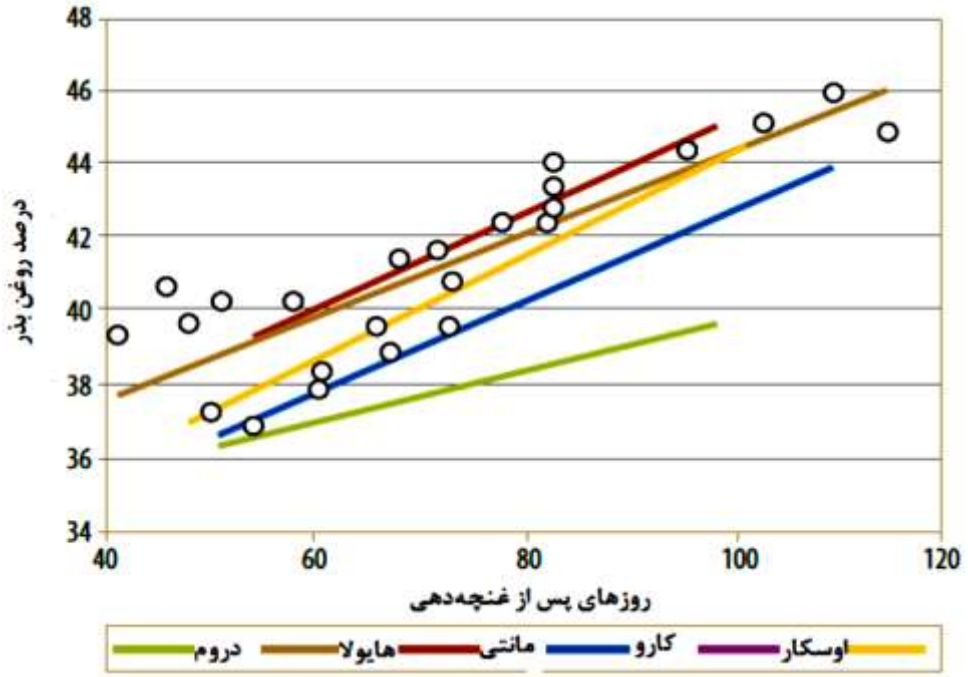
مقاوم به تریازین به دلیل کارایی کم‌تر سیستم فتوسنتزی، دارای میزان کم‌تری از روغن در قیاس با ارقام معمولی می‌باشند.

سنتز روغن در مقایسه با سنتز پروتئین حساسیت بیش‌تری نسبت به دمای بالا دارد. غلظت روغن ارتباط عکس با مقدار پروتئین دارد. افزایش یک درصد پروتئین دانه (بیش‌تر از ۲۲ درصد) در نتیجه‌ی تنش گرمایی، با کاهش ۱/۶ درصد روغن همراه است.



شکل۴-۸ الگوی غلظت روغن در بذور(منبع: DPI).

- ✓ میزان روغن در بذور، ۲۰ روز پس از گلدهی سریعاً افزایش می‌یابد.
- ✓ پس از گذشت ۶۰ روز از زمان گلدهی، در زمانی‌که بذور ۷۰ درصد وزن خشک خود را دارا می‌باشند، درصد روغن ثابت می‌ماند.
- ✓ میزان نهائی روغن در زمان برداشت، بین ۳۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد که به رطوبت، گرما و فراهمی نیتروژن در زمان پرشدن دانه، بستگی دارد.



شکل۴-۹ درصد روغن دانه پس از گلدهی در ارقام دروم، هایولا، مانتی، کارو و اوسکار در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷ در غرب استرالیا (منبع: DPI).

- ✓ غلظت روغن دانه پس از گلدهی، افزایش می‌یابد.
- ✓ ارقام مختلف مقادیر متفاوت روغن دارند.
- ✓ مقدار روغن در مقایسه با عملکرد، شدیداً تحت‌تأثیر ژنتیک گیاه می‌باشد.
- ✓ ارقام زودگلده، مقدار روغن بیش‌تری دارند.

همچنین یک هم‌بستگی منفی، میان مقدار روغن و میزان گلوکوزینولات وجود دارد.

تجمع روغن و پروتئین در دانه، به طور همزمان شروع و پایان می‌یابند، اما مقادیر تجمع آن‌ها متفاوت است. محیط، نسبت به واریته تأثیر بیش‌تری روی مقدار روغن و پروتئین دارد و تأثیر سال، بیشتر از تأثیر منطقه می‌باشد. در میان عوامل محیطی که مقدار روغن را تنظیم می‌کنند، احتمالاً دما، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (جدول۴-۲). فصل بهاری که مرطوب‌تر و سردتر باشد، مقدار روغن بیش‌تر و

میزان پروتئین کم‌تری را سبب می‌شود. گرماهای بالا و یا تنش آبی نیز سنتز روغن را متوقف می‌نماید و در مقابل، مقدار پروتئین نسبت به شرایط بدون تنش، بیش‌تر خواهد بود.

جدول۴-۲ ضرایب هم‌بستگی میان متغیرهای محیطی در کیفیت دانه.

	درصد روغن دانه	درصد پروتئین دانه
بارندگی بهار	+۰/۳۰^{xx}	−۰/۲۷^{x}
میانگین دمای بیشینه	−۰/۴۰^{xxx}	۰/۲۹^{x}

*در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است، ** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است، *** در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار است.

به طور میانگین افزایش ۱ درصد دمای بهار ، مقدار روغن را در حدود ۰/۵ درصد، کاهش می‌دهد.

کلروفیل

کلروفیل در جنین دانه، طی فرآیند پرشدن دانه، تجمع می‌یابد (۲۰ تا ۳۰ روز پس از گلدهی). سطوح برگ‌ها در زمان پرشدن دانه به بیش‌ترین مقدار خود می رسند ولیکن در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی دانه، تقلیل خواهند یافت. آنزیم‌های درون دانه موجب شکسته شدن کلروفیل می‌شوند. باقی‌ماندن کلروفیل در دانه‌ی کلزا، ارزش محصول را کاهش می‌دهد. زمانی که دانه‌ی کلزا آسیاب می‌شود، کلروفیل نیز همراه روغن استخراج می‌شود و حذف آن به‌وسیله روش‌های مرسوم رنگبری، مشکل خواهد بود. برای خالص‌سازی روغن، فرآیندهای پرهزینه‌ی لازم خواهند بود. کلروفیل، رنگ روغن را تغییر می‌دهد و مقدار اکسیداسیون را نیز افزایش داده و در نتیجه، دوام روغن نیز کاهش می‌یابد. این مساله منجر به محدودیت فعالیت کاتالیزورهایی که جهت سفت شدن مارگارین مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌شود. آسیب یخ‌زدگی یا تنش‌های دیگر در زمان پرشدن دانه، یک دلیل اصلی برای سطوح بالای کلروفیل می‌باشد. برای مدیریت این خطر تعیین تاریخ کاشت مناسب، ضروری می‌باشد.

رقابت میان قسمت‌های مختلف گیاه

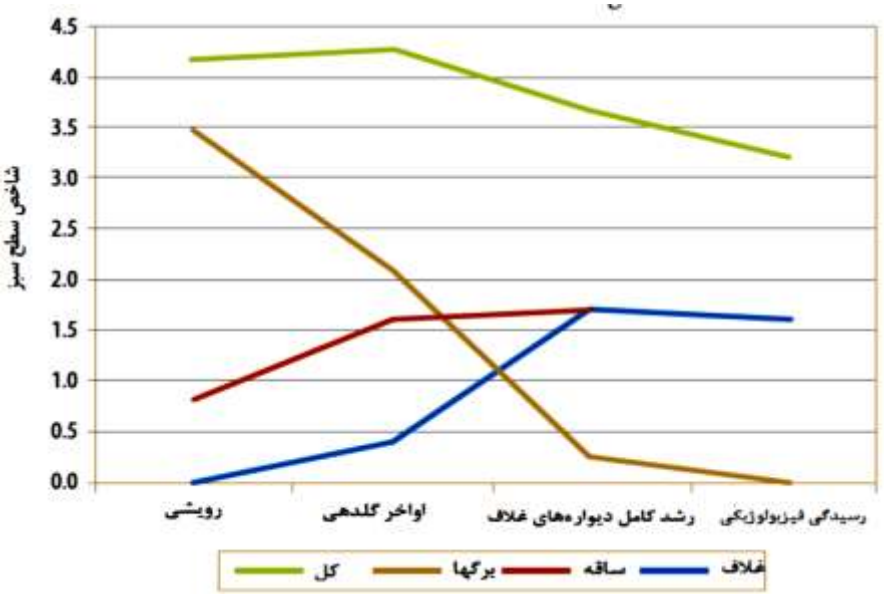
گلدهی، نمو غلاف و دانه به صورت متوالی روی می‌دهند. به دلیل این‌که گل‌های منفرد کلزا در دوره‌ی زمانی طولانی (بیش‌تر از ۵۵ روز) باز می‌شوند، بذور و غلاف‌هایی با مراحل مختلف نمو وجود خواهند داشت. لذا برای جذب فرآورده‌های فتوسنتزی، رقابت وجود دارد. غلاف‌های زودتر توسعه‌یافته نسبت به آن‌هایی‌که دیرتر می‌رسند، برتری رقابتی خواهند داشت.

نبود تامین کافی فرآورده‌های فتوسنتزی ساخته‌شده توسط گیاه، دلیل اصلی ریزش گل‌ها و سقط بذور می‌باشد. کاهش تامین فرآورده‌های فتوسنتزی خصوصاً در طول زمان گلدهی، زیان‌آور است، از این‌رو، علاوه بر کاهش تعداد غلاف‌ها و توسعه‌ی آن‌ها، توانایی غلاف‌ها برای رشد جبرانی در زمان عادی شدن تامین مواد مغذی را محدود می‌کند. تامین کربوهیدارت‌ها در زمان گلدهی و یا پس از آن، عملکرد بذور و غلاف‌ها را تنظیم می‌کند. تنش غرقابی باعث ایجاد غلاف‌های کوچک‌تر و دانه های لاغرتر می‌گردد.

پرشدن دانه ها نیازمند رطوبت و فرآورده‌های فتوسنتزی می‌باشد و در میان غلاف‌های هر شاخه و شاخه‌های دیگر، رقابت وجود دارد.

تابش خورشیدی

در زمان گلدهی، گل‌ها نیز نقش بازدارندگی در ورود نور به داخل سایه‌بان گیاه خواهند داشت. تنها ۴۰ درصد از تابش خورشیدی ورودی پس از عبور از گل‌ها به برگ‌ها می‌رسند. زمانی که تابش در برگ‌ها به میزان کمتری در دسترس باشد، میزان فتوسنتز کاهش یافته و مرگ برگ‌ها نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه، شاخص سطح سبز (شکل۴-۱۰) کاهش خواهد یافت. در نتیجه، به دلیل کاهش تابش دریافتی رشد محصول در طول دوره‌ی گلدهی تا ۲۷ درصد کاهش می‌یابد. این کاهش در زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد دانه ها در غلاف‌هایی که زودتر شکل گرفته‌اند مشخص می‌شود و این غلاف‌ها، در خطر نبود تکامل دانه ها هستند.



شکل۴-۱۰ شاخص سطح سبز در مراحل مختلف توسعه‌ی کلزا رقم رافال (منبع: DPI).

- ✓ کل سطح سبز گیاه در زمان گلدهی، به اوج می‌رسد.
- ✓ نسبت شاخص سطح سبز برگ‌ها پس از اتمام دوره‌ی رویشی، سریعاً کاهش می‌یابد.
- ✓ با توسعه‌ی غلاف‌ها، تعداد کمی برگ باقی می‌ماند.
- ✓ سطح غلاف پس از گلدهی، افزایش می‌یابد.

غلاف‌ها در این مرحله، قابلیت دسترسی به تابش را کاهش داده و توانایی فتوسنتزی آن‌ها تثبیت نخواهد شد، دیواره‌ی غلاف‌ها سریعاً رشد می‌کند و تأمین فرآورده‌های فتوسنتزی از برگ‌ها، شدیداً کاهش می‌یابد و منجر به خطر نبود تکامل بذور می‌شود. تعداد نهایی بذور در هر غلاف، به مقدار جذب تابش خورشیدی توسط هر غلاف وابسته است. غلاف‌ها و ساقه‌ها به دلیل داشتن روزنه‌های کم‌تر روی یک سطح پایه، نسبت به برگ‌ها توانایی مؤثر فتوسنتزی کم‌تری دارند. بیش‌تر غلاف‌های پایینی، این مزیت را دارند که به منابع کربن بیش‌تری دسترسی داشته و قدرت باروری بیش‌تری نیز نسبت به گل‌های انتهایی در قسمت بالایی دارند. خودگشنی در محصولات متراکم، دارای اهمیت می‌باشد، چرا که سایه‌بان گیاهی، غلاف‌های اولیه را توسعه می‌دهد و ممکن است بر روی غلاف‌های بعدی، سایه‌اندازی

کند. تنها ۲۰ تا ۳۰ درصد از تابش خورشیدی به قسمت‌های پایینی سایه‌بان می‌رسند. مقدار تابش خورشیدی دریافتی توسط یک غلاف معین، یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده‌ی نرخ فتوسنتزی می‌باشد.

عوامل تأثیرگذار بر نمو دانه

۲ تا ۳ هفته پس از گلدهی، زمان حیاتی برای تکامل دانه می‌باشد. از تعداد ثابت ۳۰ تخمک در هر غلاف در زمان گلدهی، تعداد بذور زنده طی این دوره‌ی سه هفته‌ای، کاهش می‌یابد. این مقدار در طی سه تا چهار هفته‌ی انتهایی قبل از رسیدگی، ثابت می‌ماند. تلفات دانه در محصولات متراکم، بیش‌تر خواهد بود و عمدتاً در قسمت‌های پایینی سایه‌بان رخ می‌دهد. در گیاهان دیرکاشت رقابت کم‌تری میان غلاف‌ها و از لحاظ نبود تکامل بذور نیز تفاوت کمی در سطوح مختلف سایه‌بان وجود دارد. ، پیش از آن– که بذور افزایش سریع وزن خود را شروع نمایند، زمان بیشترین تلفات بذر با رشد اصلی دیواره‌های غلاف همزمان می‌باشد.

رطوبت

تنش رطوبتی

جدول (۴–۳) اثرات تنش رطوبتی را بر اجزاء عملکرد کلزا، در رقم مانتی نشان می‌دهد. تنش آبی در مرحله‌ی گلدهی، بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد غلاف‌های هر گیاه دارد . این تنش، همچنین غلظت گلوکوزینولات دانه را افزایش می‌دهد.

دما

تنش گرما

گیاه کلزا، حساس به تنش گرمایی می‌باشد، حتی اگر تنش گرمایی به مدت اندک در دوره‌ی نمو دانه رخ دهد. دماهای بالا، زمان رسیدگی را تسریع کرده و موجب کاهش عملکرد و مقدار روغن می‌شوند (جدول۴–۴). همچنین، دماهای بالا کیفیت روغن را نیز تغییر می‌دهند. نمو پوسته‌ی دانه، ۲۵ روز پس از گرده افشانی کامل می‌شود. دماهای بالا در طول این مرحله، موجب نازک‌تر شدن پوسته‌ی دانه می‌شوند. به دلیل کاهش تعداد غلاف‌های هر بوته (بیش از ۳۱٪) و کاهش وزن بذور به صورت مجزا (تا ۷۰٪)، شوک گرمایی ایجاد می‌شود که عملکرد گیاه در پاسخ به این شوک گرمایی، کاهش می‌یابد.

تأثیر دمای بالا بر مقدار روغن و پروتئین به جهت تأثیر آن بر جذب نیتروژن، معکوس می‌باشد. افزایش دما، جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد که به نوبه‌ی خود افزایش مقدار پروتئین و کاهش تولید روغن را

نیز به دنبال دارد. دماهای بالاتر از ۲۶/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، تولید اولئیک اسید را متوقف می‌کنند و بنابراین ترکیب اسیدهای چرب روغن را نیز تغییر می‌دهند. از طرف دیگر، پرشدن دانه در دماهای پایین، موجب بیش‌تر شدن اسیدهای چرب اشباع‌نشده در روغن می‌شود. به‌طور مشابه، دماهای پایین در طول پرشدن دانه، سبب افزایش اسید لینولنیک می‌شود (جدول ۴-۵). کاهش بارندگی (تنش رطوبتی) پس از گلدهی، اثرات دمای بالا بر تولید روغن را تشدید می‌کند.

جدول۴-۳ عملکرد دانه و اجزاء عملکرد کلزا در رقم مانتی و در شرایط مطلوب رطوبتی که تحت تنش یک بار رطوبتی در شرایط گلخانه‌ای و در مراحل مختلف رشد می‌باشد.

تیمار	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	وزن دانه (گرم در بوته)	وزن کل بوته (گرم)	شاخص برداشت
خوب آبیاری شده	۳۹۰	۱۵/۳	۰/۳۵	۲۰/۷	۷۰/۱	۰/۳
تنش رطوبتی در اوایل رشد رویشی	۴۵۷	۱۵/۱	۰/۳۴	۲۳/۴	۷۶/۶	۰/۳
تنش رطوبتی در مرحله‌ی طویل شدن	۳۷۷	۱۳/۹	۰/۳۶	۱۸/۳	۶۸/۶	۰/۲۷
تنش رطوبتی در مرحله‌ی گلدهی	۳۲۹	۱۲/۷	۰/۳۵	۱۴/۷	۶۴/۵	۰/۲۳
تنش رطوبتی در مرحله‌ی پرشدن دانه	۳۸۴	۱۱/۳	۰/۳۶	۱۵/۰	۶۷/۶	۰/۲۲
l.s.d (p=0/05)	۹۳	ns	ns	۳/۰	۸/۶	۰/۰۴

(منبع: DPI).

- ✓ تعداد دانه‌ی هر غلاف تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار نگرفت.
- ✓ تنش رطوبتی در مرحله‌ی طویل شدن، گلدهی و پرشدن دانه، تعداد غلاف‌های هر بوته را کاهش می‌دهد.
- ✓ تنش رطوبتی آخر فصل، وزن دانه را کاهش می‌دهد.
- ✓ شاخص برداشت نیز با تنش رطوبتی آخر فصل کاهش می‌یابد.

جدول۴-۴ تأثیر دما و تنش رطوبتی اعمال‌شده در پایان گلدهی تا مرحله‌ی رسیدگی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و مقدار روغن کلزا.

	تأثیر دمای روز / شب (درصد نسبی به یافته‌های آبیاری در دمای پایین)			
	۱۸/۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد		۲۶/۱۸ درجه-ی سانتی‌گراد	
	آبیاری شده	تنش رطوبتی	آبیاری شده	تنش رطوبتی
عملکرد دانه	۱۰۰	۶۳	۶۷	۵۶
تعداد غلاف در مترمربع	۱۰۰	۷۲	۸۲	۶۵
تعداد دانه در مترمربع	۱۰۰	۸۴	۸۳	۷۲
وزن دانه	۱۰۰	۷۶	۸۱	۷۷
مقدار روغن	۱۰۰	۸۸	۸۹	۸۳

(منبع: DPI).

- ✓ حتی تحت شرایط مطلوب آبیاری؛ تنش گرمایی، عملکرد و کیفیت کلزا را کاهش می‌دهد.
- ✓ افزایش دما در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را تا حدود ۳۳درصد کاهش می‌دهد.
- ✓ در تنش رطوبتی، مقدار کاهش عملکرد، به مقدار ۷درصد بیش‌تر بود.

جدول۴-۵ تأثیر دما بر مقدار روغن کلزا در رقم وستار

دمای شب/روز (درجه‌ی سانتی‌گراد)	**۱۷/۱۲**	**۲۲/۱۷**	**۲۷/۲۲**
درصد روغن	۴۵	۴۱	آزمون نشد
مقدار اسید چرب×			
C 16:0	۳/۷	۴/۰	۵/۲
C 18:1	۶۵/۲	۶۲/۹	۵۷/۲
C 18:2	۱۷/۴	۱۸/۶	۲۵/۰
C 18:3	۹/۲	۹/۶	۶/۸
C 22:1	۰	۰	۰

× داده‌ها به‌صورت درصدی از کل بیان شده‌است.

یخبندان

یخبندان می‌تواند صدمات مهمی را در طول نمو دانه، سبب شود. حتی اگر تعداد غلاف‌ها پیش از تنش تنظیم شده باشد، دانه‌های درحال نمو، مستعد تنش می‌باشند. بذور با میزان رطوبت ۲۰ درصد و یا بیش‌تر، در مقابل تنش آسیب خواهند دید. در صورتی که مقدار رطوبت دانه بیش‌تر باشد، شرایط یخبندان آسیب جدی‌تری را به دنبال خواهد داشت. در مقدار رطوبت ۵۰ تا ۶۰ درصد در بذور، دمای منفی‌سه

درجه‌ی سانتی‌گراد منجر به از بین رفتن آن‌ها می‌گردد و این درحالی است که بذور خشک و رسیده از آسیب در امان خواهند بود. یخبندان، نمو دانه را متوقف کرده و وزن تک تک بذور را کاهش می‌دهد. چنانچه تمام بذور یک غلاف جوان آسیب ببینند، غلاف از بین می‌رود. آسیب یخبندان می‌تواند تمام یا برخی از دانه های غلاف را شامل شود. تأثیر دیگر یخبندان بر سطح کلروفیل دانه می‌باشد. یخبندان-های تا حد کشنده (صفر تا یک درجه‌ی سانتی‌گراد) که سیستم آنزیم بیولوژیکی را مختل می‌سازند و کلروفیل دانه ها نزدیک به مرحله‌ی رسیدگی را نیزتجزیه می‌نمایند. دماهای خیلی سرد می‌تواند منجر به مرگ ناگهانی گیاه، پیش از خشک‌شدن دانه ها شود که سبب ایجاد دانه های سبزرنگ با مقدار بالای کلروفیل می‌شود.

نیتروژن

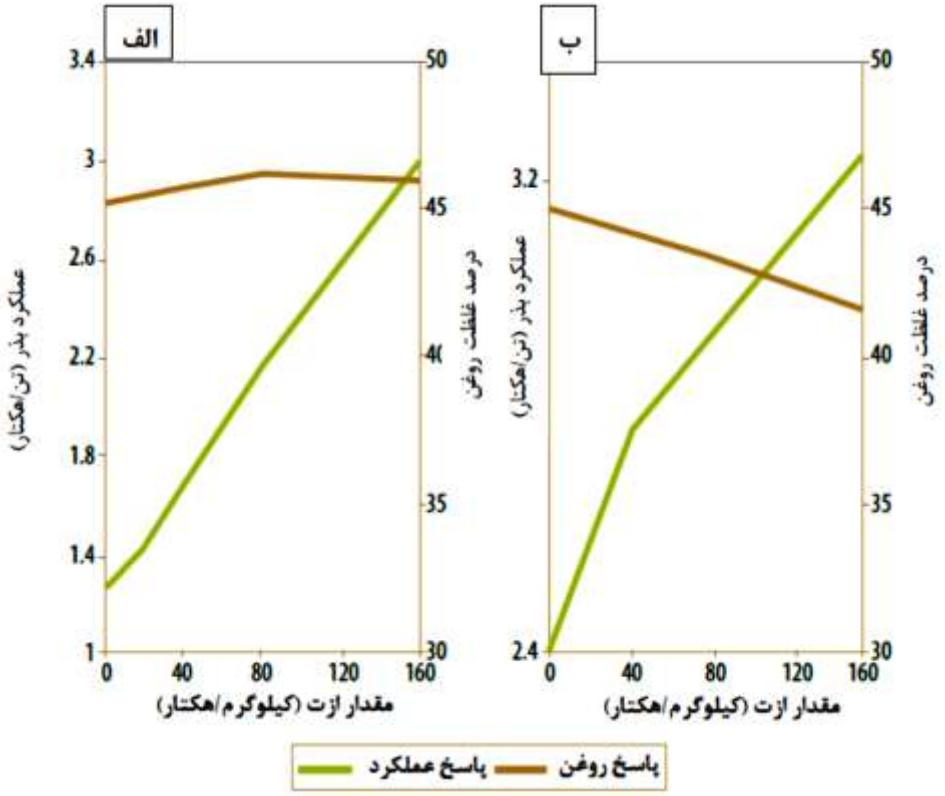
افزایش تامین نیتروژن، تشکیل پروتئین و در نتیجه رشد را افزایش می‌دهد. جذب بسیار بالای نیتروژن می‌تواند موجب تولید بیش از حد پروتئین شود که سبب کاهش مقدار روغن می‌شود. کاربرد زیاد نیتروژن، همچنین می‌تواند موجب خوابیدگی بوته‌ها و تأخیر در رسیدگی شود. خوابیدگی بوته ها عملکرد دانه را ازطریق کاهش حرکت فرآورده‌های فتوسنتزی و رطوبت به دانه، کاهش می‌دهد. همچنین مقدار زیاد نیتروژن، تولید ماده‌ی خشک پس از ورس را کاهش داده و تمام اجزاء اصلی عملکرد نیز، کاهش خواهند یافت.

در یک پژوهش بر روی اثرات کودهای نیتروژن بر عملکرد دانه و غلظت روغن در ولینگتون و پارکس در نیوساوت‌ولز، کاربرد نیتروژن، عملکرد دانه در هر دو منطقه را افزایش داد (شکل۴-۱۱)، اما تأثیر کمی بر ماده‌ی خشک هر غلاف، طول غلاف، وزن هزار دانه، تعداد دانه‌ی هر غلاف، غلظت روغن و غلظت مواد معدنی در دیواره‌ی غلاف‌ها و دانه ها داشت.

گوگرد

پژوهش‌ها در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ در جنوب شرق استرالیا، تلفات ۸۰ درصدی عملکرد را در نتیجه‌ی کمبود گوگرد همراه با کاهش ۲۰ درصدی غلظت روغن نشان داد. کمبود گوگرد در زمان غلاف‌بندی مشهود می‌باشد. تعداد و اندازه‌ی غلاف و تعداد دانه‌ی موجود در هر غلاف، به‌طور محسوسی کاهش می‌یابند. غلاف‌ها ممکن است سبز کمرنگ همراه با رنگ ارغوانی بوده و همچنین می‌توانند در حالت فشرده و یا صاف باشند. در زمان رسیدگی، کاه و کلش کلزا تقریباً ۰/۳ تا ۰/۴ درصد گوگرد دارند. غلاف‌ها شامل مقدار بیش‌تری (پنج تا شش درصد) گوگرد بوده و دانه‌ی کلزا نیز در حدود ۰/۴ تا ۰/۶

درصد گوگرد دارد. در زمان برداشت، بقایای کلزا و غلاف‌ها دو برابر دانه در هر هکتار گوگرد دارند. افزودن گوگرد موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (۴-۱۲).



شکل۴-۱۱ اثرات کود نیتروژن بر عملکرد دانه و غلظت روغن در ولینگتون و پارکس (منبع: DPI).

- ✓ افزایش مقدار نیتروژن تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه نسبت به غلظت روغن دارد.
- ✓ در شکل الف، کود نیتروژن عملکرد را افزایش می‌دهد، اما تأثیری بر غلظت نیتروژن ندارد.
- ✓ در شکل ب، نیتروژن موجب افزایش عملکرد می‌شود، اما مقادیر بیشتر آن غلظت روغن را کاهش می‌دهد.

زمان کاشت

به‌تأخیر انداختن تاریخ کاشت کلزا از تاریخ بهینه‌ی کاشت یک رقم، عملکرد و میزان روغن دانه را کاهش می‌دهد. عملکرد شدیداً تحت تأثیر زیست‌توده‌ی گیاه در زمان گلدهی می‌باشد. کشت دیرتر، مرحله‌ی رشد رویشی کلزا را کوتاه‌تر می‌کند و زیست‌توده‌ی گیاهی را در زمان گلدهی، کاهش می‌دهد. همچنین تأخیر در کاشت، سبب کوتاه‌تر شدن دوره‌ی گلدهی خصوصاً در جنوب شرقی نیوساوت‌ولز که در اواخر دوره‌ی گلدهی در ماه اکتبر بادهای گرم و خشک نیز می‌وزند، می‌شود.

هنگامی که کلزا، دیرتر از زمان بهینه کشت می‌شود، غلاف‌ها و دانه ها تحت شرایط گرم‌تر و خشک‌تری توسعه می‌یابند که سبب کوتاه‌تر شدن دوره‌ی نمو غلاف و دانه می‌شود. مقادیر گزارش شده از کاهش عملکرد به ازای هر هفته تأخیر در کاشت در دامنه‌ی سه تا ۱۱ درصد قرار دارد. این مقدار برابر با ۲۵ کیلوگرم در هکتار دانه برای یک روز تأخیر در کاشت کلزا می‌باشد. مقدار روغن کلزا در کاشت تأخیری کاهش می‌یابد و علاوه‌بر این، به ازاء هر هفته تأخیر در کاشت کلزا، میزان روغن به مقدار ۰/۵ تا ۰/۷۵ درصد کم می‌شود. دلیل این کاهش ناشی از افزایش دما و تنش رطوبتی در زمان پرشدن دانه می‌باشد. اختلاف ارقام برای مقدار روغن و پروتئین نسبت به اجزاء عملکرد بیش‌تر است. یک کنترل ژنتیکی قوی برای میزان روغن وجود دارد و این بدان معنی است که یک رقم، مقدار روغن مشابهی در یک دامنه‌ی محیطی دارد. مقدار کاهش روغن در نتیجه‌ی تأخیر در کاشت کلزا در نواحی کم‌باران‌تر، بیش‌تر است. میزان روغن در ارقام کلزایی که که به دلیل مواجه شدن دوره‌ی نمو دانه با دماهای بالا، با تأخیر کاشته شده‌اند؛ کاهش می‌یابد. در یک پژوهش در ناحیه‌ی کوندوبولین[1]، مقدار روغن در ارقامی که در ۱۴ ژوئن کشت شده‌بودند در مقایسه با ارقامی که زودتر کاشته شده‌بودند، کم‌تر بود (جدول۴-۶). با این حال، تاریخ گلدهی باید بین خطر یخبندان در طول دوره‌ی گلدهی و تنش گرمایی و آب در زمان پرشدن دانه، بهینه شود.

بیماری

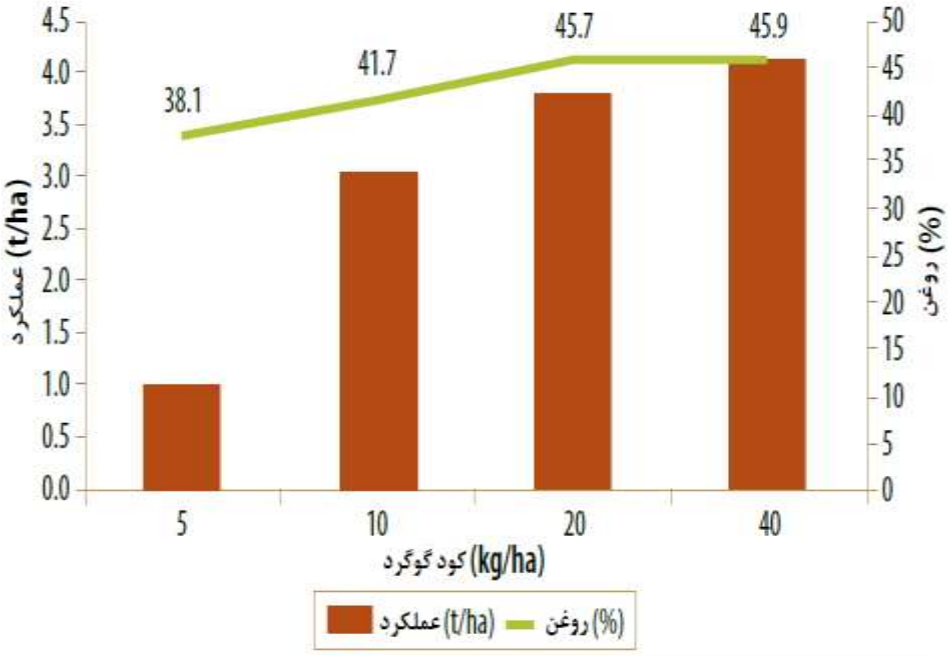
دو بیماری عمده در گیاه کلزا، ساق‌سیاه و پوسیدگی سفید می‌باشند.

ساق‌سیاه

بیماری ساق‌سیاه توسط قارچ *Leptosphaeria maculans* ایجاد می‌گردد. این بیماری خطرناک‌ترین و عمده‌ترین بیماری کلزا خصوصاً در منطقه‌ی نیوساوت‌ولز می‌باشد. بیماری ساق‌سیاه می‌تواند به‌

1 Condobolind

وسیله باقی‌ماندن قارچ در بقایای گیاهی، از فصلی به فصل دیگر منتقل شود. این بیماری در تمام مراحل رشدی گیاه، توانایی آسیب رساندن به گیاه را داشته و سرایت شدید آن می‌تواند بوته‌های جوان و یا بوته‌های در مرحله‌ی روزت را از بین ببرد. در گیاهان پیرتر، سرایت این بیماری در برگ‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها و غلاف‌های درحال توسعه اتفاق می‌افتد. گیاهان پیرتری که از پایین ساقه‌ی اصلی مورد سرایت این بیماری قرار می‌گیرند، منجر به تجزیه‌ی ساقه در سطح زمین می‌شود. این اتفاق سبب قطع حرکت شیره‌ی گیاهی شده و گیاه را از بین می‌برد و یا باعث چروکیده شدن بذور می‌گردد. آسیب این بیماری معمولاً تا اوایل بهار آشکار نمی‌شود. کاشت ارقام مقاوم، بهترین راهکار جهت مقابله با این بیماری می‌باشد.



شکل۴-۱۲ پاسخ کلزا به کاربرد کود گوگرد در منطقه‌ی ولینگتون نیوساوت‌ولز در سال ۱۹۹۲.

✓ افزودن ۲۰ کیلوگرم برهکتار گوگرد، عملکرد را به میزان ۴۷ درصد و مقدار روغن را نیز تا ۱۷درصد افزایش می‌دهد

جدول ۴-۶ اثرات مهم تاریخ کاشت بر عملکرد و غلظت روغن دانه در منطقه‌ی کاندوبلین در سال ۲۰۰۲.

تاریخ کاشت	عملکرد (تن/هکتار)	درصد روغن
۲۲ آوریل	۰/۹۵۱	۴۱/۰
۱۷ می	۰/۵۹۸	۴۱/۰
۱۴ ژوئن	۰/۱۳۷	۳۹/۳

- ✓ میزان روغن در تاریخ کاشت ۱۴ ژوئن به‌طور قابل‌توجهی نسبت به تاریخ کاشت زودتر، کم‌تر بود.
- ✓ تأخیر در زمان کاشت در منطقه‌ی کاندوبلین سبب افت ۰/۸ تن/هکتار عملکرد می‌شود.
- ✓ درصد روغن کاهش می‌یابد.
- ✓ دماهای بالا در ارقام کشت شده‌ی کلزا در ماه ژوئن، سبب کوچک‌تر شدن اندازه‌ی دانه می‌شود.
- ✓ تاریخ و محل کاشت در رتبه‌بندی ارقام مختلف از لحاظ مقدار روغن و میزان عملکرد، تأثیری نداشته‌است.

پوسیدگی سفید ساقه

پوسیدگی سفید ساقه، توسط قارچ‌های اسکلروتینیا ایجاد می‌شود. این بیماری سبب پوسیده‌شدن ساقه و ظهور علائم سفیدرنگ رشد قارچ بر روی ساقه می‌شود و تمام گیاهان پهن برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مهار این بیماری دشوار بوده و برای دوره‌های طولانی در خاک باقی می‌ماند. تناوب کشت گیاهان غلات، برای مهار آن توصیه می‌شود. این بیماری ممکن است به پای ساقه و یا نقاط بالاتر، آسیب برساند. بالای نقطه‌ی آسیب دیده بر اثر این بیماری، دچار پژمردگی می‌شود. در حالت‌های شدید این بیماری، گیاه ورس می‌کند. ورس موجب رسیدگی نشدن همزمان بذور شده و محیط میکروبی بهینه‌ای را برای گسترش بیماری‌هایی مانند پوسیدگی سفید ساقه و آلترناریا فراهم می‌کند. این بیماری توانایی فتوسنتزی ساقه‌ها و غلاف‌ها را کاهش داده و سبب افت عملکرد نیز می‌گردد.

آفات

شته‌ها قادر به حمله به گیاه کلزا در طول دوره‌ی گلدهی تا پرشدن دانه می‌باشند (شکل۴-۱۳). شته-ها شیره‌ی گیاه را می‌مکند و تراکم بالای آن‌ها مانع از تشکیل غلاف در گیاه شده و حتی مرگ گیاه را نیز در پی دارند. شته‌ها همچنین باعث کاهش تجمع و حرکت مواد فتوسنتزی می شوند.

شکل ۴-۱۳ شته‌ها بر روی گل‌آذین گیاه (منبع: DPI).

اثر چرای دام بر عملکرد کلزا

عملکرد

اثر چرای دام بر عملکرد منوط به تأثیر آن بر تأخیر در گلدهی می‌باشدکه این امر به نوبه‌ی خود سبب همزمانی گلدهی با زمان گرم‌تر و خشک‌تر شدن می‌شود (فصل ۳ را مشاهده نمایید). آزمایشات مقدماتی (جدول۴-۷) کاهش معنی‌داری در میزان عملکرد و یا مقدار روغن در بین ارقام کلزای چرا شده و چرا نشده، نشان نداد.

بیماری

چرای کلزا خطر بیماری ساق‌سیاه را افزایش می‌دهد (جداول ۴-۸ و ۴-۹). این خطر در ارقام با درجه‌ی مقاومت پایین، بیش‌تر می‌شود.

جدول۴-۷ اثر چراندن کلزا بر مقدار روغن و عملکرد. آزمایش مزرعه‌ای در ایستگاه آزمایشگاهی گنیندرا در کانبرا در سال ۲۰۰۵-۲۰۰۴.

رقم	۲۰۰٤				۲۰۰۵			
	عملکرد (تن/هکتار)		درصد روغن		عملکرد (تن/هکتار)		درصد روغن	
	چرا نشده	چرا شده	چرا نشده	چرا شده	چرا نشده	چرا شده	چرا نشده	چرا شده
رقم بهاره‌ی هایولا۶۰	۴/۸	۴/۶	۵۰/۵	۵۰/۵	–	–	–	–
رقم زمستانه‌ی اول	۴/۱	۴/۳	۴۶/۱	۴۷/۹	۲/۶۳	۲/۱۰	۴۵/۹	۴۸/۸
رقم زمستانه‌ی دوم	۴/۱	۴/۰	۴۷/۶	۴۸/۴	۲/۶۷	۲/۰۷	۴۷/۶	۴۶/۸
رقم زمستانه‌ی سوم					۲/۸۲	۲/۲۷	۴۳/۵	۴۵/۳

- ✓ در سال ۲۰۰۴، رقم بهاره‌ی کلزا عملکرد بیش‌تری نسبت به رقم زمستانه داشت.
- ✓ در سال ۲۰۰۵، تفاوت معنی‌داری میان کلزاهای چرا شده و چرا نشده در مقدار عملکرد و روغن مشاهده نشد.

جدول۴-۸ اثر زمانبندی چرای دام بر عملکرد و شدت بیماری ساق‌سیاه (درصد مقطع عرضی ساقه‌ی عفونی‌شده) برای ارقام کاشت در منطقه‌ی یانگ نیوساوت‌ولز

تیمار	آترابیکون		اسکیپتون		۷۸y۴۶		سورپاس۵۰۱تی تی		کلمبوس	
	عملکرد (تن/هکتار)	درصد ساق سیاه	عملکرد (تن/هکتار)	درصد ساق سیاه	عملکرد (تن/هکتار)	درصد ساق سیاه	عملکرد (تن/هکتار)	درصد ساق سیاه	عملکرد (تن/هکتار)	درصد ساق سیاه
چرا نشده	۲/۳۰	۱۶	۱/۸۰	۴۰	۲/۴۷	۱۶	۱/۸۹	۱۱	۰/۶۵	۲
۲۱/۶–۶/۷	۱/۵	۴۰	۲/۰۸	۵۶	۲/۲۳	۱۷	۱/۷۶	۹	۰/۳۷	۳
۶/۷–۲۰/۷	۱/۳۲	۳۸	۱/۵۲	۵۴	۱/۸۵	۲۲	۱/۸۸	۱۱	۰/۳۱	۳
۲۰/۷–۳/۸	۱/۳۱	۴۱	۱/۳۲	۵۶	۱/۹۷	۲۶	۱/۷۵	۹	۰/۸۸	۲
۳/۸–۱۷/۸	۱/۰۴	۴۸	۱/۳۳	۴۹	۱/۴۸	۲۷	۲/۰۱	۱۳	۰/۹۹	۲
۱۷/۸–۵/۹	۱/۱۷	۵۱	۱/۶۷	۳۵	۱/۵۲	۱۵	۲/۰۴	۱۵	۰/۵۸	۲
۵/۹–۲۰/۹	۰/۷۰	۴۷	۰/۵۳	۴۰	۰/۶۵	۲۶	۰/۷۸	۱۶	۰/۴۷	۲

UG محصول چرا نشده می‌باشد، تاریخ‌های دیگر نشان‌دهنده دوره ۲ هفته‌ای است که در آن محصول به میزان زیاد توسط گوسفندان چرا شده است.

کلمبوس رقم مقاوم زمستانه است

جدول۴-۹ اثر زمانبندی و مدت چرای دام بر عملکرد و میزان بیماری ساق‌سیاه در رقم کلزای تندرتی تی در سال ۲۰۰۷ در منطقه‌ی گالونگ نیوساوت‌ولز

تیمار	زمان چراندن	عملکرد (تن/هکتار)	شاخص برداشت	درصد آلودگی ساقه به ساق‌سیاه
چرا نشده	بدون چرا	۱/۱۲*	۰/۱۷	۱/۶
G1F1	۱/۸ -۲۸/۵	۱/۰۶	۰/۳۰	۲۰/۳
G1f2	۱۷/۸ -۲۸/۵	۰/۹۱	۰/۳۱	۱۶/۶
G2f1	۱/۸ -۲۶/۶	۰/۸۸	۰/۲۹	۲۴/۷
G2F2	۱۷/۸ -۲۶/۶	۰/۶۷	۰/۲۵	۳۴/۱

زمان شروع چرا: G1 ۶ تا ۸ برگی، G2 پوشش کامل
زمان پایان چرا: F1 ۱/۸ ، F2 ۱۷/۸ ، * خسارت پرنده

اندازه‌گیری عملکرد محصول

عملکرد

عملکرد گیاه کلزا، توسط اجزاء زیر تعیین می‌شود:

۱- تعداد غلاف‌ها در مترمربع (تراکم غلاف)،
۲- تعداد دانه‌ها در هر غلاف،
۳- وزن دانه‌ها.

اجزاء عملکرد به‌شکل متوالی توسعه می‌یابند، اگرچه بین برخی از این مراحل همپوشانی هم وجود دارد. تعداد بالقوه‌ی دانه‌ها قبل از گلدهی مشخص شده‌است، تعداد غلاف‌ها در حین گلدهی و وزن بذور بین زمان گلدهی و رسیدگی مشخص می‌شود. وزن دانه، کم‌ترین جزء از اجزای عملکرد محسوب می‌شود، چرا که به میزان بیش‌تری تحت تأثیر پتانسیل ژنتیکی رقم می‌باشد.

تراکم غلاف

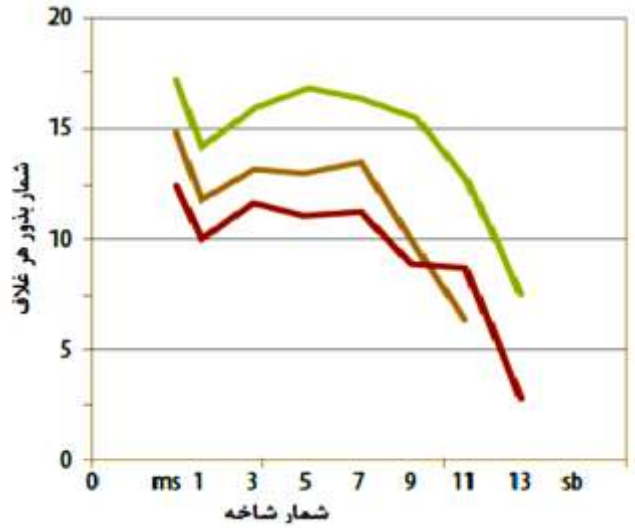
تعداد بالقوه‌ی غلاف تا حد زیادی در زمان گلدهی مشخص می‌شود. تراکم نهایی غلاف توسط قابلیت دسترسی مواد فتوسنتزی، قبل و در طول دوره‌ی گلدهی کنترل می‌شود. کل ماده‌ی خشک در زمان گلدهی و پایان دوره‌ی آن، به‌ترتیب، به تراکم بالقوه و واقعی غلاف مرتبط می‌باشد. رشد قبل از شروع تشکیل غلاف‌ها از طریق اثر بر تعداد برگ‌ها روی تعداد غلاف‌ها تأثیر می‌گذارد که نقاط بالقوه برای شاخه‌های گلده در محور برگ‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. تلفات غلاف و بذور موجود در هر غلاف، در قسمت‌های پایینی با سایه‌ی بیش‌تری که توسط سایه‌بان ایجاد می‌شود، خصوصاً در تراکم بالا بیش‌تر

می‌باشد. همچنان‌که نظم شاخه‌ها در قسمت بالایی گیاه افزایش می‌یابد، گل‌های کم‌تری غلاف تشکیل داده و تعداد دانه‌های موجود در غلاف نیز کاهش می‌یابد. سایه‌بان متراکم به معنای رقابت بیشتر، میان غلاف‌ها می‌باشد. در بالای ساقه‌ی اصلی و شاخه‌های بالایی، جایی‌که بهترین توزیع تابش خورشیدی وجود دارد، بقاء غلاف و بذور بسیار بالا می‌باشد. پس از مدت کمی از زمان گلدهی، تراکم غلاف و دانه به بیش‌ترین حد خود می‌رسد. هرچند، در تراکم بالای گیاهی به دلیل سایه‌اندازی و نبود فرآورده‌های فتوسنتزی، غلاف‌ها می‌توانند توسعه یابند. دلیل این مسأله ناشی از سطح پایین نور در قسمت‌های پایینی گیاه می‌باشد که موجب نبود فرآورده‌های فتوسنتزی کافی، برای حفظ غلاف و دانه می‌شود. در تمامی شاخه‌های گیاه با افزایش کاربرد کود نیتروژنه تعداد غلاف‌ها افزایش می‌یابد.

تعداد دانه در غلاف

موقعیت غلاف روی گیاه، یک عامل تعیین‌کننده برای بقاء غلاف و دانه می‌باشد (شکل۴-۱۴). گلچه‌های پیشرو در توسعه که برای به‌دست آوردن آب و فرآورده‌های فتوسنتزی بر روی پایه‌ی سنبلچه-ی انتهایی و بر چهار شاخه‌ی اصلی، گسترش می‌یابند، نسبت به گل‌های گسترش یافته در مراحل پایانی دوره‌ی گلدهی، دو تا سه هفته برتری رقابتی دارند.

تعداد بالقوه‌ی دانه در هر غلاف بسته به رقم کلزا، در بازه‌ی ۱۵ تا ۲۵ عدد قرار دارد. تعداد دانه، عمدتاً به‌وسیله‌ی قابلیت دسترسی فرآورده‌های فتوسنتزی در دوره‌ی گلدهی تعیین می‌شود. گرده‌افشانی و تلقیح، عموماً عامل محدود شدن تعداد دانه در هر غلاف نمی‌باشند. رشد دانه‌ها در غلاف‌های اولیه، با دانه‌های درحال توسعه در غلاف‌های انتهایی رقابت می‌کند. یک هم‌بستگی میان تراکم دانه و کل ماده-ی خشک تولید شده در طول دوره‌ی گلدهی و مدت این دوره وجود دارد.



شکل ۴-۱۴ تعداد بذور هر غلاف به عنوان تابعی از موقعیت غلاف‌ها بر روی شاخه‌های مختلف. تیمارها شامل: تراکم پایین گیاه، تراکم بالای گیاه و سایه‌اندازی از گلدهی تا برداشت (منبع: DPI).

- ✓ مجموعه بذر در هر غلاف با تعداد شاخه اولیه متفاوت است.
- ✓ تنها یک بخش کوچک از غلاف‌ها (کم‌تر از ۱۰درصد) در شاخه‌هایی با تعداد بذور کمتر از مقدار میانگین واقع شده است.
- ✓ تعداد کمتر دانه در هر غلاف در شاخه‌های درجه بالاتر ممکن است به دلیل رقابت با ساقه و غلاف‌های تشکیل شده قبلی برای جذب فرآورده‌های فتوسنتزی باشد.

وزن دانه

آهنگ رشد دانه، توسط قابلیت در دسترس بودن فرآورده‌های فتوسنتزی در طول پرشدن دانه و تعداد دانه های رقابت‌کننده، تعیین می‌شود. انتقال مجدد کربوهیدارت‌های ذخیره شده در مراحل اولیه‌ی رشد ریشه‌ها، ساقه‌ها، برگ‌ها و پوسته‌ی غلاف‌ها ممکن است به پرشدن دانه کمک کند، اما آهنگ انتقال مجدد تنها حدود ۱۲ تا ۱۷/۵ درصد می‌باشد.

اندازه‌ی دانه با موقعیت دانه در غلاف و موقعیت غلاف در روی ساقه متغیر است.

جبران عملکرد

توانایی کلزا در جبران تراکم پایین گیاه، عمدتاً ناشی از افزایش تعداد غلاف‌های هر بوته می‌باشد. ارقام معمولی کلزا در بازه‌ی گسترده‌ای از تراکم گیاهی، می‌توانند عملکرد مشابهی تولید کنند. ارقام مقاوم به تریازین، توانایی کم‌تری برای جبران عملکرد دارند، چرا که این ارقام، میزان فتوسنتز و رشد کم‌تری دارند. جبران عملکرد به دما و رطوبت خاک و همچنین زمان بروز تنش بستگی دارد. گلدهی محدود و به دنبال آن شرایط خوب، محصولی با غلاف‌های کم‌تر، اما تعداد خیلی زیاد دانه در هر غلاف، تولید می‌کند. یک رابطه‌ی عکس میان تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه های موجود در هر غلاف، وجود دارد. همچنین، یک ارتباط میان این دو عامل و اندازه‌ی محصول (یعنی توانایی حمایت از این دو عامل) وجود دارد. تعداد دانه های هر غلاف با افزایش وزن خشک گیاه در زمان گلدهی، افزایش می‌یابد.

شاخص برداشت

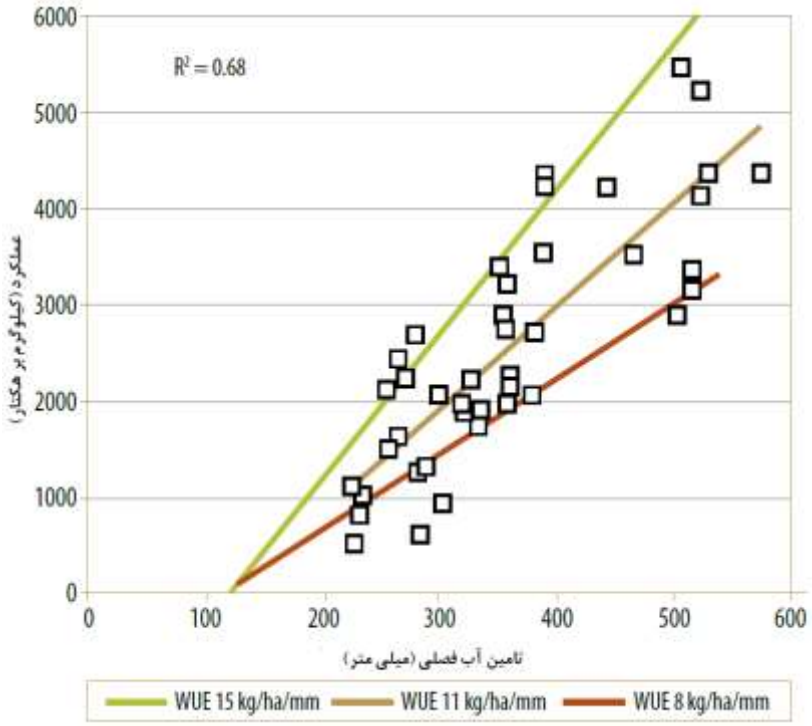
شاخص برداشت، بخشی از وزن خشک اندام هوایی یا همان دانه می‌باشد. این شاخص، در واقع نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک اندام هوایی، در زمان رسیدگی و برداشت می‌باشد. شاخص برداشت کلزا، عموماً در محدوده‌ی ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ قرار دارد. در مقایسه با محصولاتی نظیر گندم، این مقدار برای شاخص برداشت، پایین می‌باشد، اما دانه‌ی کلزا حدود ۳۲ تا ۴۵ درصد روغن دارد که ۲/۵ برابر انرژی کربوهیدارت‌های دیگر غلات می‌باشد.

تنش‌های دمایی یا آبی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی شاخص برداشت را به دلیل وجود مجموعه غلاف‌های ضعیف، کاهش دهد.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب (WUE) معیاری برای نشان دادن چگونگی استفاده مؤثر محصولات از رطوبت در دسترس می‌باشد (یعنی رطوبت ذخیره‌شده یا بارندگی در فصل رشد). همچنین از این معیار، برای تعیین عملکرد هدف بر پایه‌ی رطوبت قابل‌استفاده‌ی خاک و بارندگی مورد انتظار در فصل رشد استفاده می‌شود.

گیاه کلزا قبل از برداشت دانه به یک مقدار آستانه‌ی آب نیاز دارد. فراتر از مقدار آستانه، افزایش مقادیر آب موجب عملکرد بیش‌تر می‌شود. کارایی مصرف آب برحسب مقدار کیلوگرم دانه به ازاء میلی‌متر آب مصرفی بیان می‌شود. مقدار این شاخص برای کلزا، بسته به توزیع بارندگی در محدوده‌ی ۸ تا ۱۵ کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر آب می‌باشد (شکل۴-۱۵). گیاهان زودکاشت نسبت به گیاهان دیرکاشت، راندمان مصرف آب بیش‌تری دارند.



شکل۴–۱۵ بازه‌ی راندمان مصرف آب با معادله‌ی فرنچ[1] و شولدز[2] اصلاح شده‌است (در تمرین این فصل، نمایید. محاسبه‌ی راندمان مصرف آب را مشاهده نمایید) (منبع: DPI).

- ✓ راندمان مصرف آب (WUE) برای عملکرد بالقوه کلزا بین ۸ تا ۱۵ کیلوگرم برهکتار بر میلی‌متر است.
- ✓ میانگین راندمان مصرف آب ۱۱ کیلوگرم برهکتار بر میلی‌متر است.
- ✓ راندمان مصرف آب برای ارقام مقاوم به تریازین کم‌تر است (۱۰ کیلوگرم برهکتار بر میلی‌متر).
- ✓ برآورد می‌شود که به ازاء هر یک ماه تاخیر در کاشت پس از اواخر آوریل، مقدار راندمان مصرف آب ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

1 French
2 Shultz

منابع

Habekotte B 1993, Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field conditions. *Field Crops Research* 35, 21–33.

Hocking PH, Mason L 1993, Accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in fruits of canola (oilseed rape) and the effects of nitrogen fertiliser and windrowing. *Australian Journal Agricultural Research* 44, 1377–1388.

Hocking PJ, Stapper M 2001, Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rate on growth, yield and nitrogen accumulation of canola, mustard and wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 52, 623–634.

Hocking PJ, Randall PJ, DeMarco D 1997, The response of dryland canola to nitrogen fertiliser: partitioning and mobilisation of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crop Research* 54, 201–220.

Jensen CR, Mogensen VO, Mortensen G, Andersen MN, Schjoerring JK, Thage JH, Koribidis J 1996, Leaf photosynthesis and drought adaptation in field grown oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Plant Physiology* 23, 631 644.

King SP, Badger MR, Furbank RT 1998, CO_2 refixation characteristics of developing canola seeds and silique walls. *Australian Journal of Plant Physiology* 25, 377–386.

Kirkegaard JA 2007, *Evaluating the Potential for Dual-purpose Canola in the Mixed Farming System of Southern Australia.* Report to Grains Research and Development Corporation on Project CSP00085. CSIRO, Canberra.

MacKinnon GC, Fettell NA 2003, The effect of sowing time, supplementary water and variety on yield and oil concentration of canola (*Brassica napus*). In *Proceedings of the 13th Biennial Australian Research Assembly on Brassicas*, 8–12 September 2003, Tamworth, NSW. NSW Agriculture, Orange NSW.

Norton G, Bilsborrow PE, Shipway PA 1991, Comparative physiology of divergent types of winter rapeseed. In McGregor DI (ed)), *Proceedings of the 8th International Rapeseed Congress,* Saskatoon, Canada, pp. 578–582.

Office of the Gene Technology Regulator 2008, *The Biology of Brassica napus L. (Canola)*. Version 2: February. Australian Government Department of Health and Ageing, Canberra.

Pritchard FM, Eagles HA, Norton RM, Salisbury PA, Nicolas M 2000, Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40, 679–685.

Robertson MJ, Kirkegaard JA 2005, Water use efficiency of dryland canola in an equi-seasonal rainfall environment.

Australian Journal of Agricultural Research 56, 1373–1386.

Salisbury PA, Potter TD, McDonald G, Green AG 1999, Canola in Australia: the first 30 years. In *Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress,* Canberra.

Si P, Walton GH 2004, Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall

areas of Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, 367–377.

Walton G, Mendham N, Robertson M, Potter T 1999, Phenology, physiology and agronomy. In Salisbury PA, Potter

TD, McDonald G, Green AG (eds) In *Canola in Australia: the First 30 Years.* Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra.

Yaniv Z, Elber Y, Schafferman D, Zus M 1991, The effect of temperature on the fatty acid composition of high and low

erucic acid rape cultivars. In McGregor DI (ed), *Rapeseed in a Changing World.* Proceedings of the GCIRC Rapeseed Congress 1991, July 9–11, Saskatoon, Saskatchewan Canada. Vol. 6 of 6, pp. 1821–1825.

در مزرعه

در زیر مثال‌هایی از فعالیت‌هایی که می‌توانند برای تشریح مراحل نمو دانه و غلاف، در مزرعه انجام شود، توضیح داده شده است. این تمرینات عملی به کشاورزان در ارزیابی پیشرفت محصول خود در این مرحله رشدی کمک می‌نماید.

غلاف‌ها

هدف: ارزیابی مراحل نمو غلاف. این مرحله با دوره‌ی گلدهی همپوشانی دارد.

۱- شروع نمو غلاف. غلاف‌ها پس از تلقیح، از زیر سنبله‌های گلدار شروع به نمو می‌کنند.

۲- دقت کنید که آیا غلاف‌های یخزده وجود دارد؟. این غلاف‌ها یا رنگ متفاوتی دارند و یا توسعه نیافته‌اند. آن‌ها را با غلاف‌های سالم مقایسه کنید.

۳- پایان نمو غلاف. رشد غلاف‌ها زمانی پایان می‌یابد که رنگ بذور از سبز تیره به سبز کم‌رنگ تغییر کند. به‌نظر می‌رسد که بذور در این مرحله، از لحاظ فیزیولوژیکی رسیده‌باشند.

۴- نمو دانه. در زمان رسیدگی، رنگ بذور از سبز به برنزی خفیف تا سیاه تغییر می‌کنند. در طول این تغییرات مقدار رطوبت دانه به کندی کاهش می‌یابد.

تعیین زمان دروی دستی

هدف: تعیین مقدار تغییر رنگ در بذور

۱- ۱۰ غلاف را به تصادف از نقاط بالایی، میانی و پایینی شاخه‌های دارای غلاف در مزرعه، جمع‌آوری کنید.

۲- غلاف‌های هر بخش از مزرعه را جدا نگه‌دارید.

۳- به دقت غلاف‌ها را باز کرده و بذور را درون یک ظرف سفید بریزید. به تغییر رنگ بذور نگاه کنید.

۴- هنگامی که رنگ ۵۰ درصد از بذور قهوه‌ای و یا سیاه شده‌باشد، زمان دروی دستی می‌باشد.

۵- بذور نقاط مختلف از سطح مزرعه را با هم مقایسه نمایید.

۶- دروی دستی را می‌توان از تاریخی که گل‌های ۱۰ درصد گیاهان باقی مانده باشد، محاسبه نمود.

برآورد عملکرد

هدف: برآورد عملکرد در مزرعه

۱- تعداد غلاف‌ها را در هر ۰/۵ متر از ردیف، محاسبه کنید.

۲- این کار را در ۱۰ نقطه از سطح مزرعه انجام دهید.

۳- یافته‌های ۱۰ نقطه را با یکدیگر جمع کنید و بر ۵ تقسیم نمایید تا میانگین تعداد غلاف‌ها در هر متر از ردیف به‌دست آید.

۴- تعداد غلاف‌ها را در عامل فاصله‌ی ردیف ضرب کنید:

۳/۰۳ = ۳۳/۰ سانتی‌متر	۴/۰۰ = ۲۵/۰ سانتی‌متر	۵/۷۱= ۱۷/۵ سانتی‌متر
۲/۷۷ = ۳۶/۰ سانتی‌متر	۳/۳۶ = ۲۷/۵ سانتی‌متر	۵/۰۰ = ۲۰/۰ سانتی‌متر
۲/۵۰ = ۴۰/۰ سانتی‌متر	۳/۳۳ = ۳۰/۰ سانتی‌متر	۴/۴۴ = ۲۲/۵ سانتی‌متر

۵- دست‌کم تعداد بذور در ۱۰ غلاف را شمارش کنید و میانگین تعداد بذور هر غلاف را محاسبه نمایید. برای محاسبه‌ی برآورد دقیق، بازه‌ای از اندازه‌ی دانه‌ها را بشمارید.

۶- یک برآورد از وزن دانه در حدود ۰/۰۳ تا ۰/۰۴۵ گرم را استفاده نمایید. وزن بذور در فصول مختلف، متغیر خواهد بود. اگر احساس می‌کنید بذور خیلی ریز هستند از ۰/۰۳ گرم استفاده کنید یا اگر فصل خوب باشد و بذور درشت‌تر، ۰/۰۴۵ گرم را استفاده نمایید.

۷- عملکرد را با استفاده از فرمول زیر محاسبه نمایید.

$$\text{عملکرد}\left(\frac{\text{تن}}{\text{هکتار}}\right) = \frac{\text{وزن برآوردشده دانه (گرم)} \times \text{تعداد بذور هر غلاف} \times \text{تعداد غلاف‌ها در مترمربع}}{100}$$

شمارش	تعداد غلاف در مترمربع	تعداد بذور هر غلاف	وزن برآورد شده‌ی دانه	عملکرد (تن برهکتار)
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
میانگین				

ارزیابی تنوع اندازه‌ی دانه

هدف: ارزیابی گوناگونی اندازه‌ی دانه‌ی غلاف‌ها در قسمت‌های مختلف سایه‌بان؛

۱- ۱۰ بوته‌ی کلزا را از سطح مزرعه جمع‌آوری کنید.

۲- ۱۰ غلاف از شاخه‌های بالای بوته‌ها جمع‌آوری کنید.

۳- غلاف‌ها را از یکدیگر جدا کنید و بذور هر کدام را درون یک ظرف قراردهید.

۴- این عمل را برای ۱۰ غلاف از شاخه‌های میانی و پایینی تکرار کنید.
۵- ظروف مختلف را برای مقایسه‌ی گوناگونی اندازه‌ی بذور وزن کنید.
۶- آزمایش را تکرار کنید. این بار غلاف‌ها را از شاخه‌های پایینی جمع‌آوری کنید.

محاسبه‌ی شاخص برداشت

هدف: محاسبه‌ی شاخص برداشت

شاخص برداشت، نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک اندام هوایی گیاه در زمان رسیدگی و برداشت می‌باشد.

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{وزن خشک دانه } \left(\text{کیلوگرم بر هکتار}\right)}{\text{وزن خشک اندام هوایی } \left(\text{کیلوگرم بر هکتار}\right)}$$

	کار در مزرعه‌ی۱	کار در مزرعه‌ی۲	کار در مزرعه‌ی۳
وزن خشک دانه (کیلوگرم برهکتار)			
وزن خشک اندام هوایی (کیلوگرم برهکتار)			
شاخص برداشت			

محاسبه–ی راندمان مصرف آب

هدف: استفاده از بارندگی ثبت‌شده برای محاسبه‌ی راندمان مصرف آب در یک گیاه

این روش، اصلاح‌شده‌ی روش فرنچ و شولدز برای غلات می‌باشد. این روش توسط روبرتسون[1] و کرک‌گارد[2] در سال ۲۰۰۵ توسعه یافت.

۱- با استفاده از آمار بارندگی‌های ثبت‌شده، مقدار بارندگی زمان آیش را محاسبه نمایید. این کار برای به‌دست آوردن رطوبت خاک در زمان کاشت استفاده می‌شود. فرض کنید که ۵۰ درصد بارندگی رخ‌داده در طول مدت آیش در خاک ذخیره شده و توسط گیاه قابل استفاده باشد. ذخیره آب در خاک بسته به پوشش کاه و کلش، رشد علف‌های هرز و الگوی بارندگی، متغیر است.

1 Robertson
2 Kirkegaard

۰/۵ × (۸۰ mm– مقدار بارندگی در زمان آبیش)= مقدار آب موجود در خاک در زمان کاشت

۲- مقدار بارندگی را در فصل رویش محصول تا تاریخ دروی دستی (یا تاریخ برآورد شده‌ی دروی دستی برای محصولاتی که با کمباین برداشت می‌شود) ثبت کنید. برای این معادله، این مقدار بایستی کم‌تر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد.

۳- مقدار آب باقی مانده درخاک در زمان برداشت را محاسبه کنید.

۰/۵ × (۵۰ – مقدار بارندگی پس از گلدهی) = مقدار آب موجود در خاک در زمان برداشت

۴- میزان آب فصلی (مقدار آب در دسترس گیاه) را می‌توان به‌دست آورد. صد و بیست میلی‌متر از کل آب موجود، برای محاسبه‌ی مقدار آب مورد نیاز برای تکمیل زیست‌توده‌ی گیاه و تلفات روان‌آب و تبخیر کم می‌شود. فرمول به‌صورت زیر می‌باشد:

۱۲۰– (مقدار آب موجود در خاک در زمان برداشت) – (مقدار آب موجود در خاک در زمان کاشت) + (مقدار بارندگی در طول فصل رویش)= فراهمی آب فصلی

۵- با استفاده از فراهمی آب فصلی و عملکرد، راندمان مصرف آب به‌دست می‌آید:

$$\frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{فراهمی آب فصلی (میلی‌متر)}} = \text{راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر میلی‌متر بر هکتار)}$$

	کار در مزرعه‌ی۱	کار در مزرعه‌ی۲	کار در مزرعه‌ی۳
مقدار بارندگی در زمان آبیش			
بارندگی در زمان رویش محصول			
کل فراهمی آب			
عملکرد (تن برهکتار)			
راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر میلی‌متر برهکتار)			

واژه‌نامه

Adequate soil moisture:رطوبت مناسب خاک، که به‌صورت ۵۰ درصد یا بیش‌تر آب باقی‌مانده در خاک در ناحیه‌ی ریشه تعریف می‌شود.

Anthesis: گرده افشانی، در طول دوره‌ی گلدهی، زمانی که گرده از بساک (قسمت‌های تولیدکننده‌ی گرده در بالای اندام‌های زایشی نر) رها می‌شوند.

Apical meristem: مریستم انتهایی، نقطه‌ی رشدی، یک منطقه از تقسیم سلولی در نوک ساقه و یا ریشه.

Assimilates : فرآورده‌های فتوسنتزی، تولیدات فتوسنتزی.

Chlorophyll : سبزینه، رنگدانه‌ی مسئول به دام انداختن انرژی خورشیدی

Embryo : جنین، قسمتی از دانه که شامل ساختارهای مهم گیاه شامل: سپرچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه است.

Endosperm : آندوسپرم، یک بافت مغذی درون دانه که اطراف جنین را در بر می‌گیرد و انرژی لازم را برای جوانه‌زنی فراهم می‌کند.

Fertilisation: لقاح، ترکیب مواد ژنتیکی والد نر از گرده با مواد ژنتیکی مادری در تخمدان.

Floret: گلچه، یکی از گل‌های منفرد و کوچک درون خوشه‌ی متراکم گل‌ها.

Glucosinolates: گلوکوزینولات‌ها، گلوکوزینولات اصلی در ریشه‌ی کلزا گلکونااستورتین[1] می‌باشد، درحالی‌که ساقه‌ها عمدتاً، دارای گلوکوزینولات آلیفاتیک[2] هستند. همچنان‌که گلکونااستورتین تجزیه می‌شود، یک ترکیب مرتبط با PEITC آزاد می‌کند. این ترکیب برای بسیاری از عوامل بیماری‌زای قارچی خاکی سمی می‌باشد. از این ترکیب ضدعفونی کننده‌ی زیستی شمرده می‌شود.

Indeterminate growth: **رشد نامحدود،** گیاه رشد نامحدود تا زمانی‌که توسط یخبندان یا دیگر عوامل بیرونی از بین نرود، گل و میوه تولید می‌کند.

Internode : میانگره، سطح ساقه‌ی میان دو گره.

Leaf area index (LAI) : شاخص سطح برگ، معیار مساحت سطح رویی برگ‌های یک گیاه، در مقایسه با مساحت سطح زمین.

Node: گره، ناحیه‌ای از ساقه می‌باشد که نسبت به میانگره‌ی مجاور کمی برآمده است. دسته‌های آوندی در گره به هم متصل هستند، اما در میان‌گره از یکدیگر جدا می‌باشند.

Ovule: تخمک، قسمتی از گیاه که پس از تلقیح در درون دانه توسعه می‌یابد.

---

1 *Glucosinolates*
2 aliphatic glucosinolates

Osmosis: اسمز، پخش آب به وسیله‌ی یک غشاء نیمه‌تراوا از یک محلول با غلظت کم از مواد حل‌شونده (پتانسیل بالای آب) به یک محلول از مواد حل‌شونده (پتانسیل پایین آب) با غلظت زیاد.

Pericarp : پوشش بیرونی دانه می‌باشد. ضخامت آن در میان هیبریدها متغیر است و باعث وجود تفاوت در آهنگ خشک شدن مزرعه می‌شود.

Plant physiology: فیزیولوژی گیاه، یک اصطلاح گیاه‌شناسی برای تعریف کارکردهای (فیزیولوژی) گیاهان می‌باشد.

Plumule: نقطه‌ی رشدی دانه که ساقه‌ی به‌وجودآورنده‌ی اولین برگ واقعی را ایجاد می‌کند.

Pollen: گرده، گامت‌های نر که در پرچم‌ها تولید می‌شوند.

Pollen tube: لوله‌ی گرده، یک لوله که یک مجرا برای انتقال سلول‌های اسپرم در دانه‌ی گرده از کلاله (گیرنده‌ی گرده) در نظر گرفته شود، به تخمک‌ها در پایه‌ی مادگی (اندام زایشی ماده).

Pollination: گرده‌افشانی، انتقال گرده از یک بساک (اندام زایشی نر) به یک کلاله (قسمت گیرنده، اندام زایشی ماده).

Primordia: پریموردیا، اندام‌ها در اولین مرحله‌ی رشد خود هستند.

Raceme: خوشه، گل‌ها بدون شاخه با غنچه‌های گل که توسط ساقه‌های کوتاهی به‌نام دمگل متصل می‌شوند. این عضو، یک شاخه‌ی گل در انتهای ساقه ایجاد می‌کند.

Radicle: ریشه‌چه، قسمتی از جنین گیاه که ریشه‌ی اولیه را به‌وجود می‌آورد.

Relative growth rate: سرعت رشد نسبی،میزان تجمع ماده‌ی خشک در واحد ماده‌ی خشک موجود.

Scutellum : یک ساختار پوششی شکل در یک دانه که قندهای محلول را از شکستن نشاسته در درون دانه جذب می‌کند.

Seed meal: کنجاله‌ی دانه، بخشی از دانه که پس از روغن‌کشی باقی می‌ماند و شامل پروتئین‌ها، کربوهیدارت‌ها، مواد معدنی و فیبر می‌باشد.

Secondary dormancy: خواب ثانویه، خواب ناشی از قرارگرفتن در معرض نوسانات گرما، شرایط رطوبتی پایین و یا اکسیژن کم می‌باشد.

Soil water potential: پتانسیل آب موجود درخاک، یک معیار از انرژی مورد نیاز برای حرکت آب در خاک می‌باشد.

Stamen: پرچم، ساختاری در یک گل که دانه‌های گرده را تولید می‌کند و شامل یک میله (رشته) و بساک می‌باشد.

Turgor: آماسیدگی یا تورژسانس، نیرویی که توسط آب موجود در سلول به دیواره‌ی بیرونی سلول وارد می‌شود.

Vernalisation: بهاره‌سازی، نیاز سرمایی که سبب می‌شود تا رشد رویشی به رشد زایشی تبدیل گردد.

Winter feed gap: دوره‌ی اوایل زمستان پیش از رشد مرتع، که نیازهای غذایی احشام را فراهم می سازد.