شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی (سهامی خاص)

ماهنامه اختصاصی مرکز توسعه دهندگان بذر شمال ایران (INSEC)

ویژه نامه کلزا

سال اول شماره ۲، آذر ۱۴۰۰

عنوان: ماهنامه اختصاصی مرکزتوسعه دهندگان بذر شمال ایران (INSEC)

شماره جاری: شماره ۲ آذر ۱٤۰۰ (ویژه نامه کلزا)

زبان: فارسی

صاحب امتیاز: شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

شماره مجوز۸۸٦۸۸

مدیر مسئول: علی زمان میرآبادی

سردبیر: میترا رمضانی

وب‌سایت: **www.takato.ir**

پست الکترونیک: **info@takato.ir**

تلفن پذیرش مقالات: **۰۱۱۳۳٤۳٤۹٦۸**

تلگرام: **@takatoservice**

اینستاگرام: **takato.genebank**

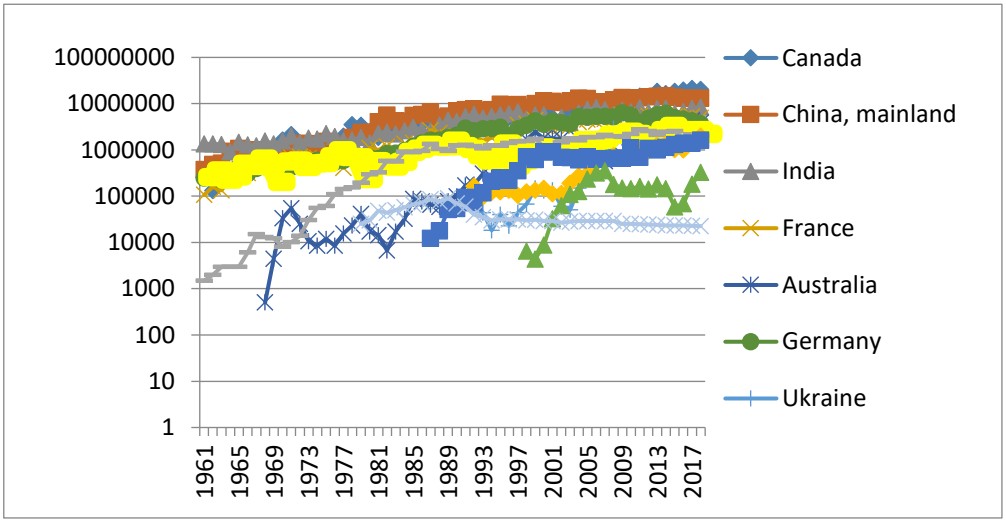
فهرست مطالب

بررسی وضعیت تولید دانه کلزا در ۵۷ سال گذشته ۳
اهمیت توجه به تولید بذر کلزا در ایران ۴
کانولا چیست ؟ ۵
۱۰ نکته در بهبود سبز شدن بذور در مزارع کلزا ۶
کاشت، داشت و برداشت کلزا ۷
اصول کاشت، داشت و برداشت کلزا ۸
اصول فنی کاشت، داشت و برداشت در زراعت کلزا در مناطق سردسیر (بخش اول) ۱۰
اصول فنی کاشت، داشت و برداشت در زراعت کلزا در مناطق سردسیر (بخش دوم) ۱۱
برخی از ویژگی‌های ارقام زراعی کلزا در ایران ۱۴
معرفی برخی شرکتهای تولید کننده بذر کلزا ۱۶
نگاهی نوین به فیزیولوژی و زراعت کلزا (قسمت اول) ۱۸
نگاهی نوین به فیزیولوژی و زراعت کلزا (قسمت دوم) ۱۹
نگاهی نوین به فیزیولوژی زراعت کلزا (قسمت سوم) ۲۱
نگاهی نوین به فیزیولوژی زراعت کلزا (قسمت چهارم) ۲۳
بهبود و اصلاح محصولات روغنی زراعی با استفاده از منابع ژنتیکی و گونه‌های خویشاوند (کلزا) ۲۵
نگاهی عمیق در تولید بذر هیبرید کلزا ۲۷
نیازمندی های کلی برای اصلاح هیبرید ۲۸
اصلاح هیبریدی و سیستم‌های نرعقیمی سیتوپلاسمی ۲۹
اهداف اصلاحی در دانه های روغنی جنس براسیکا ۳۱
اصلاح موتاسیونی در کلزا ۳۳
جهش زایی ۳۵
غربالگری و شناسایی موتانت ها در موتانزایی براسیکا ۳۷
جمعیت موتانت کلزا برای شناسایی تنوع ژنتیکی جدید با استفاده از TILLING و توالی‌یابی نسل بعدی (بخش اول) ۴۰
جمعیت موتانت کلزا برای شناسایی تراکم ژنتیکی جدید با استفاده از TILLING و توالی‌یابی نسل بعدی (بخش دوم) ۴۱
جریان ژن بین کلزا و گونه‌های وحشی ۴۲
عواقب جریان ژنی بین کلزا (*BRASSICA NAPUS*) و گونه‌های خویشاوند ۴۴
دورگ گیری بین کلزا و خویشاوندان وحشی ۴۵
ژنتیک مولکولی کاربردی در اصلاح گیاهان ۴۶
بیوتکنولوژی در براسیکا ۴۷
بیوتکنولوژی براسیکا: پیشرفت در بیولوژی سلولی و مولکولی(قسمت اول) ۴۹
بیوتکنولوژی براسیکا: پیشرفت در بیولوژی سلولی و مولکولی (قسمت دوم) ۵۱
بیوتکنولوژی براسیکا: پیشرفت در بیولوژی سلولی و مولکولی (قسمت سوم) ۵۳
بهبودهای حاصل در دانه‌های روغنی به کمک بیوتکنولوژی مدرن (گیاه کلزا-قسمت اول) ۵۶
بهبودهای حاصل در دانه‌های روغنی به کمک بیوتکنولوژی مدرن (گیاه کلزا-قسمت دوم) ۶۰

چالش‌های فراروی شناسایی ژن‌های مقاومت به عوامل بیماری‌زا در کلزا (بخش اول)..... ۶۴
چالش‌های فراروی شناسایی ژن‌های مقاومت به عوامل بیماری‌زا در کلزا (بخش دوم) ۶۵
چالش‌های فراروی شناسایی ژن‌های مقاومت به عوامل بیماری‌زا در کلزا (بخش سوم)..... ۷۰
چالش های فراروی شناسایی ژنهای مقاومت به عوامل بیماری زا در کلزا (بخش چهارم) ۷۲
چالش‌های فراروی شناسایی ژنهای مقاومت به عوامل بیماری زا در کلزا (بخش پنجم)..... ۷۴
چالش های فراروی شناسایی ژنهای مقاومت به عوامل بیماری زا در کلزا (بخش ششم) ۷۶
انتقال مقاومت به بیماری از *BRASSICA NIGRA* به کانولا و استفاده از تیپ جدید *B. NAPUS*..... ۷۸
پروتئین کلزا: فرصت‌های آینده و دستورالعمل‌ها(بخش اول)..... ۷۹
پروتئین کلزا/کانولا: فرصت‌های آینده و دستورالعمل‌ها(بخش دوم) ۸۱
خسارت آب و هوا به دانه کلزا و اهمیت آزمون وزن دانه طبق استاندارد استرالیا ۸۳
نتایج مقالات جدید کاربردی مربوط به گیاه دانه روغنی کلزا..... ۸۴
ویروس موزائیک شلغم TURNIP MOSAIC VIRUS..... ۸۸
پوسیدگی نرم باکتریایی BACTERIAL SOFT ROT ۸۹
ارائه برنامه مدیریت بیماری فوما در مزارع کلزا ۹۰
لکه برگی آلترناریایی (*ALTERNARIA* SPP.) ۹۱
پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه ۹۲
سفیدک پودری کلزا ۹۴
سوختگی آلترناریایی کلزا (*ALTERNARIA* BLIGHT) ۹۵
پوسیدگی سیاه چلیپائیان ۹۷
بیماری‌های کلزا ۹۹
کنترل آفات و بیماری های کلزا..... ۱۰۰
سوسک منداب (*ENTOMOSCELIS ADONIDIS*) ۱۰۱
مدیریت تلفیقی برخی آفات کلزا ۱۰۳
گل جالیز در کلزا..... ۱۰۴
معرفی علف‌کش کلوپیرالید (لونترل) ۱۰۶

بررسی وضعیت تولید دانه کلزا در ۵۷ سال گذشته

دانه کلزا به دلیل میزان درصد روغن و پروتئین خود، نقش مهمی در تامین روغن خوراکی و همچنین کنجاله ایفا می‌کند. بررسی سوابق تولید این زراعت درفاصله سالهای ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۸ در جهان نشان می دهد(جدول ۱)، همواره تولید این محصول در جهان رو به افزایش بوده به طوریکه میزان تولید کلزا از حدود ۳/۵ میلیون تن در سال ۱۹۶۱ به ۷۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ رسیده است. برخی کشورها سهم بیشتری در این میزان تولید داشته که بر اساس مجموع میانگین تولید آنها در جدول ۱ اسامی ۱۲ کشور برتر تولید کننده این دانه روغنی در مقایسه با میزان سهم کشورمان ایران آورده شده است. با توجه به تفاوت فاحش میزان تولید کشورها و از طرفی به منظور نمایش روشن تر میزان تغییرات سالانه تولید در هر کشور، میزان تولید کشور ها بر اساس داده‌های لگاریتمی بر مبنای ۱۰ آورده شده است. بر اساس داده‌های موجود، سه کشور برتر تولید کننده کلزا در سال ۲۰۱۸ شامل کانادا، چین و هند به ترتیب با میزان تولید ۲۰/۳، ۱۳/۳ و ۸/۴ میلیون تن بوده‌اند. نگاهی به میزان سهم ایران در تولید و توسعه کشت کلزا نشان می دهد، سال ۲۰۰۷ (۱۳۸۶) طلایی ترین سال تولید کلزا در کشور به میزان ۳۵۶۸۹۰ تن بوده است. زمانیکه ایران در آن مقطع جایگاه ۱۶ جهان را به خود اختصاص داده و حال انکه بر اساس داده‌های منتشر شده، بعد از ۱۲ سال یعنی در سال ۲۰۱۸ (۱۳۹۷) ایران با سهم تولید ۳۲۹۸۴۳ در جایگاه ۲۲ جهان قرار گرفته است. هرچند در سال ۲۰۱۹ بر اساس مستندات غیر رسمی این میزان نیز بیشتر شده است. در آسیب شناسی‌های انجام گرفته در خصوص عدم کسب موفقیت چشمگیر در میزان تولید حداکثری دانه کلزا در کشور، عموم صاحبنظران متعقدند در طول بیش از یک دهه اخیر دولتمردان نه تنها حمایت‌های زیربنایی موثر و قابل توجهی از بخش خصوصی ننموده بلکه با مجموعه تصمیمات خود در سطح کلان کشور باعث از هم‌پاشیدگی فعالیتهای بخش خصوصی که می‌توانسته به عنوان بازوی اجرایی و توانمند در زمینه تولید دانه روغنی فعالیت موثری داشته باشد، شده است. امید است در دولت و مجلس جدید و استفاده از نیروهای جوان، دلسوز و کارآمد، به نحوی راهکاری مناسب در استفاده از ظرفیت‌های داخلی در کشور با اولویت بخش خصوصی تصمیم‌گیری و توسط مجریان کاردان و دلسوز دولتی عملیاتی گردد. مطمئنا با برنامه ریزی صحیح و توجه به داشته های داخلی کشور می توان در موضوع تولید حداکثری دانه‌های روغنی از جمله کلزا در جهت خودکفایی کشور گامهای اساسی برداشت.



اهمیت توجه به تولید بذر کلزا در ایران

بر اساس آمار گمرک، در دوازده ماهه سال ۱۳۹۷ در حدود ۶۰۰ تن بذر کلزا از کشورهای فرانسه، اسپانیا، آلمان، صربستان و امارت متحده (مربوط به سایر کشورهای تولید کننده) به ارزش بیش از ۳۰۰ میلیارد تومان وارد کشور شده

است. در صورتیکه میزان مصرف بذر کلزا در هکتار را شش کیلوگرم در نظر بگیریم و سطح زیر کشت کلزا را در سال مذکور حدود ۲۰۰ هزار هکتار فرض نمائیم، می‌توان نتیجه گرفت به طور تقریبی بذور کلزا وارداتی در سال مذکور تامین کننده نیاز نصف سطوح کشت کلزا در کشور بوده است.

با توجه به برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی مبنی بر توسعه دانه‌های روغنی از جمله کلزا به نظر می‌آید در صورتیکه به واردات بذر کلزا بر اساس میزان سطح در نظر گرفته شده طبق برنامه‌های توسعه‌ایی این وزارتخانه عمل گردد، مطمئنا به مقادیر بیشتری از بذور وارداتی در کشور نیاز است و اگر قرار باشد این میزان کسری از محل واردات تامین گردد، با توجه به ضرورت صرفه‌جویی در هزینه‌های ارزی و سایر مشکلات اقتصادی، به نظر می‌آید دولت محترم با مشکلات عدیده‌ایی روبرو خواهد شد. لذا پیشنهاد می‌گردد مدیران و مسئولین دلسوز کشور بیش از پیش به مقوله تولید بذر محصولات مختلف از جمله تولید بذر کلزا در کشور اهمیت دهند و در این موضوع از شرکت‌های تولید کننده و خصوصی حمایت بیشتری نمایند. علی‌رغم اینکه پروسه‌های تولید بذر در کشور عموما به دلیل زمانبر بودن و ریسک‌های بالای تولید با مشکلات متعددی روبرو بوده، با این وجود به جز شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی (به عنوان اولین و تنها شرکت خصوصی تولید بذر دانه های روغنی در کشور)، تقریبا هیچ شرکت دیگری در راستای تامین نیاز داخلی کشور به طور تخصصی گام ننهاده است و این شرکت نیز علی‌رغم مشکلات متعدد خود و عدم برخورداری از حمایتهای شایسته از جانب مسئولین ناظر بر رخدادهای جاری در عرصه تولید بذر، همچنان به مسیر حرکت خود ادامه خواهد داد و امید است با تلاشهای انجام شده و شرایط کنونی کشور در موضوع ضرورت خودکفایی به تامین نیازهای بذری، در آینده‌ای نزدیک شاهد اتفاقات خوبی در این عرصه باشیم.

کانولا چیست ؟

کلزا طی سه دهه گذشته به یک زراعت جهانی تبدیل شده است، تا جایی که رتبه دوم در تامین روغن و کنجاله پس از سویا و رتبه سوم در تامین روغن نباتی پس از سویا و پالم را به خود اختصاص داده است. این پیشرفت سریع در تبدیل این گیاه به یک محصول زراعی در سایه اصلاح نباتات بوجود آمده است.

در بیشتر گونه های جنس براسیکا و ارقام اولیه کلزا به طور طبیعی مقادیر قابل توجهی اسید اروسیک (C22:1) وجود دارد که وجود آن در روغن کلزا به آن مزه ای تلخ داده و مصرف زیاد آن برای قلب مضر است. این محدودیت جدی در روغن کلزا تنها با توسعه واریته های یک صفر در دهه ۱۹۷۰ برطرف گردید (استفانسن، ۱۹۸۳، داونی و روبلین ۱۹۸۹ و داونی ۱۹۹۰).

شناسایی ارقام جهش یافته با تغییر ترکیب اسید های چرب تشکیل دهنده روغن که منجر به معرفی اولین کلزای یک صفر گردید، در سایه پیشرفت های آن زمان خصوصا استفاده از تکنیک کروماتوگرافی گازی صورت گرفت. در اوایل دهه ۱۹۷۰، اولین واریته فاقد اسید اروسیک کلزا از واریته بهاره آلمانی به نام لیو که یک جهش یافته طبیعی بود آزاد شد. اما هنوز وجود مقادیر زیاد گلوکوزینولات، کنجاله این دانه روغنی را برای دام های تک معده ای نامناسب می نمود تا این که با انتقال ژن های موثر بر میزان گلوکوزینولات از یک واریته بهاره لهستانی به نام برونوویسکی و با استفاده از روش اصلاحی بک کراس، اولین واریته بهاره دو صفر با مقدار اندک اسید اروسیک در روغن و گلوکوزینولات در کنجاله به نام تاور آزاد شد و این شروعی برای تبدیل شدن کلزا به یکی از مهمترین زراعت های روغنی بود. از آن زمان، نام تجاری کانولا (Canola) براي انواع کلزا های تولید شده کانادایي به کار برده شد که حروف Can بر گرفته از نام کشور کانادا و ola به معنای روغن بود (**Canola = Canada's oil**).

منبع:

Chittaranjan Kole. Genome mapping and molecular breeding in plants. Volume 2: Oilseeds. 2007. Springer.

۱۰ نکته در بهبود سبز شدن بذور در مزارع کلزا

پس از برداشت کلزا فقط حدود ۵۰ تا ٦۰ درصد بذرهای کلزا قادر به سبز شدن هستند اما با رعایت نکات زیر، کشاورزان کلزاکار می‌توانند این میزان از سبز شدن را افزایش دهند:

۱. **کاشت بذر در عمق کم:** کاشت در شیاری به عمق نیم تا دو و نیم سانتی‌متر که باعث کاهش انرژی مصرفی بذر برای سبز شدن و تسریع در ظهور گیاهچه می‌شود توصیه می شود.

۲. **کاشت در عمق ثابت:** عمق ثابت برای بذور به طور میانگین دو و نیم سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود اگرچه می‌تواند بین صفر تا حدود پنج سانتی‌متر متغییر باشد اما عمق ثابت، در ظهور گیاهچه‌های یکنواخت و مزرعه ای یک دست بسیار موثر است.

۳. **مدیریت سرعت کارنده:** در سرعت‌های بالای کارنده امکان هدایت خاک‌های بیشتر بر روی بذور و نهایتا کندی رشد آن وجود دارد که این موضوع ممکن است باعث بدسبزی گردد.

٤. **محدودیت میزان استفاده از کود در بستر بذر:** قراردادن کودها در بستر بذر می‌بایست از یک استاندارد مناسب برخوردار باشد، به عنوان مثال برای یک هکتار به طور متوسط، در زمان کاشت نیاز به تیمار بیشتر از حدود ۲۵ کیلوگرم فسفات نیست، اگرچه در خاکهای مرطوب این میزان می‌تواند افزایش یابد.

۵. **نفوذ مناسب:** استفاده مناسب از کارنده‌ها برای ایجاد شیار به منظور نفوذ و ورود بذر داخل شیار خاک، در ایجاد بستر مناسب و سبز شدن بذور کلزا بسیار موثر است.

٦. **اجتناب از بستر نامناسب:** برخی اوقات شیار بازکن‌هایی که خاک را برای قراردادن کود در زیر بستر بذر می‌شکافند ممکن است رطوبت مورد نیاز بذر کلزا را به طور مناسب تامین نکند بنابراین در ایجاد این نوع از بسترهای ترکیبی برای استفاده از مکان جانمایی کود و بذر، به تامین میزان رطوبت مورد نیاز خاک می‌بایست دقت نمود.

۷. **ایجاد فشردگی مناسب خاک:** در شرایط رطوبتی از فشار وارده بر خاک باید کاست و در عوض در شرایط خشکی فشردگی را برای حفظ حداکثری رطوبت جهت اطمینان از تماس کافی بذر با خاک می بایست افزایش داد.

۸. **کاشت در شرایط دمایی گرم‌تر خاک**: دماهای حداقل پنج درجه سانتی‌گراد خاک و بیشتر نقش مهمی در سرعت جوانه زنی بذر کلزا و ماندگاری بیشترتیمارهای حشره‌کش بر علیه کک‌های نباتی خواهد داشت.

۹. **رعایت تناوب محصول:** عدم تناوب محصول می‌تواند خطر آلودگی بذور و گیاهچه را به آفات و بیماری‌های قارچی افزایش دهد. بنابراین تناوب نقش مهمی در حفظ پایداری محیط زیست و کاهش هزینه مدیریت آفات و بیماری ها خواهد شد.

۱۰. **توجه به اندازه بذر:** توجه به اندازه بذر بر روی میزان جوانه زنی، سبز شدن، عملکرد و وزن هزار دانه گیاهان بسیار موثر است. اندازه بزرگ بذور یک رابطه مثبت با جوانه زنی سریع گیاهان و وزن هزار دانه دارد.

کاشت، داشت و برداشت کلزا

<table>
<tr><td></td><td colspan="5">کاشت، داشت و برداشت کلزا(Brassica napus)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">مرحله آماده سازی و کاشت</td><td>خاک:
بافت مناسب و زهکش خوب، شخم مناسب نیاز دارد بطوری که خاک آن کاملا مناسب کشت باشد (به دلیل ریز بودن بذر)
رطوبت سطحی خاک در زمان کاشت، عدم فشردگی خاک، عدم سله و غرقاب بودن مزرعه از عوامل مهم در رشد و نمو مزرعه کلزا می باشد.
pH مناسب برای کلزا ۶ تا ۷ می باشد و در کمتر از ۵/۵ عملکرد به طور چشمگیری کاهش می یابد</td><td>تناوب کشت:
توجه به رعایت تناوب کشت به خصوص تناوب با گیاهانی همچون ذرت، پنبه، سویا، آفتابگردان و ... به دلیل وجود برخی بیماری‌های مشترک (با گندم، یولاف و جو بیماری مشترک ندارد).</td><td>میزان بذر مورد نیاز:
۷-۵ کیلوگرم در هکتار.
عمق کاشت: ۲/۵-۱/۵ سانتی متر با فاصله ردیف ۳۵-۱۵ سانتی متر و فاصله روی خط ۵ سانتی متر</td><td colspan="2">ارقام مناطق سرد: اکاپی (پرمحصول و پایداری عملکرد)، هایولا ۰۴۶ (پرمحصول و مقاوم به خشکی)، اوپرا (متوسط رس، پرمحصول، رشد اولیه سریع)، لیکورد(پرمحصول، پایداری عملکرد)، زرفام (پرمحصول، متوسط رس) و احمدی (پرمحصول، پایداری عملکرد) ، نیما و نفیس
ارقام مناطق گرم: هایولا ۴۰۱ (پرمحصول، پایداری عملکرد و مقاوم به ورس)، هایولا ۴۲۰ (نسبتا پرمحصول و متوسط رس)، هایولا ۳۰۸ (پرمحصول، زودرس)، RGS003 (پرمحصول، متوسط رس)، ، مهتاب (زودرس و عملکرد متوسط) ،زمان (متوسط رس و مقاوم به یکی از نژادهای فوما)، هایولا ۵۰، هایولا ۴۸۱۵، آر جی اس.
رقم مناطق میانبند مازندران: ظفر (پرمحصول و تراکم خورجین در ساقه اصلی)</td></tr>
<tr><td>عمل کولتیواتور در مرحله دو برگی جهت کنترل علف های هرز و ایجاد تهویه لازم است.</td><td colspan="2">مقدار کودهای مورد نیاز خاک: با توجه به وضعیت پتانسیل عملکردی گیاه در هر منطقه تعیین می‌شود ولی به طور کلی ۲۰۰-۱۰۰ کیلوگرم ازت (یک/سوم در زمان کاشت ، یک/سوم در شروع ساقه رفتن و یک/سوم در زمان تشکیل غنچه‌های گل).
کود فسفر و پتاسه با توجه با آزمایش خاک در پاییز قبل و یا در هنگام کاشت در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده می‌شود.
کود گوگرد نیز با توجه به تقاضای زیاد کلزا برای جذب آن و با توجه به آزمایش خاک حدود ۵۶کیلوگرم در هکتار نیاز است.</td><td>تعداد دفعات آبیاری با توجه به شرایط محیطی منطقه تعیین می‌شود. ۵ مرحله حساس در این گیاه شامل: جوانه زنی، سبز شدن گیاهچه، ساقه-رفتن،گلدهی، غلاف بستن، پر شدن دانه می-باشد.</td><td>روش‌های زراعی مدیریت مزرعه : کشت بذور سالم، رعایت عمق، فاصله و تاریخ کشت، ادوات مناسب در مدیریت علف‌های هرز مناسب است. استفاده از تناوب زراعی مناسب با کلزا از بهترین روش‌ها است.</td></tr>
<tr><td>مرحله برداشت</td><td>زمانی که ۹۰-۸۰ درصد غلاف‌های ساقه اصلی به رنگ قهوه‌ای تیره یا مشکی درآمده باشند صورت می‌گیرد تنظیم کمباین و سرعت مناسب حرکت (۳-۱/۵ کیلومتر در ساعت) ضروری است.</td><td>در زمان برداشت باید رطوبت بذور ۱۲-۱۰ درصد باشد. برداشت زودهنگام باعث کاهش میزان روغن و وجود بذر سبز در محصول می‌شود.</td><td>برداشت: با استفاده از کمباین و یا دست صورت (در موارد لازم) می‌گیرد. استفاده از مواد شیمیایی نیز گاهی اوقات برای سرعت بخشیدن به خشک کردن می‌تواند به کار رود اما هزینه‌بر است.</td><td colspan="2">انبار کردن: در زمان انبار داری، بذر باید حدود ۹-۸ درصد رطوبت داشته باشد. در درجه حرارت کمتر از ۱۰ درجه و به ازای کاهش هر ۱ درصد از رطوبت بذر، طول عمر بذر برای نگهداری ۲ برابر می‌شود.</td></tr>
</table>

اصول کاشت، داشت و برداشت کلزا

تهيه زمين

بستر كاشت در زراعت كلزا بايد به گونه‌اي باشد كه باعث جوانه‌زني و استقرار سريع گياه و ايجاد سبز مناسب و مهيا شدن شرايط لازم براي رقابت بهتر با علف‌هاي هرز احتمالي گردد. آماده‌سازي زمين و تهيه بستر مناسب يكي از شرايط اصلي موفقيت زراعت كلزا مي‌باشد. از آنجايي كه بذر كلزا ريز است، تهيه بستر بذر مناسب جهت ايجاد سبز يكنواخت و تراكم بوته كافي از اقدامات اوليه براي دست‌يابي به عملكرد بالا ضروري می‌باشد.

شخم و ديسك

در صورت هيرم‌كاري و پس از گاورو شدن زمين، بايستي آن را شخم عميق زد چون ريشه كلزا در اعماق خاك نفوذ مي‌كند. به‌منظور خرد نمودن بقاياي محصول قبلي و اختلاط كود با خاك و خرد نمودن كلوخه‌ها بايستي زمين را ديسك زده و ماله‌كشي نمود چون مبارزه با علف‌هاي هرز با استفاده از سموم خاك كاربرد در زميني كه كلوخه داشته باشد به درستي انجام نمي‌گيرد.

نکته: آماده‌سازي زمين بايد به‌صورتي باشد كه زمين عاري از كلوخه‌هاي بزرگ باشد و از طرفي خاك نبايد خيلي زياد پودر شود چون در چنين خاك‌هايي بعد از آبياري اول زمين سله بسته و بيرون آمدن لپه‌هاي كلزا را از خاك با مانع مواجه مي‌كند و مزرعه را دچار بد سبزي مي‌كند.

ماله‌كشي و تسطيح ماله‌كشي

تسطيح زمين در زراعت كلزا از اهميت فوق‌العاده‌اي برخوردار است. انجام آن بعد از پايان عمليات تهيه زمين و قبل از بذركاري ضروري خواهد بود چون اگر زمين كاملاً مسطح نباشد و پستي و بلندي داشته باشد:

۱- عمليات كاشت در سطوح ناصاف باعث عدم رعايت عمق كاشت شده و اين مسئله باعث تفاوت و غيرهمزماني در رويش و سبز شدن بذر شده و ممكن است بعضي از بذور به‌طوركلي سبز نگردد كه باعث غيريكنواختي در سبز مزرعه و خالي شدن بعضي از نقاط مزرعه و غلبه علف‌هاي هرز مي‌شود.

۲- در صورت عدم تسطيح زمين مزرعه بخوبي آبياري نشده و در نقطه‌اي از مزرعه آب تجمع يافته و در نقطه‌اي ديگر آب كافي به بذور نمي‌رسد كه باعث غير همزماني در جوانه‌زني و سبز شدن بذر و ايجاد مانداب در سطح مزرعه شده كه با توجه به حساسيت كلزا به مانداب ، آثار منفي اين كار به صورت غيريكنواختي در رسيدن و نهايتاً كاهش عملكرد نمايان مي‌گردد.

آبياري پيش از كاشت (هيرم‌كاري) از اهميت خيلي‌زيادي برخوردار است. پس از جمع‌آوري و خارج نمودن بقاياي محصول سال قبل، زمين مورد نظر بايستي آبياري گردد كه از اين اقدام چند منظور مهم تأمين مي‌گردد:

۱- عمليات تهيه بستر بذر به آساني صورت خواهد گرفت و سبب سهولت كاربرد و افزايش كارايي ماشين‌آلات مي‌گردد.

۲- بذور باقيمانده زراعت سال قبل و بذور علف‌هاي هرز جوانه‌زده و در هنگام تهيه زمين از بين مي‌روند.

۳- سمپاشي با علفكش ترفلان جهت تكميل مبارزه با علف‌هاي هرز در خاك مرطوب مؤثرتر واقع مي‌گردد.

۴- گياه كلزا در يك زمين عاري از علف هرز و بستري نرم و مرطوب و بدون كلوخه، بدون هيچ‌گونه رقابتي با علف‌هاي هرز به سرعت جوانه‌زده، رشد نموده و به روزت مي‌رسد.

۵- كشت بذر در زمين مرطوب باعث ايجاد سبز يكنواخت شده و آبياري اول براحتي و بسرعت صورت مي‌گيرد.

تاریخ کاشت

کلزا گياهي است که نسبت به تاريخ کاشت حساسيت خاصي دارد، از اين رو لازم است قبل از شروع سرما به مرحله‌اي از رشد برسد که بيشترين مقاومت به سرما و يخبندان را از خود نشان دهد. اين مرحله از رشد کلزا مرحله روزت مي‌باشد که قطر طوقه گياه حدود ۰/۸ تا ۱ سانتي متر بوده و گياه هشت برگ کامل، چرمي و ضخيم دارد. زمان لازم براي رسيدن کلزا به روزت حدود هشت هفته مي‌باشد. با احتساب شروع سرماي پاييزه از اواخر آبان در مناطق سرد، بايستي کلزا در اين مناطق از اواخر شهريور و در مناطق گرم در نيمه آبان و همراه با شروع بارندگي‌هاي پاييزه کشت و آبياري شود. در صورتيکه در مناطق سرد و معتدل سرد، کلزا به موقع کشت شود، با استفاده از دماي بالاي اواخر شهريور و مهرماه رشد نموده و با افزايش تعداد برگ و رسيدن به شاخص سطح برگ مناسب و پوشاندن بين رديف‌هاي کاشت ضمن جلوگيري از رشد علف‌هاي هرز، طوقه گياه هم قطورتر شده و سيستم ريشه توسعه پيدا کرده و سرماي زمستان را به راحتي پشت سر مي‌گذارد. در صورتيکه کاشت ديرتر از تاريخ مناسب انجام گيرد، بوته‌هاي سبز شده فرصت کافي براي رشد در طي دوره قبل از يخبندان را نخواهند داشت و رشد کم بوته‌ها باعث کاهش مقاومت به سرما و افزايش احتمال خسارت سرما به مزرعه درطي اين دوره مي‌شود و در صورت زنده ماندن بوته‌ها نيز، عملکرد محصول به شدت افت مي‌کند.

منابع:

۱. آلياري، ه.، ف. شکاري و ف. شکاري. ۱۳۷۹. دانه‌هاي روغني، زراعت و فيزيولوژي. انتشارات عميدي.
۲. احمدي، م.ح. ۱۳۷۸. کيفيت و کاربرد دانه‌هاي روغني. ۱۳۷۸. نشر آموزش کشاورزي.
۳. اسدي، م.ا. و ا. فرجي. ۱۳۸۸. مباني کاربردي زراعت دانه‌هاي روغني. نشر علم کشاورزي ايران.

4. Euralis Semences Company. 2014. WOSR training in Iran.
5. Gunstone, F. D. 2004. Rapeseed and canola oil. CRS Press.
6. Pouzet, A. 1995. Agronomy. In: *Brassica* oilseed: Production and utilization. D. S Kimber and D. I. Mcgregor (eds), CAB International. PP 65-92.

اصول فنی کاشت، داشت و برداشت در زراعت کلزا در مناطق سردسیر (بخش اول)

اهمیت

زراعت دانه‌هاي روغني در جهان با توجه به افزايش جمعيت، توسعه شهرنشيني و بالارفتن مصرف سرانه روغن نباتي توسعه چشمگيري داشته است و كشورهاي اروپايي، كانادا و استراليا با پرداخت يارانه‌هاي هنگفت به كشاورزان مي‌كوشند تا بازارهاي جهاني را تسخير كنند. در ايران نيز افزايش جمعيت، افزايش مصرف سرانه روغن و تغيير ذائقه مردم، زمينه وابستگي شديد كشور به واردات روغن را فراهم آورده است. استخراج روغن از منابع گياهي به روش صنعتي با نصب و راه‌اندازي كارخانه روغن‌كشي ورامين در سال ۱۳۱۷ شروع شد. به‌طوركلي تا سال ۱۳۴۵ توليد و واردات روغن‌هاي گياهي در سطح پاييني قرار داشت و نياز روغن كشور از پنبه‌دانه و بويژه از روغن‌هاي حيواني تأمين مي‌شد. درسال ۱۳۴۶ توليد روغن نباتي فقط ۲۸ هزار تن بود و در عين حال با واردات ۸۰ هزار تن روغن گياهي به‌علاوه استفاده از روغن‌هاي حيواني نيازهاي كشور تأمين مي‌گرديد. بعد از سال ۱۳۴۶ مصرف روغن به‌يكباره سير صعودي پيدا كرد به‌طوري كه در سال ۱۳۶۶ توليد روغن‌هاي گياهي فقط ۳۲ هزار تن بود در حالي كه واردات آن به ۵۱۲ هزار تن مي‌رسيد.

در حال حاضر حدود ۹۰ درصد روغن خوراكي مصرفي كشور با صرف هزينه‌هاي هنگفت و با واردات روغن خام و يا دانه‌هاي روغني از خارج تأمين مي‌گردد. با توجه به وابستگي شديد كشور به واردات دانه‌هاي روغني و عواقب سياسي اقتصادي آن، توسعه كشت دانه‌هاي روغني در برنامه‌هاي كلان كشور از اهميت ويژه‌اي برخوردار می‌باشد. در بين دانه‌هاي روغني، كلزا به عنوان سومين گياه عمده روغني جهان پس از سويا و نخل روغني به‌دليل ويژگي‌هاي خاص آن مانند سازگاري آن با شرايط مختلف آب و هوايي، ارزش تناوبي بالا، كنترل علف‌هاي هرز، داشتن تيپ بهاره و پاييزه، عملكرد قابل توجه روغن در واحد سطح و ساير مزاياي ديگر به عنوان نقطه اميدي جهت تأمين روغن خوراكي مورد نياز كشور به شمار مي‌آيد.

اصول فنی کاشت، داشت و برداشت در زراعت کلزا در مناطق سردسیر (بخش دوم)

تفاوت زيادي بين ارقام سازگار با مناطق سرد و معتدل سرد وجود ندارد. در سالیان اخیر بیشترین سطح زیرکشت در مناطق سرد و معتدل سرد مربوط به دو رقم كلزاي زمستانه با نام‌هاي اوكاپي (Okapi) و اپرا (Opera) بوده است. دیگر ارقامی شامل ارقام طلایه، Licord و SLM046 نیز بوده اند که این ارقام از رده خارج شده اند که سازگاری مناسبی با مناطق سرد و معتدل داشتند. براي برخي مناطق معتدل همانند حميل در استان كرمانشاه كه از ميانگين دماي بالاتري برخوردار است پيشنهاد مي‌شود از ارقام بينابين مانند زرفام استفاده شود. در دو سال اخیر علاوه‌بر دو رقم فوق، برخي هيبريدهاي فرانسوي همانند نپتون (Neptune)، الويس (Elvis)، دانوب (Danube) و رقم آزاد گرده‌افشان مجارستانيGK Gabriella (این رقم ثبت نشده است) نيز در مناطق سرد و معتدل كشت شده است.

روش کاشت و میزان بذر مصرفی

در سال‌هاي ابتدايي شروع طرح توسعه كشت دانه‌هاي روغني در استان‌های سرد كشور توصيه برکشت كلزا با فواصل رديف ۶۰-۵۰ سانتي‌متر بود اما نتايج آزمايشات نشان داده است كه نزديك كردن فواصل رديف‌ها به هم باعث كنترل علف‌های‌هرز و نهايتا افزايش عملكرد دانه مي‌شود. بنابراين براي كاشت كلزا می‌توان از بذركارهاي غلات بدون بستن لوله‌هاي سقوط بذر و مشابه گندم استفاده نمود. كلزا در دامنه وسيعي از تراكم بوته سازگاري دارد اما تراكم مناسب حدود ۶۰ تا ۸۰ بوته در مترمربع می‌باشد. تراكم پايين بوته در مزرعه باعث ايجاد پوشش تنك و افزايش تراكم علف‌هاي‌هرز در مزرعه می‌شود. تراكم پايين بوته همچنين باعث ايجاد ساقه‌هاي قطور در كلزا شده و در هنگام برداشت و با برخورد هد كمباين به اين ساقه‌ها سبب ريزش شديد دانه می‌شود. توصيه كلي براي مصرف بذر كلزا در هكتار شش تا هشت كيلوگرم می‌باشد. البته اين ميزان در اراضی كه بستر بذر به خوبی آماده نشده باشد و يا شرايط مناسب آبياری اول و دوم فراهم نباشد می‌تواند به هشت تا ده كيلوگرم در هكتار افزايش يابد. ازطرفی مصرف بالاتر از ۱۲ كيلوگرم در هكتار باعث تراكم زياد، افزايش خوابيدگی بوته‌ها، حساسيت به سرما و همچنين تشديد بيماری‌ها در كلزا می‌گردد. تراكم‌هاي بسيار زياد نه تنها باعث هدر رفت نهاده‌ها مي‌شود، بلكه باعث حساسيت به خوابيدگي و بيماري‌ها مي‌شود. ازطرفي در تراكم‌هاي بسيار پايين ساقه‌ها ضخيم‌تر شده و در نتيجه در زمان برداشت با برخورد به هد برداشت كمباين باعث افزايش ريزش دانه‌ها مي‌شود.

عمق كاشت

باتوجه به اينكه بذر كلزا ريز بوده وداراي ذخاير انرژي كمي می‌باشد و همچنين از نظر جوانه‌زني و سبزكردن اپيژل بوده و محور زير لپه (هيپوكوتيل) طويل شده و باعث خروج لپه‌ها از خاك مي‌شود، درصورتي كه بذر آن عميق كشت شود، در مقابل مقاومت مكانيكي خاك متوقف شده و ذخاير انرژي خود را از دست می‌دهد و سبز نمي‌شود، لذا بايستي عمق كاشت آن دقيقاً رعايت شود. عمق كاشت مناسب براي كلزا ۳-۱ سانتی‌متر می‌باشد. تأكيد مي‌گردد كه عمق كاشت مناسب يكي از عوامل بسيار مؤثر در ايجاد سطح سبز مزرعه كلزا است.

كودهاي مورد نياز و چگونگي مصرف آن‌ها

تأمين نيازهاي غذايي كلزا يكي از عوامل مهم در افزايش توليد دانه اين محصول می‌باشد. مقايسه با بسياري از گياهان دانه‌ای، كلزا نياز بيشتري به مواد غذايي براي دستيابي به عملكردهاي بالا دارد به نحوي كه در مقايسه با گندم، حداقل 25 درصد نيتروژن، فسفر و پتاسيم بيشتر و بيش‌از دو برابر نسبت به گندم، گوگرد بيشتري نياز دارد.

ازت

توصيه كلي مصرف كود ازته براي توليد سه تن كلزا حدود ۲۰۰-۱۸۰ كيلوگرم در هكتار (معادل ۴۰۰-۳۵۰ كيلوگرم كود اوره) می‌باشد .تقسيط كود ازته با توجه به مرحله رشدي كلزا باعث افزايش بهره‌وري استفاده از كود و كاهش هدررفت كود مي‌شود. به‌طوركلي توصيه مي‌شود كه كودهاي ازته در سه نوبت پايه(زمان كاشت)، ابتداي ساقه رفتن و قبل از گلدهي مصرف شود.

نكته ۱: براي كاهش هدرروي كود مي‌توان كود ازته را پس از آبياري اول و همراه با آبياري دوم و يا سوم مصرف نمود.

نکته ۲: منابع متفاوتي براي كود ازته وجود دارد هرچند كه بيشترين منبع مورد استفاده اوره مي‌باشد اما منابع ديگر مثل سولفات آمونيوم و نيترات آمونيوم نيز مي‌تواند مورد استفاده قرار گيرد.

نکته ۳: درصورتي كه آزمون خاك انجام گرفته باشد، توصيه مي‌شود مقدار كود اوره موردنياز كلزا براساس عملكرد موردانتظار، اقليم و ميزان كربن‌آلي بر اساس آناليز خاک استفاده شود.

فسفر

از آنجا كه كلزا نياز بالايي به فسفر دارد، رشد گياه در خاك‌هاي با فسفر كم مناسب نمی‌باشد. كلزا در مراحل اوليه رشد به سرعت اين عنصر را جذب كرده و تا هشت هفته اين جذب ادامه دارد. بنابراين كود فسفره بايد هم‌زمان با كاشت مصرف شود. منابع مورداستفاده فسفر شامل كودهاي سوپرفسفات‌تريپل، دي‌آمونيوم‌فسفات و مونوآمونيوم‌فسفات مي‌باشد به‌طوركلي براي توليد سه تن دانه كلزا حدود ۱۵۰-۲۰۰ كيلوگرم فسفات‌دي‌آمونيوم يا سوپرفسفات در هكتار نياز مي‌باشد اما توصيه می‌شود، كود فسفر برمبناي آزمون خاك استفاده گردد.

گوگرد

گوگرد يكی‌ديگر از عناصر موردنياز كلزا بوده كه براي رشد كافي و مناسب كلزا ضروري است. هر تن كلزا چهار تا پنج برابر گندم، گوگرد از خاك خارج مي‌كند. مقدار كافي گوگرد به شكل سولفات سبب افزايش گل، تعداد غلاف و عملكرد دانه مي‌شود. در خاك‌هايي كه كمبود گوگرد وجود دارد مصرف ۵۰ كيلوگرم گوگرد در هكتار باعث افزايش معني‌دار محصول مي‌شود. بهتر است فرم قابل دسترس گوگرد مانند سولفات‌آمونيوم استفاده شود.

منابع:

۱. ملكوتي، م. و سپهر، ا. ۱۳۸۲. تغذيه بهينه دانه‌هاي روغني گامي موثر در نيل به خودكفايي روغن درکشور. انتشارات خانيران.

۲. احمدي، م. ح. ۱۳۸۷. كيفيت و كاربرد دانه‌هاي روغني. ۱۳۷۸. نشر آموزش كشاورزي.

۳. رحماني، ه.، ميرزاپور، م .، افضلي، ه .، طهراني، م. و غيبي، ن. ۱۳۹۳. دستورالعمل مديريت تلفيقي حاصلخيزي خاك و تغذيه كلزا. موسسه تحقيقات خاك و آب كشور.

4. Pluske, W.M. and Osborne, L. D. 2001. Symptoms NutritionDeficiencies.Wesfarmers CSBP, Kwinana.
5. Pouzet, A. 1995. Agronomy. In: Brassica oilseed: Production and utilization. D. S Kimber and D. I. Mcgregor (eds), CAB International. PP 65-92.

برخی از ویژگی‌های ارقام زراعی کلزا در ایران

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی جهت تأمین روغن نباتی است که دانه آن حاوی ۴۵-۴۰ درصد روغن و ۳۵-۲۵ درصد پروتئین می‌باشد. در جدول ذیل به معرفی و برخی ویژگی های برخی از ارقام کلزا اشاره شده است.

نام رقم	منطقه	مالک رقم	سال معرفی	عملکرد تقریبی دانه (تن در هکتار)	نوع گرده‌افشانی	تیپ	طول دوره رشد (روز)	درصد روغن دانه	خصوصیات
Sarigol (PF)	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	SPII	۱۳۷۸	۲/۵	آزاد گرده افشان	بینابین	۱۷۵-۲۲۰	۳۹/۵	متوسط رس، پایداری نسبی عملکرد، مناسب برای مناطق معتدل گرم و اراضی شالیزاری، نسبتاً متحمل به بیماری اسکلروتینیایی ساقه و متحمل به خوابیدگی
Hyola 308	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	Pacific Seeds	۱۳۷۸	۲/۷	هیبرید	بهاره	۱۵۰-۱۸۰	۴۳-۴۶	زودرسی ، مناسب کشت دوم در اراضی شالیزار
مهتاب	استان مازندران و گلستان و اقلیم‌های مشابه	شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی	۱۳۹۵	۲/۷	آزاد گرده افشان	بینابین	۱۵۵-۱۸۵	۴۳/۵۰	متحمل به بیماری اسکلروتینیایی ساقه، زودرس
زمان	آب و هوای گرم و معتدل و سواحل دریای خزر	شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی	۱۳۹۵	۲/۵	آزاد گرده افشان	بهاره	۱۶۰-۱۹۰	۴۳	متحمل به نژاد Pg2 فوما، دارا بودن ژن مقاومت RLMI، سازگاری بالا

نام رقم	منطقه	مالک رقم	سال معرفی	عملکرد تقریبی دانه (تن در هکتار)	نوع گرده‌افشانی	تیپ	طول دوره رشد (روز)	درصد روغن دانه	خصوصیات
Hyola 401	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	Pacific Seeds	۱۳۷۸	۷-۲/۳	هیبرید	بهاره	۱۶۰-۱۹۵	۳۳-۳۷	یکنواختی رسیدگی، پایداری عملکرد، زودرس
Okapi	معتدل سرد و سرد	SPII	۱۳۸۰	۳-۵	آزاد گرده افشان	پاییزه	۲۶۰-۲۸۰	۳۳-۳۵	سازگاری و پایداری عملکرد و تحمل نسبی به تنش مالیم شوری
Zafar	اقلیم مازندران و مشابه آن	SPII	۱۳۹۱	۷/۵-۲/۳	آزاد گرده افشان	بینابین	۲۱۰-۲۲۰	۳۳-۳۳	زود رس، نسبتاً متحمل به اسکلروتینا
Zarfam	معتدل سرد و سرد	SPII	۱۳۸۱	۳-۳	آزاد گرده افشان	بینابین	۲۳۰-۲۳۰	۳۰-۳۲	رشد سریع اولیه، در مقایسه با ارقام بهاره دیررس، پایداری عملکرد در مناطق معتدل سرد با بهار گرم، متحمل به سرما و نسبتاً متحمل به بیماری اسکلروتینیایی ساقه
Licord	معتدل سرد و سرد	-	۱۳۸۲	-	آزاد گرده افشان	پاییزه	۲۶۰-۲۸۰	۳۰-۳۳	پایداری نسبتاً مناسب عملکرد در کشت‌های تأخیری ده روزه

نام رقم	منطقه	مالک رقم	سال معرفی	عملکرد تقریبی دانه (تن در هکتار)	نوع گرده‌افشانی	تیپ	طول دوره رشد (روز)	درصد روغن دانه	خصوصیات
Opera	معتدل سرد و سرد	SPII	۱۳۸۲	-	آزاد گرده‌افشان	پاییزه	۲۶۰-۲۸۰	۴۲-۴۵	پایداری نسبی عملکرد در کشت تأخیری ده روزه
RGS 003	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	SPII	۱۳۸۳	۷-۲/۳	آزاد گرده افشان	بهاره	۱۶۰-۱۹۵	۴۲-۴۵	رشد اولیه سریع
Hyola 420	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	Pacific Seeds	۱۳۸۳	۳/۵-۳	هیبرید	بهاره	۲۰۰-۱۶۰	۳۳-۳۷	متحمل به خوابیدگی و پایداری عملکرد
Modena	معتدل سرد	SPII	۱۳۸۳	-	آزاد گرده افشان	پاییزه	۲۶۰-۲۸۰	۳۳-۴۵	کم توقع با پتانسیل عملکرد مطلوب

معرفی برخی شرکتهای تولید کننده بذر کلزا

نام رقم	نوع رقم	سال آزادسازی	مالک رقم	کشور	ویژگی
InVigor L230	هیبرید	۲۰۱۷	Bayer	کانادا	زودرسی، عملکرد بالا، مقاومت به غرقابی، پایداری عالی، مقاومت به فوما(ساق سیاه)، مقاوم به علفکش
InVigor L233P	هیبرید	۲۰۱۷	Bayer	کانادا	زودرسی، عملکرد بالا، مقاومت به ریزش خورجین، انعطاف پذیری در برداشت، پایداری عالی، مقاومت به فوما، مقاوم به علفکش
Brett Young 5545 CL	هیبرید	۲۰۱۷	Brett Young	کانادا	مقاوم به علفکش، متوسط رس، انعطاف پذیری در برداشت، پایداری عالی، مقاومت به فوما
Brett Young 6086 CR	هیبرید	۲۰۱۷	BrettYoung	کانادا	متوسط رس، عملکرد خوب، تحمل متوسط به پوسیدگی ریشه، تحمل بالا به فوما، پایداری عالی
VICTORY V14-1	هیبرید	۲۰۱۷	Cargill	کانادا	عملکرد بسیار بالا، مقاوم به علفکش رانداپ، مقاوم به پوسیدگی ریشه، مقاومت چندژنی به فوما، پایداری عالی
PV 560 GM	هیبرید	۲۰۱۷	CPS CPS (Crop Production Services)	کانادا	مقاومت به ریزش خورجین حتی در زمان رسیدگی، مقاوم به علفکش رانداپ، انعطاف پذیری در برداشت، پایداری عالی، مقاومت متوسط به فوما
PV 581 GC	هیبرید	۲۰۱۷	CPS CPS (Crop Production Services)	کانادا	عملکرد بالا، مقاوم به علفکش رانداپ، مقاوم به پوسیدگی ریشه، پایداری عالی
PV 590 GCS	هیبرید	۲۰۱۷	CPS (Crop Production Services)	کانادا	عملکرد بالا، مقاومت به فوما و پوسیدگی ریشه و مقاومت متوسط به اسکلروتینیا
PV 540 G	هیبرید	۲۰۱۷	CPS/Proven Seed	کانادا	عملکرد بالا، مقاوم به علفکش رانداپ، مقاومت بالا به فوما، پایداری عالی

PV 580 GC	هیبرید	۲۰۱۷	CPS/Proven Seed	کانادا	مقاوت چند ژنی به پوسیدگی ریشه، مقاومت به فوما، مقاومت به علفکش رانداپ
XCEED X122 CL	هیبرید	۲۰۱۷	CPS/Proven Seed	کانادا	Brassica juncea اصلاح شده با کیفیت کانولا، مقاوم به علفکش، بطور اختصاصی برای مناطق با خاک قهوه‌ای و قهوه‌ای تیره جهت تحمل به گرما و خشکی، پایداری عالی، مقاوم به ساق سیاه، مقاوم به ریزش خورجین
RR 75-65	هیبرید	۲۰۱۷	DEKALB	ایالات متحده	هیبرید خوب برای برش مستقیم، یکپارچگی عالی خورجین با کاهش در هم پیچیده شدن خورجین‌ها، زودرس تا متوسط‌رس، مقاوم به فوما، کمباین گیری عالی
RR75-45	هیبرید	۲۰۱۷	DEKALB	ایالات متحده	عملکرد بالا، زودرس، مقاوم به علفکش رانداپ، مقاوم به فوما، پایداری خوب، ارتفاع خوب، خورجین بیشتر
Nexera 1024 RR	هیبرید	۲۰۱۷	Dow AgroSciences' Nexera	کانادا	پتانسیل عملکرد بهبود یافته، مقاوم به علفکش رانداپ، مقاوم به پوسیدگی ریشه، پایداری و قابلیت برداشت عالی، مناسب برای مناطق با فصل رشد متوسط و طولانی
Nexera 2024 CL	هیبرید	۲۰۱۷	Dow AgroSciences' Nexera	کانادا	مقاوم به علفکش، پتانسیل عملکرد بهبود یافته، مقاومت به علفکش رانداپ، مقاومت چند ژنی به فوما، پایداری عالی، مقاوم به ریزش خورجین، مناسب برای مناطق با فصل رشد متوسط و طولانی
45M35	هیبرید	۲۰۱۷	DuPont Pioneer	کانادا	رشد اولیه عالی، پایداری خیلی خوب، عملکرد خیلی بالا، مقاومت به علفکش رانداپ، مقاومت متوسط به فوما، مقاوم به پژمردگی فوزاریوم، مقاومت به ریزش خورجین، انعطاف پذیری در برداشت
45CS40	هیبرید	۲۰۱۷	DuPont Pioneer	کانادا	پتانسیل عملکرد استثنایی، مقاومت به علفکش رانداپ، مقاومت به پوسیدگی ریشه و اسکلروتینیا، رشد اولیه عالی با پایداری خیلی خوب
SY4187	هیبرید	۲۰۱۷	Syngenta		پتانسیل عملکرد بالا، مقاوم به علفکش رانداپ، پایداری عالی، مقاومت بالا به پوسیدگی ریشه، مقاومت چند ژنی به فوما، مناسب برای مناطق با فصل رشد متوسط و طولانی

نگاهی نوین به فیزیولوژی و زراعت کلزا (قسمت اول)

کلزا گیاهی است یکساله که ارتفاع آن بین ۷۰ الی ۱۷۰ سانتی متر در طول فصل رشد می رسد. در بیشتر مناطق دنیا کلزا به عنوان یک دانه روغنی زمستانه در پاییز کشت و در انتهای فصل بهار برداشت می گردد. طول و مدت زمان کاشت تا برداشت معمولا بین ٦ تا ٨ ماه است. ساختمان اصلی این گیاه شامل برگها، ساقه، شاخه ها، ریشه، خورجین ها و دانه ها می باشد.

برگها: شکل برگهای حقیقی کلزا بصورت دایره ای با لبه های کنگره ای و مضرسی می باشد. نقطه اتصال برگها به ساقه تشکیل گره ها را می دهند.

ساقه و شاخه ها: گیاه کلزا دارای یک ساقه اصلی است که بصورت پایا می باشد. در طول ساقه میان گره هایی به تعداد ۱۵ تا ۲۰ گره با توجه به طول مدت رشد گیاه دیده می‌شود. میانگین فاصله بین میان گره ۵ تا ۱۰ سانتی متر می باشد. طول ساقه اصلی بین۷۰ تا ۱۷۰ سانتی متر می رسد. حداکثر طول ساقه در مرحله گلدهی است. در انتهای ساقه اصلی پوششی از اندامهای ظاهری گیاه مشاهده می گردد. ساقه ها نقش ویژه ای در انتقال مواد فتوسنتزی جهت تشکیل خورجین و دانه را دارا می باشند. ضخامت ساقه ها نسبت مستقیم با تراکم گیاه (تعداد بوته در مترمربع) داشته، گیاهان با تراکم کمتر به خوابیدگی و ورس مقاوم تر هستند. در زمان رسیدگی گیاه، بافتهای درونی ساقه معمولا تغییر ماهیت داده و به حالت فیبری در می آیند که ناشی از انتقال مواد غذایی و آب به اندامهای فوقانی و تکمیل رشد می باشد. شاخه ها در روی ساقه اصلی از جوانه ها تشکیل شده و جوانه ها در محور اتصال برگها توسعه می یابند و شاخه ها به چهار برگ اصلی و یک جوانه گل منتهی می شوند.

ریشه ها: گیاه کلزا دارای سیستم ریشه ای راست است که این نوع گیاهان منشا ذخیره مواد غذایی و اسیمیلاتها می باشند. ریشه های ثانویه از این ریشه ها منشعب شده و به طرف پایین و اطراف گسترش می یابند. در مرحله رسیدگی طول ریشه ها تا عمق ۱۲۰ سانتی متر نفوذ می کنند. کلزا دارای پوشش ریشه ای فراوان با توان ریشه دهی بالا به منظور جذب مواد غذایی می باشد. بعلاوه در شرایط کمبود عنصر فسفر، ریشه توانایی افزایش تارهای کشنده خود را در طول و تعداد دارد.

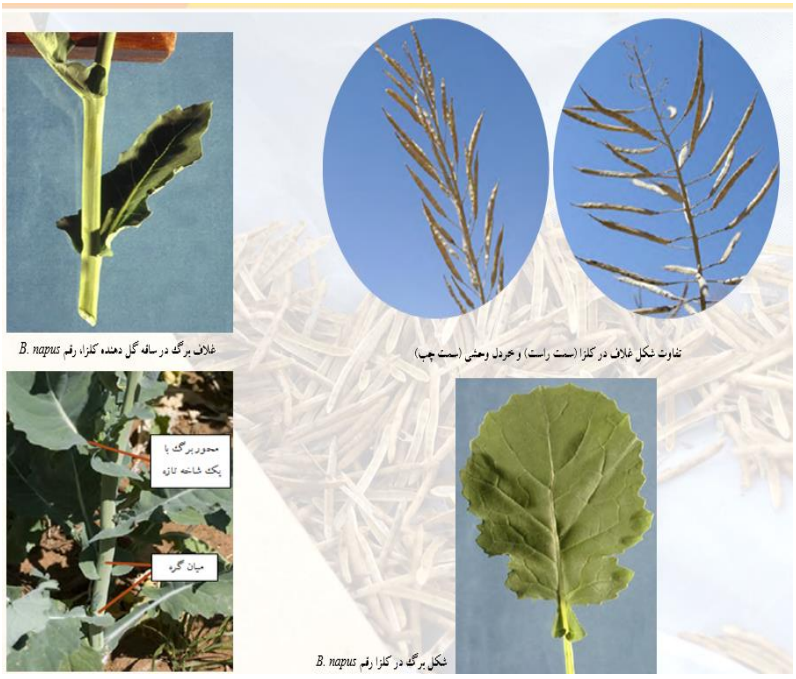
گلها: به سبب نامحدود بودن رشد، گیاه کلزا قابلیت تولید گل را در طول دوره رشد در سراسر گیاه دارا می باشد. گلهای کلزا به رنگ زرد و شامل ٤ گلبرگ و٤ کاسبرگ و٦ پرچم بوده و گلبرگها به شکل یک صلیب متقاطع می باشند و به جهت شکل صلیبی آن است که Crucifer یا چلیپاییان نامگذاری شده اند.

قسمت های ماده گل ها به نام برچه (Carpel) دارای سه قسمت می باشند: تخمدان که شامل بذر لقاح یافته است، خامه (Style) که اندام متمایزشده و پیشرفته تخمدان است و کلاله (Stigma) که به صورت میله های تخصص یافته است و دانه گرده روی آن قرار گرفته و شروع به جوانه زدن می نماید.

خورجین ها: خورجین متشکل از کپسول های طویل شده، ابتدا به رنگ سبز دارای بریدگی میانی و طول آن بین ٦ تا ٩ سانتی متر می باشد. محل اتصال خورجین در انتها دارای نوک منقار مانندی به طول ۱ تا ۲ سانتی متر است. آنها از دو برچه تخمدان تشکیل یافته اند که توسط یک دیواره کاذب از یکدیگر جدا می شوند. خورجین بذر کلزا در حالت رسیدگی کامل معمولا شکننده بوده و دانه ها به راحتی ریزش می نمایند. نگهداری دانه در خورجین در ارقام مختلف منفاوت می باشد.

بذر: بذر ابتدا در یک سوم شاخه های ساقه اصلی شروع به رشد نموده، رسیدگی بذر ۳۰ تا ٤٠ روز بعداز لقاح می باشد. بذر کلزا در مقابل بذر خردل وحشی که زرد رنگ می باشد، سیاه رنگ است. بین ۱۵ تا ۲۵ عدد بطور متوسط در هر خورجین دانه تشکیل شده و در زمان رسیدگی وزن دانه ٦٠ درصد کل وزن خورجین ها می باشد. حدودا بین ۲۸۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ بذر در هر کیلوگرم کلزا موجود بوده و وزن بذر معمولا بین ۲/۵ تا ۵ میلی گرم می باشد. بذر کلزا شامل سه قسمت می باشد:

پوشش بذر(Seed coat)، لایه الورون (Pericarp) و مواد اندوختهای (Endosperm) می باشد. Seed coat (پوسته بذر) محافظ بیرونی پوشش بذر است که معادل ۱۲ تا ۱۵ درصد از وزن کل بذر می باشد. دارای مقدارکمی چربی و بیشتر، از بافت فیبری تشکیل شده است. لایه آلورون درست نزدیک زیر پوسته بذر بوده و سرشار از پروتئین می باشد. گونه های *Brassica* دارای آندوسپرم بسیار کمی نسبت به سایر گیاهان به ویژه غلات می باشند. لایه محدودی از آندوسپرم، جنین را فراگرفته است. بیشترجنین شامل Cotyledons یا لپه هامی باشد. کوتیلدنها برگهای جنینی تمایز نیافته ای هستند که قبل از اولین برگهای حقیقی رشد نموده اند.کوتیلدنها در گونه های *B. napus* دارای برگهایی با حاشیه صاف در کناره ها، در مقابل، برگ های *B. rapa* به صورت ضخیم و دارای کرک هایی ریز می باشند. جنین شامل دو کوتیلدن (لپه ها) است که دارای ۳۰ تا ۵۰ درصد روغن بوده، درون جنین بافت مریستم (زاینده) وجود دارد که از این بافتها ریشه چه (Radical)، ساقه چه (Hypocotyl) و جوانه (Epicotyls) خارج می گردد.



نگاهی نوین به فیزیولوژی و زراعت کلزا (قسمت دوم)

جوانه زنی: عملیات جوانه زنی پس از جذب رطوبت توسط بذر آغاز می شود، به گونه ای که در طی این فرآیند ریشه چه از پوسته بذر (Seed coat) خارج شده و ساقه چه نیز تحت فشار به سمت سطح خاک حرکت می کند. انرژی مورد نیاز برای جوانه زنی از چربی (Lipid) ذخیره شده در لپه بذر تامین می گردد. ابتدا چربیها به ساکارز تبدیل می شوند که منبع اصلی تامین انرژی را برای گیاهچه تا زمان شروع فتوسنتز فراهم می کند. اسیدهای آمینه و پروتئینهای ضروری نیز در مراحل اولیه رشد گیاهچه فعال می شوند. جوانه زنی در گیاه کلزا شامل سه مرحله می باشد که هر کدام از این مراحل بر اساس میزان جذب آب دارای ویژگیهای است. این مراحل عبارتند از:

- آبگیری بذر
- مرحله تاخیر
- مرحله ثانویه جذب سریع آب

مرحله اول (جذب آب): بذر کلزا قبل از کاشت معمولا دارای ۷ تا ۸ درصد رطوبت می باشد. پس از اینکه بذر داخل خاک قرار داده شد شروع به جذب آب نموده، شکل بذر به حالت متورم و چسبنده در می آید که این تغییر ماهیت به سبب وجود مواد ژلاتینی در پوسته بذر می باشد. در این مرحله فعالیت متابولیکی بذر افزایش می یابد. سرعت جذب آب به مقدار رطوبت و اندازه بذر بستگی دارد. بذور کلزا به سبب دارا بودن نسبت سطح بیشتر دانه به حجم آن این قابلیت را داشته تا آب را با سرعت جذب نماید.

مرحله دوم (تاخیر و توقف): در این مرحله، واکنشهای متابولیکی درون بذر افزایش یافته اما میزان تغییرات جذب آب بسیار اندک است. آنزیمها در جنین فعال شده و پروتئینهای ذخیره ای شکسته و به آمینو اسیدها، نشاسته وگلوکز تبدیل و روغنها به اسید چرب وگلیسرول تبدیل می شوند. این مواد پس از تشکیل، به نقاط رشد بذر انتقال می یابند و سبب رشد جنین می گردد. در این مرحله اگر بذر با خاک خیلی خشک مواجه شود جوانه زنی متوقف می گردد.

فازسوم (رویت جوانه زنی): در این مرحله فرآیند ثانویه جذب آب بوقوع می پیوندد. بذور بطور پیوسته آبگیری نموده تا رطوبت به ۲٤ درصد می رسد. این مرحله حدودا ۱۲ ساعت پس از مرحله اول آغاز می شود و غیر قابل بازگشت می باشد. هر گونه کاهش در رطوبت رسانی به بذر در این مرحله سبب شکست در جوانه زنی خواهد شد.

پوسته بذر پس از تورم پاره شده حدودا بعد از گذشت ٦ ساعت ریشه چه از پوسته خارج می گردد. این اولین علامت جوانه زنی و آغاز ورود به مرحله گیاهچه ای می باشد که نتیجه آن رویش هیپوکوتیل (Hypocotyl) است. خروج ریشه چه (Radical) سبب شکسته شدن آندوسپرم و پوسته بذر شده، آزاد سازی مولکولهای ویژه قندی آغاز می شود که این مولکولها به واسطه دارا بودن ژنهای دفاعی در زمان رویش، گیاهچه را در برابر خطر حمله عوامل بیماریزا محافظت می نمایند.

شکل۱ مراحل جوانه زنی بذر کلزا

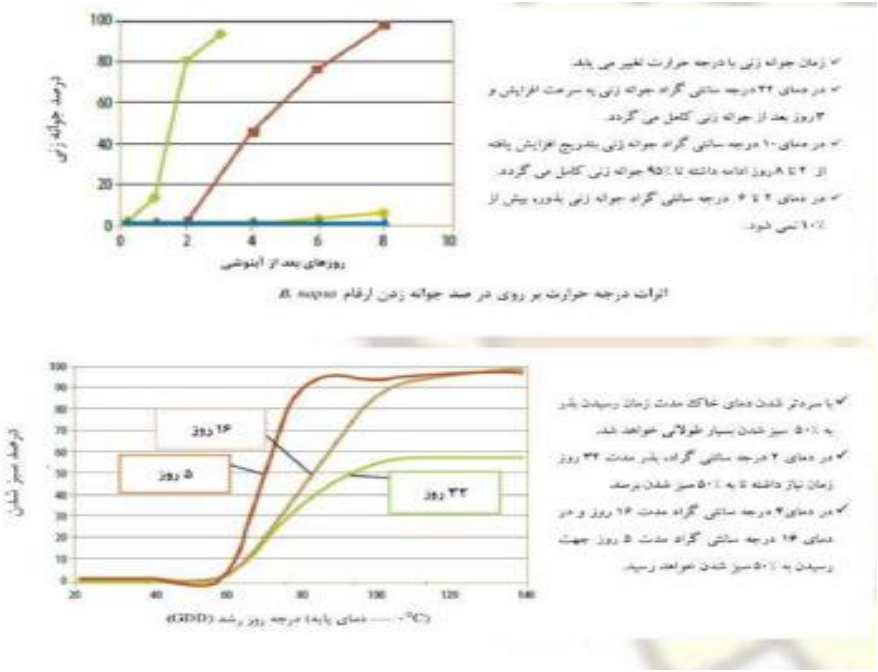
نگاهی نوین به فیزیولوژی زراعت کلزا (قسمت سوم)

سبز شدن (رویش)

این مرحله براساس درجه حرارت خاک و محیط پیرامون، حدود ٤ الی ١٥ روز طول می کشد. تعداد روزهایی که گیاهچه کلزا حدود ٥٠% پس از خروج از خاک در سطح زمین استقرار یابد بسیار مهم می باشد، زیرا این درصد از گیاهچه ها تعیین کننده پیش بینی عملکرد گیاه می باشند. نوع رویش اولیه کلزا بصورت Epigeal (برون زمینی) می باشد، که در این حالت هیپوکوتیل طویل شده و برگچه های اولیه قلبی شکل در بالای سطح خاک و در معرض نور قرارمی گیرند. لپه های مدور سبز رنگ شروع به فتوسنتز به مقدار کم نموده تا اولین برگ حقیقی ایجاد شود. اندازه کوچک لپه های کلزا آن را در معرض خطرات گوناگون تا استقرار کامل قرار می دهد. نقطه رشد گیاه در بالای خاک، بین دولپه گیاهچه قراردارد.

همزمان با رشد لپه ها گیاهچه کلزا به خسارت حشرات، یخبندان، فرسایش خاک، تگرگ یا هر عامل مخرب دیگر که ممکن است سبب خسا رت گردد واکنش نشان می دهد.

استقرار گیاهچه



گیاهچه مستقر شده در خاک دارای نمایی از ریشه وساقه اولیه است. در این حالت برگها توانایی فتوسنتز و ریشه ها نیز قابلیت جذب آب و مواد غذایی را دارا می باشند. در گیاهان زراعی به گیاهچه ای استقرار یافته گفته شده، که ٥٠% بذور جوانه زده و سبز شده و دارای قدرت رویش مناسبی باشند.

عوامل موثر در جوانه زنی و سبز شدن:

رکود

دو نوع رکود در فرآیند جوانه زنی بذر وجود دارد، اولیه وثانویه. بذر کلزا فاقد رکود اولیه است، اما رکود ثانویه ممکن است در تعدادی از ارقام بوجود آید. اگر بذر در معرض خاک با رطوبت کم یا عوامل دیگری مانند دوره تاریکی طولانی،کمبود اکسیژن و دمای بیش از ۲۰ درجه سانتی گراد قرار گیرد سبب ایجاد رکود ثانویه خواهد شد. اگر بذور در معرض دمای پایین (۲ تا ٤ درجه سانتی گراد) وگرما و سرمای متناوب قرار گیرند، این امر منجر به حذف رکود ثانویه خواهد شد.

رکود اولیه

عواملی که سبب ایجاد رکود اولیه در گیاهان می شود ناشی از اثر متقابل آبسیزیک اسید و شرایط محیطی است که سبب تاخیر در جوانه زنی بذر شده و از جوانه زنی بذر بلافاصله پس از برداشت و رسیدن آن جلوگیری می نماید.

رطوبت

رطوبت خاک یک فاکتور مهم برای جوانه زنی و سبز شدن کلزا می باشد.کلزا درصد زیادی آب قبل از جوانه زدن از خاک جذب می نماید. جوانه زدن زمانی آغاز شده که مقدار رطوبت بذر به % ٢٤ برسد. جذب آب یک فرآیند فعال بوده و رابطه مستقیم با اختلاف پتانسیل بین بذر و خاک اطراف آن دارد. بذور توانایی جذب آب را حتی در خاکهای خشک نیز دارند اما به دلیل ناکافی بودن رطوبت سبب ایجاد رکود ثانویه خواهد شد. اندازه بذر در سرعت جذب آب تاثیرگذار است. بذور کوچک دارای نسبت سطح به حجم بزرگی هستندکه سبب می شود در حداقل زمان ممکن، آب کافی جهت جوانه زدن را جذب نمایند.

اشباع

کلزا حساس به آب ماندگی است و در طول فرآیند جوانه زدن و سبز شدن وقتی که خاک اشباع از آب باشد، اکسیژن موجود در محلول به سرعت کاهش می یابد. اکسیژن عامل ضروری برای جوانه زدن می‌باشد. بدون اکسیژن بذور قادر به فرآیندهای متابولیکی نمی باشند و جوانه زدن متوقف می شود. طولانی شدن شرایط اشباع سبب از بین رفتن بذر وگیاهچه کلزا خواهد شد.

دما

دمای پایین بر روی سرعت جوانه زنی کلزا تاثیر می گذارد. دامنه تغییرات دمایی به ویژه در مراحل ۲ و ۳ فاز جوانه زنی، بیشترین حساسیت را به تغییرات دما دارد. دماهای پایین سرعت جذب آب را کندتر نموده و تولید پروتئینهای اولیه به منظور جوانه زنی را کاهش می دهد. دماهای پایین جنین را تخریب نموده جوانه زدن را دچار اختلال می نماید، در نتیجه گیاهچه قابلیت استقرار به صورت پوشش کامل را از دست می دهد. در مرحله اولیه جوانه زنی که عملیات آبنوشی بذر انجام می شود، دمای خاک دارای نقش مهمی در پیشرفت فرآیند جوانه زنی می باشد. درجه حرارت مطلوب جهت جوانه زنی کلزا ۱۰ تا۲۰ درجه سانتی گراد می باشد. دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد سبب تاخیر در پیشرفت جوانه زنی و سبز شدن وکاهش پروتئین سازی خواهد شد. در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد جوانه زنی بذور در یک روز اما در دمای ۲ درجه سانتی گراد جوانه زنی تا ۱۱ روز به تاخیر می افتد. دمای کاردینال (درجه حرارت مورد نیاز از جوانه زدن تا سبزشدن) درکلزا حدود ۱۱۵ درجه روز رشد (GDD) می باشد که معمولا براساس شرایط اقلیمی مناطق بین ٤ الی ۱۵ روز پیش بینی می گردد. کاهش دمای خاک و محیط، مدت زمان رسیدن به این درجه حرارت را کاهش خواهد داد.

اثر اندازه بذر و عمق کاشت بر روی استقرار گیاه

اندازه بذر (میلی متر)	عمق کاشت (سانتی متر)			
	4.5	3.0	1.5	MEAN
	تعداد گیاهان در متر مربع			
>1.7	41.7	64.2	77.0	61.0
1.4–1.7	26.6	43.2	73.3	47.7
<1.4	23.0	33.0	78.5	44.8
میانگین	30.5	46.8	76.3	

نگاهی نوین به فیزیولوژی زراعت کلزا (قسمت چهارم)

استقرار گیاهچه: استقرار گیاهچه کلزا در خاک پس از مرحله کوتیلدونی و خروج برگ اولیه، کارایی گیاه را نسبت به یخبندان افزایش می دهد اما تخریب توسط یخ زدگی در مرحله کوتیلیدنی، سبب از بین رفتن گیاه نورسته خواهد شد. کلزا با توجه به توسعه رشد و دریافت درجه حرارت روزانه به منظور افزایش GDD (درجه- روز رشد) توانایی و مقاومت به عامل یخ زدگی را افزایش می دهد. رویش گیاهچه و کاهش رشد در دمای کمتر از ۷ درجه سانتی گراد سبب مرگ گیاه خواهد شد. در طول ماههای سرد زمستان با افزایش برودت هوا، کربوهیدراتهای محلول در برگها تجمع یافته، با کاهش فتوسنتز و افزایش غلظت کربوهیدراتها مانعی جهت سرما دیدگی گیاه ایجاد می شود.

اندازه بذر: بذر کلزا کوچک تر از دیگر دانه ها از قبیل گندم، جو و لوبیا می باشد. وزن تک بذر حدود ۳ میلی گرم و وزن هزار دانه آن ۳ تا ٦ گرم می باشد. اندازه بذر بر اساس شرایط ایجاد شده برای گیاه در طول مدت رشد متفاوت می باشد. نوع رقم نیز سبب تفاوت در اندازه بذر خواهد شد. بذر بزرگ تر، گیاهچه های قوی تری تولید و استقرار گیاه در صورتی که عمق کاشت مناسب باشد، تضمین می گردد.

کیفیت بذر: مرغوبیت بذر تضمین کننده استقرار مناسب گیاهچه کلزا می باشد. بذر کلزا باید بالای ۸۵ درصد قوه نامیه داشته باشد.کاشت بذر با کیفیت مطلوب، تضمین کننده سرعت استقرار گیاهچه می باشد. توسعه سریع گیاهچه بستگی به اندوخته مواد ذخیره ای در داخل بذر می باشد. مقدار رطوبت، سن بذر، اندازه و درصد جوانه زدن بطور کلی بر روی کیفیت بذر تاثیر گذار است. وجود این شرایط، تولیدکنندگان بذر را جهت تولید و تکثیر بذور با کیفیت ترغیب می نماید. تعدادی از عواملی که بر روی جوانه زنی تاثیر بسزایی داشته اند شامل اندازه بذر، زمان کاشت و زمان برداشت می باشد.

اندازه بذر: بذور بزرگ تر دارای ذخایر پروتئینی و چربی بیشتر و دارای قدرت جوانه زنی سریع تری نسبت به بذور با اندازه متوسط وکوچک می باشند. در رطوبت کافی بذور با اندازه متوسط، در طی ۵ تا ٦ روز جوانه زده وسبز می شوند. وزن هزار دانه بین ارقام مختلف براساس فصول کاشت گیاهچه متفاوت می باشد. بنابراین میزان بذر مورد نیاز برای کاشت و بذرپاشی بر اساس وزن بذر، یکی از اهداف رسیدن به جمعیت مطلوب در جامعه گیاهی زراعت کلزا می باشد.

زمان برداشت: زمان برداشت در جوانه زنی بذر می تواند موثر باشد. اگر کلزا در زمان مناسب جمع آوری نگردد، قدرت جوانه زنی در بذور برداشت شده به سبب نارسی و یا خشک شدن زیاد، کاهش می یابد.

منبع:

Edwards, J. and Hertel, K. 2011. Canola growth and development

بهبود و اصلاح محصولات روغنی زراعی با استفاده از منابع ژنتیکی و گونه‌های خویشاوند (کلزا)

دو رگ گیری دور (اینتروگرسیون) معمولاً به هیبرید بین گونه‌ای با روابط خویشاوندی دورتر از تلاقی بین واریته‌ای اطلاق می‌شود. این نوع دورگ گیری برای اصلاحگران گیاهی بسیار با ارزش است زیرا خزانه ژنتیکی را برای اصلاح و تولید گونه‌های پلی پلوئید غنی می‌سازد. در جنس براسیکا سه گونه‌ی دیپلوئید وجود دارد (مثلث U، Nagahara, 1935)، شامل: *Brassica rapa* (AA, n=10) ، *Brassica nigra* (BB, n=8) و *Brassica oleracea* (CC, n=9). میان این گونه‌ها، هیبریداسیون دور بطور طبیعی یا مصنوعی می‌تواند اتفاق بیافتد. برای مثال *B. napus* یک گونه‌ی ترکیبی است که از تلاقی بین گونه‌ای و دو برابر کردن خودبخودی کروموزوم‌ها بدست آمده است (Nagaharu, 1935). تا کنون این گونه یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در جهان بوده است. متاسفانه اصلاح این گونه جوان به دلیل کم بودن تنوع ژنتیکی با تنگنا مواجه شد و مطالعات زیادی برای غنی سازی خزانه ژنتیکی این گونه بوسیله‌ی دورگ گیری دور انجام شده است (Jiang *et al*. 2007, Li *et al*. 2007. Liu *et al*. 2018). خردل حبشی (*B. carinata*) یک گونه قدیمی، سازگار با مناطق نیمه خشک شرق آفریقا، اکنون به دلیل عملکرد بالا و مقاومت بیشتر به بیماری و شکستگی خورجین در مقایسه با سایر گونه‌ها مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Malik, 1990). خردل حبشی دارای برخی ژن‌های مقاومت در برابر بیماری‌های قارچی نظیر کپک پودری Powdery mildew (PM) است (Tonguc and Griffiths, 2004). این بیماری که توسط پاتوژن *Erysiphe cruciferarum* (Opiz) ، ایجاد می‌شود، بیماری فراگیر در جهان، مربوط به گونه‌های براسیکا نظیر *B. napus* می‌باشد. در مناطقی نظیر انگلستان، فرانسه، چین، استرالیا و آرژانتین تناوب آب و هوایی خشک و مرطوب، موجب شیوع بیشتر این پاتوژن شده و تمام تولیدات کلزا را نابود می‌سازد (Penaud, 1999). مطالعه مکانیسم و شرایط رشدی پاتوژن برای هدایت تولید کلزا ضروری است. اگر تولیدکنندگان کلزا این بیماری را کنترل نکنند، تولید محصول با خطر جدی روبرو می‌شود. معمولاً استفاده از برخی قارچ‌کش‌های شیمیایی جهت کنترل بیماری استفاده می‌شود ولی استفاده از واریته‌های مقاوم از نظر اقتصادی به صرفه‌تر بوده، بعلاوه از مزیت بلند مدت حفظ محیط زیست نیز برخوردار است. بنابراین اصلاح واریته‌های مقاوم، استراتژی خوبی برای مقابله با شیوع این بیماری در کلزا می‌باشد. اگرچه منابع مقاوم کمی در *B. napus* وجود دارد، تحقیقات در این زمینه نیز کم بوده است. اندام‌های هوایی شامل ساقه، برگ و غلاف پوشیده از قارچ شده و سبب کلروز زودرس، پیری برگ‌ها، بد شکلی غلاف و لاغری بذرها می‌شود. این قارچ شدیداً بر رسیدگی و محتوای روغن کلزا تاثیر می‌گذارد و سبب کاهش عملکرد ۵۰-۱۵ درصدمحصول می‌شود (Shao, 2006). در تحقیقی به منظور انتقال صفت مقاومت به قارچ سفیدک پودری واریته *B. carinata* با *B napus* تلاقی برگشتی انجام

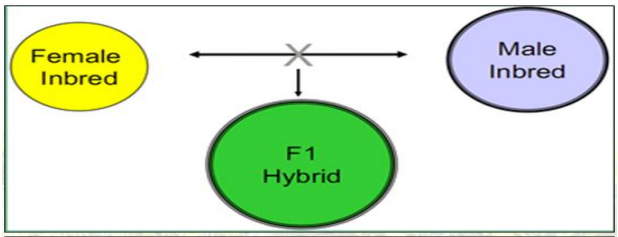
شد. نتاج حاصل با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی و مارکرهای مولکولی مورد بررسی قرار گرفتند، نتایج نشان داد تعدادی از نتاج، ژن مقاومت را بطور دائم دریافت کرده‌اند (Qiong *et al*, 2020).

منابع

1. Jiang, Y.F., E.T. Tian, L.L. Chen and J.L. Meng. (2007). Identification of interspecific hybrids between *Brassica carinata* and B. rapa. Chinese J. Oil Crop Sci. 29: 103–106.
2. Li, M., J. Liu, Y. Wang, L. Yu and J. Meng. (2007). Production of partial new typed *Brassica napus* by introgression of genomic components from *B. rapa* and *B. carinata*. J. Genet. Genomics 34: 468-460.
3. Lian, J.L., L.S. Ren, C. Zhang, C.Y. Yu, Z. Huang, A.X. Xu and J.G. Dong. (2019). How exposure to ALS-inhibiting gametocide tribenuron-methyl induces male sterility in rapeseed. BMC Plant Biol. 19: 124.
4. Liu, Y., A. Xu, F. Liang, X. Yao, Y. Wang, X. Liu, Y. Zhang, J. Dalelhan, B. Zhang, M. Qin et al. (2018). Screening of clubrootresistant varieties and transfer of clubroot resistance genes to *Brassica napus* using distant hybridization. Breed. Sci. 68: 258–267.
5. Malik, R.S. (1990). Prospects of *Brassica-carinata* as an oilseed crop in India. Exp. Agric. 26: 125–129.
6. Nagaharu U. (1935). Genome analysis in BRASSICA with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. JAPAN J. BOT. 7 389–452. [Google Scholar]
7. Penaud, A. (1999). Chemical control and yield losses caused by *Erysiphe cruciferarum* on oilseed rape in France. Proceeding of 10th GCIRC rapeseed Congress, Sep. 26–29, Canberra, Australia.
8. Qiong Gong, Chun-Yan Dai, Xiao-Han Zhang, Xiao-Li Wang, Zhen Huang, Ai-Xia Xu, Jun-Gang Dong, Cheng-Yu Yu. (2020). Towards breeding of rapeseed (*Brassica napus*) with alien cytoplasm and powdery mildew resistance from Ethiopian mustard (*Brassica carinata*). Breeding Science. 1344-7610.
9. Shao, D. (2006). Identification of resistance to Erysiphe Cruciferarum Junell and study on enzymes ssociated with PM in *Brassica rape*. Doctoral dissertation of Gansu Agricultural University, China.
10. Tonguç, M., Griffiths, P.D. and (2004). Transfer of powdery mildew resistance rom *Brassica carinata* to *Brassica oleracea* through embryo rescue https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.00987.x

نگاهی عمیق در تولید بذر هیبرید کلزا

گیاه هیبرید، نسل اول بذر تولید شده (F1) از تلاقی بین دو لاین والدینی خالص ژنتیکی (Inbred Line) است. ویژگی گیاه F1 حاصله، بنیه هیبرید (hybrid vigor) یا هتروزیس است، بطوری که در گیاه هیبرید ترکیبی از ژن های والدینی با تمامی ویژگی های مطلوب والدین و حتی بهتر از هر دو، حاصل می شود. هیبرید کلزا همانند واریته آزاد گرده افشان (OP) می تواند با استفاده از روش های اصلاحی کلاسیک و بیوتکنولوژی ایجاد شود. چالش امروز اصلاحگران، توسعه یک برنامه ساختاری مناسب است که طی آن لاین های اینبرد والدینی از نظر میزان هتروزیس تست شده و ترکیباتی از تلاقی والدین با بهترین عملکرد غربال گری و شناسایی شوند. بطور کلی جهت تولید هیبرید، والد ماده به عنوان لاین نرعقیم توانایی تولید گرده ندارد، بنابراین اطمینان حاصل می شود که بذر فقط از طریق دگرگرده افشانی با والد نر دیگر، تولید خواهد شد. بنابراین در مزرعه تولید هیبرید کلزا، گیاهان نر و ماده بصورت ردیفی کشت شده و گیاهان نر بعد از گلدهی برداشت می شوند بطوری که تقریبا در ٦٠ درصد از مزرعه تولید هیبرید، بذر هیبرید برداشت می شود. بذری که از گیاهان ماده برداشت می شود بذر اولین نسل تلاقی یا بذر هیبرید F1 است. عملکرد در هیبرید کلزا تنها چیزی نیست که کشاورزان به دنبال آن هستند بلکه آنها می خواهند هیبرید مورد نظر مقاومت در برابر بیماری، تحمل به علف کش، بلوغ مناسب، تحمل به غرقابی و کیفیت روغن و کنجاله قابل قبول را دارا باشد.



تفاوت بین کلزای هیبرید و آزاد گرده افشان

در هیبریدهای کلزا عملکرد بطور طبیعی ١٠ تا ١٥ درصد بیشتر از واریته های آزادگرده افشان گزارش شده است. بهبود عملکرد از طریق ترکیب صفات برتر از جمله تولید بذر بیشتر با بنیه اولیه و تحمل بهتر در مقابل تنش حاصل می شود. بنیه اولیه هیبریدها زمینه رقابت بهتر آنها را با علف های هرز فراهم می کند. عموما هیبریدها، بذر و بیوماس بیشتری تولید کرده و نسبت به واریته های آزادگرده افشان ارتفاع بیشتری دارند. بذر واریته های هیبرید کلزا تقریبا دو و نیم برابر گران تر از بذر واریته OP است. همچنین در هیبریدها به دلیل بنیه عالی، تولید بیوماس و هزینه بیشتر تولید بذر، تراکم کشت ممکن است کمتر در نظر گرفته شود. تنها تفاوت در هزینه های اولیه بین واریته OP و هیبرید، هزینه تولید بذر است، اما سودمندی عملکرد بیشتر هیبریدها این مسئله را جبران می کند. بطور کلی کشاورزان محصولات هیبرید را به دلایلی از جمله عملکرد بیشتر، پایداری عملکرد به ویژه تحت شرایط رشدی ناسازگار و ارزش افزوده انتخاب می کنند. مسئله بسیارمهم در رابطه با بذور هیبرید این است که اگر بذور برداشت شده از گیاهان هیبرید F1 برای سال بعد کشت شوند گیاهان نسل دوم (F2) غیر یکنواخت شده و میزان عملکرد در آنها کاهش می یابد. تفاوت های زیاد در این گیاهان می تواند در صفاتی مانند ارتفاع، زودرسی، عملکرد، مقاومت به بیماری ساق سیاه و حتی تحمل به علفکش مشاهده شود. همچنین یکی از چهار گیاه F2 نرعقیم بوده که طی گلدهی به شرایط ایده آل برای دگرگرده افشانی نیاز دارد.

نیازمندی های کلی برای اصلاح هیبرید

به منظور تولید بذر هیبرید بصورت تجاری، جلوگیری از خودگرده افشانی والد بذری در تلاقی هیبرید ضروری است. این روش در ذرت ساده است چرا که اندام نر و ماده بصورت جدا و مجزا روی گیاه قرار گرفته اند و اندام نر گیاه می تواند به آسانی بطور دستی در تعداد زیادی از گیاهان برداشته شود اما دراکثر گونه های زراعی مانند کلزا اندام نر و ماده در یک مکان از ساختار گل قرار گرفته اند و حذف اندام نر (عقیم کردن) بصورت دستی تعداد زیادی از گیاهان غیر ممکن است. بنابراین تولید کنندگان بذر به روش هایی جهت کنترل سیستم گرده افشانی برای تولید بذر هیبرید نیاز دارند. یکی از این روش ها استفاده از مواد شیمیایی یا گامت کش است که بطور اختصاصی گرده را از بین می برد. این روش عموما پر هزینه بوده و اغلب بطور جزیی موثر است. برای اکثر محصولات به ویژه گیاهانی مانند کلزا که دوره طولانی گلدهی دارند این روش مقرون به صرفه نیست. تقریبا تمامی سیستم های تولید بذر هیبرید روی کنترل ژنتیکی گرده افشانی تکیه دارند. مکانیسم های کنترل گرده افشانی به سه دسته تقسیم می شود: خودناسازگاری، نرعقیمی سیتوپلاسمی و دورگ گیری مولکولی.

در خودناسازگاری چون گیاهان بطور طبیعی گرده خودشان را نمی پذیرند تکثیر و نگهداری این لاین ها بطور طبیعی مقرون به صرفه نیست. علاوه بر این خودناسازگاری در اکثر گونه های گیاهی یافت نمی شود. دورگ گیری مولکولی نیز در سال های اخیر ایجاد شد که بر مهندسی ژنتیک تکیه دارد و سبب بیان پروتئین سمی در تشکیل سلول گرده می شود. ژن های سمی به عنوان ژن های نر عقیم غالب عمل می کنند و می توانند به عنوان لاین ماده در تولید هیبرید بکار روند. در این روش همانند خودناسازگاری تکثیر لاین های ماده مشکل است. در حال حاضر جهت تولید تعداد کمی از واریته های هیبرید استفاده می شود و آنها هم در سطح وسیع رشد داده نمی شوند. نرعقیمی سیتوپلاسمی (CMS) صفت کلاسیک غیر مندلی بوده و استفاده از این سیستم در تولید هیبریدهای تجاری متداول می باشد. این صفت وراثت مادری داشته و به آسانی از طریق گرده افشانی با لاین نر بارور (لاین نگهدارنده) که از نظر ژن های هسته ای مشابه لاین نرعقیم است قابل تکثیر است. سیستم نر عقیمی سیتوپلاسمی به سیستم سه لاین A، B و R معروف است و تولید بذر هیبرید کلزا در این سیستم شامل مراحل زیر می باشد:

۱) ایجاد لاین های نرعقیم (A)، نگهدارنده (B)، بازگرداننده باروری (R)

۲) تلاقی بین لاین نرعقیم (A) و لاین نگهدارنده (B) به منظور نگهداری و تکثیر لاین نر عقیم

۳) تلاقی بین لاین نرعقیم (A) و لاین بازگرداننده باروری (R) به منظور تولید بذر هیبرید

به هرحال واضح است که اصلاح و تولید لاین های نرعقیم، نگهدارنده و بازگرداننده باروری برای شرکت های اصلاحی کلزا فرآیندی زمان بر و پرهزینه است، اما با بهره برداری از بنیه هیبرید و برگشت هزینه با درآمد بیشتر از طریق فروش هر ساله بذر هیبرید به کشاورزان جبران می شود.

منابع:

1. www.grdc.com.au
2. www.bayercropscience.ca
3.Cowling, W. 2010. The challenge of breeding canola hybrids- new opportunities for WA growers. Western Australian Pty Ltd, Agribusiness Crop.
4.Vollmann, J and Rajcan, I. 2009. breeding. Oil Crops, handbook of plant. PP. 548.

اصلاح هیبریدی و سیستم‌های نرعقیمی سیتوپلاسمی

حدود ۳۰ سال است که پژوهشگران کلزا جهت جلوگیری از خود گرده افشانی، روی مکانیسم ژنتیکی تمرکز کرده اند. اوایل دهه ۱۹۹۰، پس از ارزیابی سیستم های مختلف، تنها دو سیستم قابل اعتماد با عنوان سیستم نر عقیمی ژنتیکی و نر عقیمی سیتوپلاسمی برای تصحیح بیشتر در نظر گرفته شد. با پیشرفت علم و تکنولوژی، سیستم دیگری مبتنی بر فرآیند مولکولی ایجاد شد. بنابراین صرف نظر از افزایش پتانسیل عملکرد بذر هیبرید کلزا، ایجاد سیستم های نرعقیم برای تولید بذر هیبرید بطور قطع دستاورد بزرگی است. امروزه دو سیستم نرعقیمی سیتوپلاسمی (CMS تحت کنترل اثرات متقابل ژنهای هسته ای و سیتوپلاسمی) و نرعقیمی ژنتیکی (GMS تحت کنترل ژنهای هسته ای) بطور تجاری به ویژه در اروپا استفاده می شوند.

سیستم نر عقیمی ژنتیکی لمبک (MSL)

سیستم نرعقیمی ژنتیکی لمبک (Male Sterility Lembke) از موتانت ژنی مغلوب خود به خودی در خزانه شرکت اصلاحی Norddeutsche PflanzenzuchtHG Lembke (NPZ) در آلمان در اوایل دهه ۱۹۸۰ انتخاب شد. این نرعقیمی ژنتیکی مغلوب، اختصاصی شرکت NPZ/Lembke است. در این سیستم نر عقیمی، تمامی واریته ها و لاین های رایج کلزا به عنوان بازگرداننده باروری شناخته می شوند، به عبارتی هر واریته ای می تواند به عنوان بازگرداننده باروری عمل کند. بنابراین هیچ روش اصلاحی خاصی برای ایجاد لاین گرده دهنده مورد نیاز نیست. همچنین نقصی روی کیفیت بذر تولید شده از این سیستم وجود ندارد. از معایب این سیستم این است که فرآیند اصلاحی برای ایجاد لاین های عقیم MSL جدید بسیار کند است. این سیستم پرکاربردترین سیستم تولید هیبرید در آلمان است به طوری که هیبرید های تولیدی از این سیستم ٤٠ درصد سهم بازار را در سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ به خود اختصاص دادند.

سیستم نر عقیمی سیتوپلاسمی (CMS)

سیستم نر عقیمی سیتوپلاسمی (Cytoplasm Male Sterility) فراوانترین سیستم کنترل گرده افشانی در خانواده براسیکا است. در این سیستم از اثرات متقابل سیتوپلاسم و هسته در گونه های مختلف، نرعقیمی کامل یا جزیی حاصل می شود. گاهی اوقات با اثراتی روی ریخت شناسی گل همراه است بطوری که ساختار گل برای حشرات جذاب نبوده و می تواند اثر منفی در تولید هیبرید داشته باشد. دمای بالا و خشکی نیز در کارایی سیستم نر عقیمی بسیار تاثیر گذار هستند. نر عقیمی سیتوپلاسمی می تواند در اثر موتاسیون های خود به خودی به نام Autoplasmic-Cms و یا از طریق تلاقی های بین گونه ای و بین جنسی با ترکیب هسته از یک گونه با سیتوپلاسم از گونه دیگر به نام Alloplasmic-Cms ایجاد شود. اگرچه CMS فراوانی از منابع مختلف در دسترس هستند، اما اغلب کاربردشان در برنامه های اصلاحی کلزا به دلیل ناپایداری

عقیمی، عدم وجود لاین های بازگرداننده باروری و نگهدارنده و اثرات منفی سیتوپلاسم مورد استفاده در القا نر عقیمی با محدودیت مواجه می شود.

نر عقیمی سیتوپلاسمی پولیما (Polima)

این سیستم منوژنیک (ژنوم Pol میتوکندریایی) بطور خود به خودی در کلزا به وجود آمد (فو، ۱۹۸۱). تعدادی از ژن های بازگرداننده باروری در ارقام SOSR، Fang، McVetty و برخی از واریته های چینی و هندی در دسترس است. ارزش تولید هیبرید با استفاده از این روش دارای محدودیت هایی است از جمله این که در شرایط محیطی مختلف بیان ژن نر عقیمی در این سیستم ناپایدار است بطوری که در شرایط دمایی بالا ممکن است خصوصیت نر عقیمی شکسته شود، در نتیجه بذر هیبرید حاصله ممکن است با بذور عقیم آلوده شود و از آنجایی که این لاین ها بذر تولید نمی کنند در نهایت عملکرد تولید هیبرید کاهش خواهد یافت. از معایب دیگر این سیستم محدودیت تعداد لاینهای نگهدارنده آن است. سیستم پولیما فقط با غربالگری تعداد فراوانی از لاین ها در محیط های مختلف به منظور شناسایی ژنوتیپهای نگهدارنده پایدار، کارایی دارد.

سیستم نر عقیمی سیتوپلاسمی اوگرا (Ogura)

سیستم نر عقیمی سیتوپلاسمی Ogu-INRA به وسیله INRA (Institute National Research Agriculture) از طریق امتزاج پروتوپلاست بین تربچه (*Raphanus sativus*) و کلزا (*Brassica napus*) در فرانسه ایجاد شد. این سیستم نر عقیمی یکی از امید بخش ترین روش های تولید هیبرید است. نتایج منتشر شده نشان می دهد که نر عقیمی در این سیستم بسیار پایدار است، اما ژنهای بازگرداننده باروری با ژنهایی از تربچه لینکاژ دارند که باعث ایجاد کیفیت نامطلوب در بذر از جمله بالا بودن میزان گلکوزینولات در والد پذیرنده می شوند. شرکت Pioneer Hi-Bred مواد آزمایشی INRA را با موافقت و اجازه دریافت کرد و توانست میزان گلکوزینولات لاینهای بازگرداننده باروری را از طریق روشهای اصلاحی کلاسیک کاهش دهد.

سیستم سیدلینک این ویگور (SeedLink InVigor)

سیستم سیدلینک این ویگور نخستین بار توسط متخصصین ژنتیک گیاهی شرکت Bayer Crop Science ایجاد شد. در این سیستم لاینهای نر عقیمی ژنتیکی و بازگرداننده باروری از طریق مهندسی ژنتیک ایجاد می شوند. نر عقیمی و بازگرداننده باروری در این سیستم کارا و پایدار است. همچنین آسانی تولید بذر در این سیستم قابل توجه است. از جمله محدودیت های این سیستم این است که محصولاتی که بر پایه تغییرات ژنتیکی ایجاد می شوند هنوز در برخی از کشورها تجاری نشده اند.

منابع:

1. Cowling, W. 2010. The challenge of breeding canola hybrids, new opportunities for WA growers. Western Australian Ltd. Agribusiness Crop.

2. Gupta, S.K. 2009. Biology and breeding in crucifer (chapter 7: Wild germplasm and male sterility). pp: 113-123.

3. Vollmann, J. and Rajcan, I. 2009. Breeding Oil Crops, handbook of plant. Pp: 548.

اهداف اصلاحی در دانه های روغنی جنس براسیکا

جنس براسیکا تعدادی از گونه های زراعی خودگرده افشان و دگرگرده افشان را شامل می شود. بنابراین در آنها ترکیبی از روشهای اصلاحی از دگرگرده افشانی کامل تا سطح بالایی از خودگرده افشانی قابل استفاده می باشد. بنابراین از نقطه نظر اصلاحی مواد گیاهی بسیار متنوع و بحث انگیز هستند.

گونه های زراعی متفاوت از این گروه مانند: *B. campestris* var. toria, lotni brown sarson, Banarasi rai (*B. nigra*), taramira (*Eruca sativa*) به دلیل خودناسازگاری، وجود گلبرگ های زرد روشن، میزان ساکاروز بالا از ٤٠ تا ٦٠ درصد در شهد گل ها جهت جذب زنبور عسل دگرگرده افشان هستند، در صورتی که در محصولاتی مانند: *B. juncea* , gobhi sarson (*B. napus*), karan rai (*B. carinata*), tora brown sarson (*B. campestris*) به دلیل عدم خودناسازگاری، گلبرگ با رنگ زرد کمرنگ و میزان ساکاروز پایین ٥ تا ١١ درصد در شهد گل، عمدتا خودگرده افشان هستند. به هر حال حتی در گروه خودگرده افشان به دلیل آلودگی گرده توسط عواملی چون باد و زنبور عسل، میزان تلاقی از ١٤ تا ٣٠ درصد تغییر می کند. همچنین بررسی فرآیند تلاقی در جنس براسیکا بسیار جالب است. اثرات متقابل اینترژنومیک در روش گرده افشانی بسیار تاثیرگذار است. سه گونه اولیه مونوژنومیک (*B. rapa*, *B. nigra*, *B. oleracea*) دگرگرده افشان هستند، درصورتی که گونه های آمفی دیپلوئید (*B. napus*, *B. juncea*, *B.carinata*) عمدتا خودگرده افشان می باشند. اصلاح کلاسیک با رده بندی موضوعات اصلاحی جهت بهبود گیاهان زراعی شروع می شود. موضوعات بهبود ژنتیکی از طریق اصلاح کلاسیک در هر یک از گونه های گیاهی متفاوت است. کلزا گونه غالب در خانواده براسیکا است که با دو تیپ رشدی تابستانه و زمستانه در اقلیم های مختلف تحت شرایط آب و هوایی متغیر کشت می شود. به دلیل شرایط رشدی متفاوت تیپ های تابستانه و زمستانه، موضوعات اصلاحی و اهداف مهم برای هر یک متفاوت بوده و ممکن است در طول زمان با توجه به نیازمندی های جدید تولیدکننده (مانند نیاز برای مقاومت به بیماری خاص) و یا مصرف کننده (مانند ویژگی های کیفی بذر) تغییر کند. بنابراین جهت بهبود این محصولات نیاز به تصمیمات طولانی مدت و ارزیابی عمیق از نیازهای آینده وجود دارد. وظیفه اصلاحگر ایجاد لیست اولویت برای بهبود صفات مختلف و گنجاندن فعالیت های اصلاحی برای پیشبرد برنامه اصلاحی کلی است. در شبه قاره هند بهبود ژنتیکی عملکرد بذر اولویت دارد، در حالی که در کشورهای غربی، اصلاح برای رسیدن به کیفیت بهتر بذر موضوع اصلاحی اصلی می باشد. در کشورهای آسیایی قرن هاست از کشت کلزا و خردل، نژادهای محلی و بومی *B. juncea* و *B. campestris* حاصل شده است که در حال حاضر این محصولات مواد گیاهی خام اساسی برای اصلاحگر را تشکیل می دهند. در این محصولات، با افزایش تعداد خورجین در گیاه و تعداد دانه در خورجین بهبود صفت عملکرد مشاهده شده است. معمولا در شبه قاره هند واریته های زودرس (٨٠ تا ٩٠ روز) برای تقویت مناسب سیستمهای چندکشتی و کشت مخلوط مورد نیاز هستند. همچنین این واریته ها برای فرار از خسارت یخبندان و رشد در مناطق در معرض خشکی و خشک مناسب هستند. علاوه بر این ایجاد واریته های با عملکرد بالا و زودرس (کمتر از ١٠٠ روز) موضوع اصلاحی اصلی در چین و غرب کانادا است. واریته های زودرس چرخه زندگی خود را طی این دوره کامل کرده و از خسارت سرما فرار می کنند. در سراسر جهان اصلاح برای مقاومت به بیماری ها و آفات موضوع اصلاحی مهمی شده است. در شبه قاره هند بیماری لکه برگی آلترناریایی، زنگ سفید، سفیدک داخلی و سفیدک پودری از بیماریهای مهم هستند در حالی که در کشورهای غربی از جمله کانادا و استرالیا بیماری ساق سیاه

(*Leptosphaeria maculans*) مهم است. برخی از بیماری های دیگری که می توانند سبب خسارت اقتصادی قابل ملاحظه ای شوند، ریشه گرزی (*Plasmodiophora brassicae*)، پوسیدگی ریشه (*Rhizoctonia solani*) و پوسیدگی ساقه (*Sclerotinia sclerotiorum*) می باشند. در برخی مناطق بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه می تواند تهدیدی مهم و حتی بیشتر از بیماری ساق سیاه برای کشت براسیکا باشد. نژادهایی از زنگ سفید (*Albugo candida*) شناسایی شده اند که می توانند به *B. campestris* (نژاد هفت) و *B. juncea* (نژاد دو) حمله کنند. واریته های اروپایی و کانادایی *B. napus* به تمامی نژادهای شناخته شده زنگ سفید مقاوم هستند، اما واریته های چینی به نژاد هفت آن حساس می باشند. واریته های *B. juncea* نسبت به گونه *B. campestris* به بیماری لکه برگی حاصل از عامل *Alternaria brassicae* تحمل مزرعه ای نسبتا بهتری دارند. همچنین مشاهده شده است *B. carinata* نسبت به *B. campestris* و *B. juncea* به بیماری لکه برگی تحمل نسبتا بهتری نشان می دهد. در شبه قاره هند شته خردل (*Lipaphis erysimi*)، زنبور برگخوارخردل (*Athalia proxima*) و مینوز (*Bagrada cruciferarum*) از جمله آفات مهمی هستند که سبب خسارت اقتصادی قابل ملاحظه می شوند. گزارش شده است *B. juncea* نسبت به *B. campestris* به شته خردل تحمل بهتری دارد. در *B. campestris* دو منبع ژن پاکوتاهی گزارش شده است و پیشنهاد شد که می توانند بطور قابل ملاحظه ای جهت ایجاد واریته های نیمه پاکوتاه توریا و سارسون با کشت در تراکم بالا، جهت دستیابی به عملکرد دانه بالا بکار گرفته شوند. تحمل خوبی به شوری در *B. juncea* نسبت به*B. campestris* مشاهده شد که آن را برای کشت در خاک های شور ایالت شمال غرب هند مطلوب می سازد. بطور کلی با استفاده از روش های اصلاحی از جمله تلاقی برگشتی می توان با انتقال صفات مطلوب به ویژه ژن های مقاومت به تنش های زنده و غیر زنده از گونه های وحشی به گونه زراعی بهره جست. توانایی نسبی واریته های کلزا بهاره به مقاومت در برابر سرما در زمان گلدهی اهمیت قابل ملاحظه در شمال هند و سوئد دارد. واکنش متغیر تحمل به سرما در واریته های هندی و سوئدی وجود دارد. در حال حاضر گروه های پژوهشی بیوتکنولوژی روی انتقال ژن تحمل به علفکش گلیفوسیت، کلروسولفوران و علفکش های دیگر به واریته های روغنی براسیکا تحقیق می کنند. در اروپا و کانادا نسبت به کشورهای آسیایی اصلاح برای روغن و کنجاله جهت تغذیه انسان و دام از اولویت های پژوهشی اصلی است. در حالی که روغن با اروسیک اسید بالا، مورد استفاده در صنعت است، اسید اروسیک صفر و گلوکوزینولات پایین (ارقام دو صفر) معمولا برای مصرف انسان مورد نیاز است. در حال حاضر واریته های با کیفیت کانولا یا دو صفر در بخش های مختلفی از جهان ایجاد می شوند.

موضوعات رایج دیگر در اصلاح کلاسیک کلزا، ایجاد واریته های هیبرید، ایجاد فیبر پایین، واریته های با رنگ بذر زرد و اصلاح واریته های *B. napus* مقاوم به ریزش، به منظور کاهش افت عملکرد هستند. این اهداف بر اساس تلاقی های بین گونه ای *B. napus* با گونه های متحمل به ریزش *B. rapa* و *B. juncea* حاصل شده است. همچنین گزارش شده است تلاقی های بین گونه ای از طریق بک کراس منابع خوبی برای ورود صفت رنگ زرد بذر به *B. napus* را فراهم می کنند.

منابع:

1. Edwards, D. Batley, J. Parkin, I and Kole, C. 2012. Genetics, Genomics and Breeding of Oilseed Brassicas, Chapter 4: Classical Genetics and Traditional Breeding. P.73-84.
2. Gupta, S. K. 2012. Technological innovation in major world oil crops, volume 1 breeding, Chapter3: Brassica. P. 52-83.

اصلاح موتاسیونی در کلزا

باتوجه به نرخ بالای رشد جمعیت، افزایش سرانه مصرف روغن‌های خوراکی و میزان واردات آن، علی‌رغم دستاوردهای بسیار تأثیرگذار در افزایش تولید گیاهان دانه‌های روغنی، هنوز نیاز به افزایش تولید این گیاهان برای تولید روغن وجود دارد(Meena et al, 2015) . به منظور افزایش راندمان در هر نوع گیاهی می‌بایست تنوع بالایی در خزانه ژنی اولیه وجود داشته باشد .(Kumar et al, 2013a; Kumar et al, 2015). تنوع ژنتیکی نقش اساسی در توسعه‌ی واریته‌های اصلاحی ایفا می‌کند. به عنوان مثال، به دلیل تنوع کم ژرم پلاسم *Brassica juncea* در طبیعت، کارایی اصلاح از طریق تلاقی کاهش یافته است، لذا برای ایجاد تنوع ژنتیکی، باید ابزارهای جدیدی بکار گرفته شود (Sestili et al, 2010). اصلاح موتاسیونی می‌تواند راهکار مناسبی برای تقویت تنوع ژنتیکی، به‌ویژه در مورد صفاتی با تنوع ژنتیکی کم باشد (Szarejko et al, 2007). گزارش‌های زیادی از اصلاح موتاسیونی موفق در دانه‌های روغنی مختلف در دسترس است (Bacelis, 2001; Spasibionek, 2006; Ferrie et al., 2008; Parry et al., 2009). موتاسیون‌های القا شده به طور کلی برای ایجاد تنوعی بکار گرفته شده‌اند که بندرت در ژرم‌پلاسم طبیعی پیدا می‌شد. جهش‌زایی برای بهبود تعداد زیادی از صفات مطلوب نظیر: زودرسی، پاکوتاهی، مقاومت به تنش‌های زنده و غیر زنده، عملکرد بذر و کیفیت روغن استفاده شده است (Schnurbush et al, 2000; Parry et al, 2009). جهش‌زا های فیزیکی و شیمیایی زیادی برای القاء جهش در گیاهان وجود دارد. ذات تغییر در ساختار ژنتیکی گیاهان به نوع عمل ماده‌ی جهش‌زا بستگی دارد (Feldmann et al, 1994; Meinke et al, 1998). بر اساس سطح دوز مصرف و زمان تیمار با موتاژن‌های مختلف، چندین نوع بازآرایی در قطعات DNA ممکن است اتفاق بیفتد که متعاقباً بر دامنه‌ی جهش تأثیرگذار است. اطلاع از دوز صحیح یک موتاژن خاص برای گیاه هدف (یا حتی گونه و ژنوتیپ خاص) جهت القاء جهش با تکرار مناسب بسیار با اهمیت است. اتیل متان سولفانات (EMS) یک جهش‌زای شیمیایی است که در ژنوم گیاهی جهش‌های تصادفی ایجاد می‌کند و گزارش شده است که از مؤثرترین و قوی‌ترین جهش‌زاها به شمار می‌رود(Hajra, 1979) و عموماً جهش‌های نقطه‌ای ایجاد می‌کند (Okagaki et al, 1991). فولور و همکاران (۱۹۷۵)، تنوع‌های مورفولوژیکی زیادی را با استفاده از EMS در *B. napus* بدست آوردند. بطور مشابه Khalatkar و همکاران(۱۹۹۱)، جهش‌های متنوعی را در *B. napus* گزارش کردند. جهش‌های زودرسی گل در *B. napus* توسط Landge و همکاران(۱۹۹۵) گزارش شده است. معمولاً تیمار با موتاژن سبب کاهش جوانه زنی بذر، نرخ رشد و قدرت باروری می‌شود. بعلاوه در تعداد زیادی از گیاهان تیمار شده قابلیت حیات در مراحل مختلف رشدی به میزان چشمگیری کاهش می یابد. دوز مصرفی برای حداکثر کارآیی عامل جهش‌زا، به خواص آن ماده و روش تیمار بستگی دارد. از این رو مصرف زیاد مواد جهش‌زا سبب نرخ بالای مرگ و میر شده و مصرف کم آن، جهش‌های کمی ایجاد می‌کند. اکثر پژوهشگرانی که در زمینه مطالعه مواد جهش زا فعالیت می کنند، عقیده دارند، دوز نزدیک به LD50 باید مورد استفاده قرار گیرد که در میان گونه‌ها و عوامل جهش‌زا مقدار متفاوتی است . در خصوص کلزا اطلاعات محدودی از دوز لازم

عوامل جهش‌زای شیمیایی موجود است و گزارشات قابل توجهی در خصوص گونه‌ها و واریته‌های متفاوت در دست نیست. در تحقیقی (Yadav et al, 2016)، برای تعیین دوز LD50 مربوط به مواد جهش‌زای EMS و بررسی تاثیر آن بر میزان سطوح مختلف پلوئیدی، آزمایشی بر روی دو واریته خردل هندی *B. juncea* (Tetraploid, 2n=4x=36, AABB) و یکی از گونه های وحشی آن *Sinapis alba* (Diploid, 2n=2x=24, SS) انجام گرفت. نتایج این آزمایش تاثیر معنی‌دار دوزهای EMS و دوره زمانی تیمار را در جوانه‌زنی بذور تیمار شده نشان داد. نتایج بدست آمده نشان داد دوزهای ۰/٤۲ ٪، ۰/۷۳ ٪ و ۰/۳ ٪ بمدت ۱۲ ساعت بترتیب برای واریته‌های خردل هندی و دو گونه خویشاوند وحشی تاثیر مناسبی داشته است. بعلاوه LD50 برای *Brassica juncea* از *S. alba* بیشتر بود و برای دو واریته‌ی *B. juncea* نیز متفاوت بود. این اطلاعات برای شروع برنامه اصلاح موتاسیونی در گیاهان جنس براسیکا بسیار مفید هستند.

منابع :

1. Bacelis, K. 2001. Experimental mutagenesis in fiber flax breeding. Biologia 1: 40-43. barley. Nature 196: 499.
2. Feldmann, KA., Malmberg, RJ., and Dean, C. 1994. Mutagenesis in Arabidopsis. In: Arabidopsis, pp: 137–172.
3. Ferrie, AMR., Taylor, DC., MacKenzie, SL., Rakow, G., Raney, JP., and Keller, WA. 2008. Microspore mutagenesis of Brassica species for fatty acid modifications: a preliminary evaluation. Plant Breed 127: 501-50.
4. Fowler, DB., and Stefansson, BR., 1972. Effects of the mutagenic agent EMS on the M1 generation of rape (*B. napus*). Can J Plant Sci 52: 53-62.
5. Hajara, NG. 1979. Induced of mutations by chemical mutagens in tall Indica rice. Indian Agric 23: 67-72.
6. Khalatkar, AS., and Indurkar, HS. 1991. Mutations for double zero *B. juncea*. In: Rapeseed in a changing world. Proc GCIRC 5: 1549-1554.
7. Kumar, A., Singh, BK., Meena, HS., Singh, VV., Singh, YP., and Singh, D. 2015. Cytomorphological and molecular characterization of F1 hybrids between *B. tournefortii* and *B. rapa*. Cytologia 80: 317-326.
8. Kumar, A., Singh, BK., Singh, VV., and Chauhan, JS. 2013. Cytomorphological and molecular evidences of synthesis of interspecific hybrids between *B. rapa* and *B. fruticulosa* through sexual hybridization. Aust J Crop Sci 7: 849-854.
9. Landge, SP., and Khalatkar, AS. 1995. Early flowering induced mutation in *B. napus* cv. Westar GCIRC 9th International Rapeseed Congress Cambridge, UK 3: 742-744.
10. Meena, HS., Kumar, A., Ram, B., Singh, VV., Meena, PD., Singh, BK., and Singh, D. 2015. Combining ability and heterosis for seed yield and its components in Indian mustard (*B. juncea L.*). J Agr Sci Tech 17: 1861-1871.
11. Meinke, DW., Cherry, JM., Dean, C., Rounsley, SD., and Koornneef, M. 1998. *Arabidopsis thaliana*: a model plant for genome analysis. Science 282: 679–682.
12. Okagaki, RJ., Neffer, MG., and Wessler, SR. 1991. A deletion common to two independently derived waxy mutations of maize. Genetics 127: 425-431.
13. Parry, MA., Madgwick, PJ., Bayon, C., Tearall, K., Hernandez-Lopez, A., Baudo, M,. Rakszegi, M., Hamada, W., Al-Yassin, A., Ouabbou, H., Labhilili, M., and Phillips, AL. 2009. Mutation discovery for crop improvement. J Exp Bot 60: 2817-2825.
14. Schnurbush, T., Mollers, C., and Becker, H.C. 2000. A mutant of *B. napus* with increased palmitic acid content. Plant Breed 119: 141-144.
15. Sestili, F., Botticella, E., Bedo, Z., and Phillips, A. 2010. Production of novel allelic variation for genes involved in starch biosynthesis through mutagenesis. Mol Breed 25: 145–154.
16. Spasibionek, S. 2006. New mutants of winter rapeseed (*B. napus L.*) with changed fatty acid composition. Plant Breed 125: 259-267.
17. Szarejko, I., and Forster, BP. 2007. Doubled haploidy and induced mutation. Euphytica 158: 359-370.
18. Yadav, P., Meena, HS., Meena, PD., Kumar, A., Gupta, R., Jambhulkar, S., Rani, R., and Singh, D. 2016. Determination of LD50 of ethyl methanesulfonate (EMS) for induction of mutations in rapeseed-mustard. Journal of Oilseed Brassica, 7 (1): 77-82.

جهش زایی

جهش زایی به عنوان نیروی حرکتی مهمی برای تکامل زیستی و مسئول ایجاد تنوع ژنتیکی است. جهش سبب تغییر در توالی مواد ژنتیکی (DNA) می شود و می تواند به صورت جهش زایی خود به خودی و القایی ایجاد شود. جهش های خود به خودی در طبیعت به میزان خیلی پایین رخ می دهند و استفاده از آنها برای اصلاح یک محصول مشکل است. میزان جهش به وسیله عوامل جهش زای فیزیکی و شیمیایی بیشتر شده در نتیجه تنوع مفید فراوان برای اصلاح و بهبود محصولات فراهم می شود. همچنین مدت زمان برنامه اصلاحی با استفاده از جهش زایی در مقایسه با برنامه های اصلاحی کلاسیک کوتاه تر می شود. در سال ۱۹۰٤، زمانی که De Vries پیشنهاد داد که پرتودهی می تواند باعث ایجاد جهش شود، دانشمندان دریافتند که پرتودهی اشعه X، γ، β ،α و نوترون ها می تواند باعث جهش در موجودات زنده شود و حوزه پژوهش جهش زایی فیزیکی شروع شد. همچنین زمانی که Auerbach و همکاران در سال ۱۹٤۳ بیان کردند گاز N- خردل اثرات جهش زایی روی سال ۱۹٤۳ بیان کردند گاز خردل اثرات جهش زایی روی موجودات زنده دارد، حوزه پژوهش جهش زایی شیمیایی مطرح شد. در دهه ۱۹۵۰ با ایجاد تکنولوژی انرژی اتمی، جهش زایی فیزیکی برای اصلاح گیاهان و با هدف بهبود صفات زراعی آنها مورد استفاده قرار گرفت. انتشار راهنمای اصلاح موتاسیون در دهه ۱۹٦۰ پیشرفت عمده ای در درک جهش زایی و ظهور دوره ای که جهش زایی می تواند بطور گسترده در اصلاح گیاهان مورد استفاده قرار گیرد، به دنبال داشت. پس از آن پیشرفت قابل ملاحظه ای در اصلاح گیاهان زراعی از طریق جهش زایی در ترکیب با روش های جدید ژنتیکی و ژنومی صورت گرفت. خانواده براسیکا محصولات گیاهی فراوان از جمله محصولات روغنی مانند *B. napus* را شامل می شود. با افزایش مصرف روغن پخت و پز به صورت روغن گیاهی در سراسر جهان، همواره ضرورت ایجاد ژرم پلاسم و واریته های جدید با بهبود صفات زراعی و کیفیت بذر بالا در محصولات براسیکا وجود دارد. اصلاح موتاسیونی محصولات براسیکا در سال ۱۹٤۰ شروع شد و ده ها واریته با بهبود صفات زراعی از طریق جهش زایی فیزیکی و شیمیایی اصلاح شدند.

جهش زایی القایی فیزیکی

جهش زایی القایی فیزیکی عمدتا به جهش DNA و تنوع کروموزومی ناشی از عوامل جهش زای فیزیکی مانند اشعه ایکس، اشعه گاما، اشعه آلفا، اشعه بتا، لیزر، شعاع الکترونی، شعاع یونی، اشعه فرابنفش و غیره اشاره دارد. تنوع ژنتیکی حاصل از جهش از طریق انتقال انرژی به مواد هدف (DNA) به وسیله ذرات الکترونی یا ذرات باردار با انرژی بالا، با جلوگیری از سنتز DNA، شکسته شدن زنجیره مضاعف DNA و آسیب مولکول DNA، حاصل می شود. جهش زاهای فیزیکی شامل

اشعه ایکس، اشعه گاما و نوترون های سریع حرارتی بطور گسترده در اصلاح موتاسیونی براسیکا بکار گرفته شدند. زمانی که گیاه با جهش زاهای فیزیکی تیمار می شود، معمولا اثرات برخی فنوتیپ های تغییر یافته، نشان خواهد داد که تغییرات فنوتیپی مطلوب می توانند به عنوان ژرم پلاسم جدید مورد انتخاب قرار گیرند. اثرات پروتون ها در جهش های القایی همانند نوترون های سریع، موثرتر از اشعه گاما بیان شد. گزارش شد زمانی که ترکیب تیمارهای گیاهی مختلف بکار گرفته شود، فراوانی جهش می تواند افزایش یابد.

جهش زایی القایی شیمیایی

در مقایسه با جهش زایی فیزیکی که به وسیله پرتوهای یونیزه کننده ایجاد می شود که با قدرت نفوذ زیاد، تخریب قابل ملاحظه ساختار کروموزوم را سبب می شوند، جهش زایی شیمیایی می تواند باعث جهش های نقطه ای بیشتر و درصد پایینی از انحرافات کروموزومی شود. بطور کلی مواد جهش زای شیمیایی بر اساس مکانیسم جهش زایی به سه نوع تقسیم می شوند: جهش زاهای آنالوگ بازی مانند ۵-برومو اوراسیل (5-BU) و سدیم ازاید (SA)، جهش زاهایی که بطور مستقیم بر ساختار DNA تاثیر می گذارند مانند عوامل آلکالیل و نیترات و جهش زاهایی که در چارچوب DNA ایجاد می کنند. مانند آنتی بیوتیک ها در میان تمامی جهش زاهای شیمیایی، اتیل متیل سولفونات (EMS) و عوامل آلکالیل کننده، متداول ترین جهش زاها بوده و بطور گسترده در اصلاح گونه های براسیکا استفاده می شوند. اتیل متیل سولفونات معمولا باعث تغییرات نوکلئوتیدی منفرد با فراوانی بالا در ژنوم می شود. همچنین دی اتیل سولفات (DES)، اتیلن آمین (EI)، پروپان سولتون، N-نیتروز-N-یورتان (MNU) و سدیم ازاید بطور گسترده جهت القاء جهش در براسیکا استفاده می شوند. مواد گیاهی و اندامهای تحت تیمار، نقطه کلیدی برای بهبود کارایی جهش، غربال گری و انتخاب موتانت ها هستند. بطور کلی اندامهای مختلف گیاه می توانند به عنوان هدف مناسب برای القا جهش انتخاب شوند. به هرحال جهش زایی باید نفوذ موثر مواد جهش زا را تضمین کند. نقطه رشد و اندام های زایشی معمولا به عنوان محل هدف جهش زایی برای بدست آوردن موتانت های وراثتی با کارایی بالا انتخاب می شوند. در حال حاضر دانه گرده (بساک)، جنین نابالغ، بذر و کالوس بطور گسترده به عنوان هدف برای القاء جهش در براسیکا استفاده می شوند.

منبع:

Edwards, D. Batley, J. Parkin, I. and Kole, C. 2012. Genetics, Genomics and Breeding of Oilseed Brassicas, Chapter 8: Mutagenesis. P.158-173.

غربالگری و شناسایی موتانت ها در موتانزایی براسیکا

اکثر موتاسیون های القایی در عمل قابل مشاهده نیستند، بنابراین غربالگری و شناسایی موتانت قابل مشاهده برای موفقیت در اصلاح موتاسیونی بسیار مهم است. مطالعات اولیه در شناسایی موتانت ها به انتخاب فنوتیپی وابسته است. بررسی مستقیم فنوتیپ در فردی با تنوع فنوتیپی آشکار، ساده و روشی موثر است در حالی که این بررسی بطور صحیح و سریع، در یک جمعیت بزرگ، کار مشکلی می باشد. بطور کلی بررسی مستقیم موتانت ها چندین عیب دارد:

اول این که از آنجایی که گیاهان تحت تیمار موتاسیون جهت شناسایی صفات خاص اغلب در مزرعه کشت می شوند، پژوهشگران باید هزینه و زمان زیادی را برای شناسایی موتانت ها صرف کنند. دوم این که انتخاب موتانت های مطلوب برای برخی صفات کمی بسیار مشکل است. اکثر صفات محصولات زراعی به وسیله چندین ژن کنترل می شوند، بنابراین بدست آوردن گیاهی با موتاسیون در تمامی ژنهای تاثیر گذار روی یک صفت، غیر ممکن است. سوم، زمانی که موتاژن های فیزیکی و شیمیایی موتاسیونهای تصادفی ایجاد می کنند، شناسایی محل موتاسیون در ژنوم که سبب فنوتیپ جدید می شود، بسیار مشکل است و دقیقا مشخص نیست که فنوتیپ های جدید، به وسیله تنوع محیطی یا به دلیل موتاسیون ژنتیکی ایجاد شده اند. امروزه با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی و توسعه مارکرهای مولکولی، غربال گری و شناسایی موتانت ها در سطح مولکول با استفاده از مارکرهای مولکولی متنوع در براسیکا امکان پذیر می باشد. اخیرا تکنولوژی جدید تیلینگ (آسیب های موضعی مورد هدف در ژنوم) برای شناسایی موتاسیون های نقطه ای با هزینه کم، توان بالا و اتوماتیک معرفی شده است.

حفاظت موتانت ها در براسیکا

از آنجایی که با استفاده از روش های مختلف می توان در کلزا موتاسیون ایجاد کرد، لذا می توان به موتانت های با ارزش فراوان برای اصلاح و مطالعه دست یافت. سوالی که مطرح می شود این است که چگونه این موتانت ها ذخیره می شوند تا ما بتوانیم بهترین استفاده را از آنها ببریم. بهترین روش، تشکیل کتابخانه موتانت است. بطور کلی جمعیت موتانت باید شامل دو بخش باشد: یکی به بذور حاصله از هر گیاه بر می گردد، که وراثت موتاسیون ها را داراست. بخش دیگر DNA است که برای ردیابی موتاسیون مورد داراست. بخش دیگر DNA است که برای ردیابی موتاسیون مورد استفاده قرار می گیرد. بطور کلی، هنگامی موتانت ارزشمند است که DNA و بذر در دسترس بوده و قابلیت بکارگیری در پژوهش را داشته باشند.

دستاورد های موتاسیون القایی در براسیکا

افزایش میزان روغن بذر موتانت ها

یکی از مهمترین ویژگی ها برای قضاوت در مورد ارزش زراعی کلزا، میزان روغن بذر است. افزایش میزان روغن بذر یکی از مهترین اهداف اصلاحگران کلزا است. مثال های زیادی از افزایش میزان روغن با استفاده از موتاسیون های القایی در کلزا بیان شده است. وانگ و همکاران (۲۰۰۸)، ۱۱٦۸ بذر M3 از جمعیت بزرگ موتانت *B. napus* تیمار شده با EMS را بررسی کردند. آنها فراوانی میزان روغن را در موتانت ها (٤۷/۸ درصد) بطور قابل ملاحظه بیشتر از تیپ وحشی (۳۰/٦۲ درصد) بیان کردند. از آنجایی که میزان روغن یک صفت کمی است و به وسیله ژن های زیادی کنترل می شود، انتخاب گیاهان موتانت با میزان روغن بالا وو ثابت در بذور بسیار با اهمیت است.

تغییر ترکیبات چربی

روغن کلزا به عنوان روغن گیاهی عالی برای مصرف انسان شناخته شده است، چرا که ترکیب اسید چرب آن به ویژه سطوح پایین اسیدهای چرب اشباع و سطوح بالای اسید چرب غیر اشباع تک باند مضاعف، برای تغذیه انسان بسیار مفید است. به هرحال هنوز نیاز است انواع دیگر اسیدهای چرب در روغن افزایش یا کاهش داده شوند. در اینجا مثالی از تغییر ترکیب اسید چرب در کلزا از طریق ایجاد موتاسیون ارائه شده است. میکروسپورهای تازه جدا شده از *Brassica* ابتدا در محیط کشت حاوی EMS خیس داده شدند و سپس بر اساس پروتکل استاندارد کشت میکروسپور کشت شدند. پس از آن بذور از هر لاین دابل هاپلوئید برداشت شدند. بعد از آنالیز اسیدهای چرب *B. napus* بیان شد که ترکیب اسید چرب در مقایسه با لاین های والدینی بطور قابل توجه تغییر می کند. لاین های با میزان ایده آل اسیدهای چرب خاص می توانند به عنوان منابع ژنتیکی در برنامه های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند.

غربال گری موتانت ها با مقاومت به بیماری

بیماریهای کلزا می تواند باعث کاهش شدید عملکرد شود و هزینه کشت گیاه را برای کشاورزان افزایش دهد. باکتری ها، ویروس ها و قارچ ها انواع مختلف بیماری را سبب می شوند. بهبود مقاومت به بیماری کار مهم اصلاحگران و پژوهشگران در رابطه با کلزا است. طی دهه گذشته مثالهای زیادی از انتخاب گیاهان مقاوم به بیماری از موتانت های کلزا وجود دارد. در سال ۱۹۹۹ مولین و همکاران اولین بار جمعیت موتانت کلزا، به وسیله EMS ایجاد کردند. بعد از تلقیح برگ های جوان گیاه با قارچ بیماریزای *Sclerotinia sclerotiorum* دریافتند جمعیت M2 تنوع بیشتری نشان می دهد و میزان آلودگی در آنها کمتر از جمعیت والدینی بود.

چشم اندازهای موتانزایی القایی برای بررسی های ژنتیکی و اصلاح در براسیکا

موتانزایی خود به خودی و مصنوعی هر دو برای ایجاد تنوع ژنتیکی با ارزش هستند. امروزه موتاسیون القایی برای اصلاح تولید محصول به عنوان یکی از روش های اصلی می تواند ژرم پلاسم جدید فراوان برای کمک به دورگ گیری کلاسیک فراهم کند و پیشرفت های زیادی در این زمینه صورت گرفته است. اگر چه تاکنون موتانزایی زیادی در محصولات مختلف ایجاد شده است، اما هنوز فناوری موتانزایی نیاز به پیشرفت دارد. بویژه موتانزایی می تواند با روش های بیوتکنولوژی در اصلاح موتاسیونی ترکیب شود، که به آنالیز و شناسایی موتاسیونها در ژنهای هدف کمک خواهد کرد. بطور کلی در اصلاح موتاسیونی گونه های براسیکا مشکلاتی وجود دارد که باید همواره مورد توجه قرار گیرد. مهمترین مسئله در اصلاح موتاسیونی گونه های براسیکا، مسئله پلی پلوئیدی محصولات براسیکا است. شناسایی موتانت به دلیل وجود ژنهای چند نسخه ای به تاخیر می افتد، چرا که وقتی موتاسیون در یک ژن اتفاق می افتد، فنوتیپ اغلب می تواند با ژن های پارالوگ دیگر تکمیل شود. همچنین ژن های چند نسخه ای می توانند مشکل طراحی پرایمر را برای شناسایی ژنی خاص، افزایش دهند بنابراین مانع از بدست آوردن توالی ژن هدف می شوند. به هرحال همانطورکه فناوری توالی یابی ژنوم توسعه می یابد، توالی های کامل ژنوم برای محصولات مختلف براسیکا به زودی قابل دسترس خواهد بود. در نتیجه اطلاعات توالی برای هر ژن هدف، بدون اهمیت به کپی های زیاد آنها، به آسانی بدست خواهد آمد.

منابع:

1. Edwards, D. Batley, J. Parkin. I and Kole, C. 2012. Genetics, Genomics and Breeding of Oilseed Brassicas, Chapter 8: Mutagenesis. P.158-173.

2.Wang, N. Wang, Y. J. Tian, F. King, G. J. Zhang, C. Y. Long, Y. Shi, L and Meng, J. L. 2008. A functional genomics resource for *Brassica napus*: development of an EMS mutagenized population and discovery of FAE1 point mutations by TILLING. New Phytol, 180: 751–765.

3. Mullins, E. Quinlan, C and Jones, P. 1999. Isolation of mutants exhibiting altered resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* from small M2 populations of an oilseed rape (*Brassica napus*) variety. Eur J Plant Pathol, 105: 465–475.

جمعیت موتانت کلزا برای شناسایی تنوع ژنتیکی جدید با استفاده از TILLING و توالی‌یابی نسل بعدی (بخش اول)

نسل‌ها است که انسان‌ها اصلاح و کشت گیاهان را برای استفاده از برتری تنوع ژنتیکی که در طول زمان تداوم دارد و در سراسر ژنوم گیاهان توزیع شده‌است، انجام می‌دهند. برای شناسایی نقش تعداد زیادی از ژن‌های درگیر در رشد و نمو گیاه از نسل‌شناسی رو به جلو استفاده شده است. با این حال با ظهور توالی‌یابی ژنوم، در حال حاضر نقش اکثر ژن‌ها ناشناخته است و تنها از طریق شباهت توالی یا الگوهای بیان می‌توان نقش آن‌ها را پیش‌بینی نمود. به همین دلیل، چندین تکنیک ژنتیک معکوس ارائه گردیده است که محققان را قادر می‌سازد تا گیاهان را با جهش‌هایی در توالی ژن شناخته شده، شناسایی کنند. باتوجه به مشخصات یک گیاه حامل جهش‌های خاص، برای دیدن اینکه آیا تغییرات در ژن روی صفات فنوتیپی مؤثر است، این بررسی می‌تواند صورت گیرد. هدف‌گیری آسیب‌های مکانی القا شده در ژنوم[1] (TILLING) یک تکنیک ژنتیک معکوس است که به‌طور مستقیم اجازه می‌دهد غربال‌گری مقرون به‌صرفه برای جهش‌های نقطه‌ای یا چندشکلی‌های تک نوکلئوتیدی (SNPs) در یک ژن خاص مورد نظر در یک بازه زمانی قابل قبول برای اکثر پروژه‌ها صورت گیرد. TILLING می‌تواند برای غربال تنوع ژنتیکی طبیعی در جمعیت‌های وحشی یا برای چندشکلی‌های القا شده در جمعیت‌های جهش‌یافته استفاده شود. جهش‌زایی شیمیایی با بکار بردن اتیل‌متان‌سولفونات (EMS) یا اتیل‌نیتروسورا (ENU) برای تولید جهش‌های نقطه‌ای (SNPs) در توالی DNA تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی برای تحقیقات کاربردی و بنیادی مورد استفاده قرار گرفته است. جهش‌های القا شده در این روش به‌طور تصادفی در سراسر ژنوم توزیع می‌شود و در یک فرکانس به اندازه کافی بالا انجام آزمون‌های عملکردی ژن روی سطح ژنوم را امکان‌پذیر می‌سازد. آن‌ها می‌توانند در یک رقم منجر به از دست دادن عملکرد و یا به ندرت به‌دست‌آوردن عملکرد فنوتیپ‌ها شوند. از دست رفتن عملکرد آلل‌ها ممکن است از طریق جهش‌های بی‌معنی یا پیوستگی، عملکرد ژن را به‌طور کامل حذف کند، اما اغلب نتیجه آلل‌ها بی‌معنی هستند یا منجر به از دست‌دادن جزئی فعالیت شده که این مسئله می‌تواند طیف وسیعی از آلل‌ها با اثرپذیری مختلف برای هر ژن را شامل شود. جهش‌های نقطه‌ای که به ندرت باعث غالبیت افزایش عملکرد فنوتیپ‌ها می‌شود، نیز توصیف شده‌است.

منبع:

Gilchrist, E. J., Ch. H. D. Sidebottom, Ch. Sh. Koh, T. MacInnes1, A. G. Sharpe, G. and. Haughn, W. 2013. A Mutant *Brassica napus* (Canola) Population for the Identification of New Genetic Diversity via TILLING and Next Generation Sequencing. Plus One,8(12),1-11

[1] Targeting Induced Local Lesions in Genomes (TILLING)

جمعیت موتانت کلزا برای شناسایی تراکم ژنتیکی جدید با استفاده از TILLING و توالی‌یابی نسل بعدی (بخش دوم)

گیاه کلزا یکی از دانه‌های روغنی مهم در جهان است. روغن دانه‌های کلزا نه‌تنها برای غذا و سوخت بلکه در لوازم آرایش، جوهر، آفت‌کش‌ها، روان‌کننده‌ها و خنک‌کننده‌ها نیز استفاده می‌شود. ترکیبات خاص اسیدچرب متفاوت روغن‌ها آن را نسبت به گیاهان مختلف برای استفاده‌های ویژه مناسب می‌سازد. برای مثال کاربرد سلکسیون و اصلاح، محتوای اروسیک اسید و گلوکوزینات کم (خیلی کم یا در حد صفر) در بذور لاین کلزا (*B. napus*) توسعه یافته که اجازه نمو واریته کانولا از این محصول را داد. کانولا بذرهایی تولید می‌کند که برای تولید روغن بسیار مناسب هستند، چربی اشباع‌شده پایینی دارند و اسیدهای‌چرب امگا۳ بالاتری نسبت به روغن‌های تجاری در دسترس دارند. نشان داده شده است که این ویژگی‌ها تأثیر مثبت قابل توجهی بر سلامت انسان دارند و باعث کاهش بیماری‌هایی از قبیل سرطان، بیماری قلبی و بعضی از اختلالات عصبی می‌شوند. تغییر در سطوح و انواع اسیدهای‌چرب موجود در روغن دانه از نظر ژنتیکی کنترل شده است اما اخیراً، عمده‌ترین دست‌ورزی ژنتیکی در گیاهان با استفاده از روش‌های تراریخته با ورود ژن‌های خارجی به گیاه صورت می‌گیرد که این ژن‌ها تقریبا با روش‌های کلاسیک جهت تولید بیشترین عملکرد اصلاح شدند. تکنیک TILLING[2] (هدف‌گیری آسیب‌های مکانی القا شده در ژنوم) می‌تواند تغییرات ژنتیکی اضافی مورد نیاز برای بهبود محصولات بدون کاربرد ترنس‌ژن‌ها را فراهم کند. این برای همه گونه‌هایی که جمعیتی از جهش‌یافته‌ها یا تنوع طبیعی وجود داشته باشد سازگار است. به‌علاوه یکی از معدود تکنیک‌هایی است که برای استفاده در گونه‌های پلی‌پلوئید مثل کلزا (*B. napus*) مناسب است. ژنتیک کلاسیک و معکوس در گونه‌های پلی‌پلوئیدی به‌خاطر این واقعیت که هر ژن با کپی‌های متعددی وجود دارد پیچیده هستند. بنابراین، یک جهش در یک مکان ژنی منفرد شاید با جهش در یک غربالگری ژنتیکی پیش‌رونده یکی نباشد. زیرا از دست رفتن نقش آن ژن شاید با فعالیت ژن‌های همولوگ محافظت شده باشد. ژنتیک معکوس یک روش عملی برای تجزیه و تحلیل عملکردی ژن در پلی‌پلوئیدها است. از طریق تکنیک TILLING جهش‌ها در ژن‌های همولوگ فرد می‌تواند به‌طور مستقل شناسایی شده و سپس به‌منظور مشاهده فنوتیپ ممتاز و شناسایی نقش این ژن در گیاه به همان لاین وارد شوند. این رویکرد مشابه می‌تواند جهت رفع مشکلات افزودن ژنتیکی در دیپلوئیدها اعمال شود، زمانی که هر همولوگ از خانواده چندژنی بتواند به‌طور مستقل مورد هدف قرار گرفته و با استفاده از تلاقی‌های ژنتیکی در یک لاین واحد ترکیب شود. پیش‌نیاز ضروری برای تکنیک TILLING در کلزا یک جمعیت با تنوع ژنتیکی قابل توجه است. چنین جمعیتی (جهش‌یافته یا طبیعی) می‌تواند برای غربال تنوع در ژن‌ها با پتانسیل بهبود زراعی صفات مهم مؤثر، برای مثال وعده غذایی برای تغذیه و خوراک حیوانات و ایجاد تنوع در محتوای روغن دانه برای مصارف تغذیه‌ای و صنعتی استفاده شود.

منبع:

Gilchrist, E. J., Ch. H. D. Sidebottom, Ch. Sh. Koh, T. MacInnes1, A. G. Sharpe, G. W. Haughn. 2013. A Mutant *Brassica napus* (Canola) Population for the Identification of New Genetic Diversity via TILLING and Next Generation Sequencing. Plus One,8(12),1-11.

[2] Targeting Induced Local Lesions in Genomes (TILLING)

جریان ژن بین کلزا و گونه‌های وحشی

کلزا (*Brassica napus*) گیاهی است که تا حدی دگرگرده افشانی دارد. دانه گرده کلزا توسط حشرات و باد منتقل می‌شود و بذور آن قبل و بعد از برداشت ریزش می‌کنند. جریان ژن بین کلزا و گونه‌های وحشی خویشاوند در مزارع ممکن است عواقبی مانند اثرات روی خلوص و کیفیت برداشت محصول و فراوانی گونه‌های وحشی به دنبال داشته باشد. همچنین اختلاط ناخواسته بذر ارقام مختلف در طول برداشت و حمل و نقل از منابع دیگر ایجاد ناخالصی‌های بذری می‌باشند. برای محدود کردن پراکندگی ژن از طریق دانه گرده و بذر، برخی اقدامات می‌تواند در نظر گرفته شود. در این میان مؤثرترین کار جداسازی فیزیکی مزارع، کنترل مؤثر گیاهان خویشاوند، آزمون خلوص بذر گواهی شده و تمیز کردن ماشین‌آلات کشاورزی است. انتقال ژن به کلزا ممکن است عمدی یا خود به خودی باشد. جریان ژن عمدی نتیجه تلاقی‌های کنترل‌شده بین کلزا و گیاهان دهنده دانه گرده است. این نوع هیبریداسیون اغلب بخشی از فعالیت‌های اصلاحی جهت تولید مواد گیاهی خاص برای اهداف پژوهشی است. انتقال خود به خودی ژن‌ها می‌تواند بین گیاهان کلزا (انتقال درون گونه‌ای) یا بین کلزا و گونه‌های خویشاوند در جنس براسیکا (انتقال بین گونه‌ای) و یا بین کلزا و گونه‌ای از جنس دیگر براسیکا (انتقال بین جنسی) رخ دهد.

انتظار می‌رود انتقال بین گونه‌ای و بین جنسی نسبتاً نادر باشد. شایع‌ترین انتقال ژن بین گونه‌ای، میان کلزا و گونه *B. rapa* است. پس از تشکیل هیبرید بین محصول زراعی و گونه خویشاوند، بقای هیبرید در اکوسیستم به شایستگی هیبرید وابسته خواهد بود. عوامل مختلفی در ارزیابی احتمال جریان ژن خود به خودی بین محصول زراعی و ارقام خویشاوند یا وحشی آن مورد توجه قرار می‌گیرد: (۱) ارتباط نزدیک بین گیاهان گیرنده و اهدا کننده دانه گرده درنتیجه همپوشانی گلدهی در زمان و مکان (۲) تولید هیبریدهای F1 بارور و بقای آن‌ها (۳) انتقال ژن از طریق بک کراس‌های پی در پی و یا سلفینگ (٤) ورود ژن پایدار از طریق نوترکیبی بین ژنوم گیرنده و اهدا کننده (٥) نگهداری ژن وارد شده در گیاه گیرنده.

به‌طور کلی برای تلاقی‌های خود به خودی بین ارقام مختلف کلزا، موانع انتقال در موارد دو تا پنج وجود ندارد اما برای انتقال بین گونه‌ای و بین جنسی تمام موارد می‌تواند در انتقال ژن موانع ایجاد کنند. در مزارع کلزا انتقال ژن‌ها ممکن است به‌صورت خود به خودی بین *B. napus* و هم‌زمان با خویشاوند وحشی یا علف هرز صورت گیرد، چرا که به‌طور معمول در زمان گلدهی همپوشانی قابل توجهی وجود دارد. مرحله اول در ارزیابی محدوده و عواقب انتقال ژن این است که ثابت شود که هیبرید حاصله در شرایط

طبیعی با چه فراوانی تشکیل می‌شود و آیا بارور می‌باشد. مرحله بعدی تجزیه و تحلیل شایستگی این هیبریدها است، به‌عنوان مثال تا چه حد آن‌ها پایدار، رقابتی بوده و تولید نتاج می‌کنند. مرحله نهایی ارزیابی نتیجه جریان ژن است.

بسیاری از خویشاوندان وحشی کلزا در مزارع کشت فراوان هستند درنتیجه دهندگان بالقوه دانه گرده به کلزا می‌باشند. با این حال، در میان ۲۴۰ گونه متعلق به قبیله Brassiceae، تنها چهار گونه وحشی در هیبریداسیون خود به خودی با *B. napus* گزارش شده است. این گونه‌ها شامل: *B. rapa*، *Raphanus raphanistrum*، *Sinapis arvensis*، و *Hirschfeldia incana* می‌باشند. همچنین امروزه انتقال خود به خودی ترانس ژن از انواع کلزا تراریخت به کلزا غیر تراریخت به یک مسئله قابل توجه تبدیل شده است. بسیاری از مصرف کنندگان به‌ویژه در اروپا تقاضا کلزا عاری از ژن تراریخت دارند، همچنین اقتصاد برخی از کشاورزان ارگانیک به تولید کلزا عاری از ژن تراریخت وابسته است

. نتایج احتمالی انتقال ژن شامل: (۱) تداوم و تهاجم محصول زراعی یا خویشاوند وحشی ممکن است به دلیل دریافت ژن جدید افزایش یابد، که بر عملیات کشاورزی و یا ترکیب گونه‌ها و تعادل اکوسیستم‌های طبیعی تأثیر می‌گذارد. (۲) محصولات تراریخته ممکن است در محیط زیست و تنوع زیستی تأثیراتی داشته باشند. علاوه بر این، جریان ترانس ژن‌ها ممکن است پیامدهای اقتصادی داشته باشد، در صورتی که محصول برداشت شده نتواند به‌عنوان محصول عاری از ژن تراریختگی فروخته شود. البته به چه میزان عواقب انتقال ژن رخ خواهد داد به صفات منتقل‌شده، دریافت‌کننده، و محیط زیست بستگی دارد. در حال حاضر انتقال ژن بین گونه‌ها به عواقبی مانند ایجاد علف‌های هرز جدید یا به خطر انداختن گونه‌های نادر تقریباً برای بسیاری از گیاهان زراعی اثبات‌شده است.

عواقب جریان ژنی بین کلزا (*Brassica napus*) و گونه‌های خویشاوند

یکی از روش‌های ارزیابی تأثیر جریان ژنی، شناسایی آن بین محصول زراعی و خویشاوندان وحشی از طریق تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی جمعیت علف هرز و کنترل آن در صورت وجود هر گونه تغییر در چرخه زندگی و رفتار جمعیت دریافت کننده آن ژن است. جریان ژن از طریق بذر و دانه گرده، یک فرآیند بیولوژیکی اساسی است. دورگ گیری که در محصول زراعی یک منطقه با خویشاوند سازگار (علف هرز، گونه وحشی و یا محصول زراعی) رخ می‌دهد، به همپوشانی دوره گلدهی، گرده مناسب، پراکندگی بذر و باروری موفق بستگی دارد. این‌ها پیش نیاز جریان ژنی می‌باشند. مرحله بعد جریان ژنی چگونگی رفتار و باروری هیبریدهای حاصله است. کلزا *Brassica napus* L. گیاهی مناسب برای بررسی روند جریان ژنی است زیرا دانه گرده و بذر زیادی تولید می‌کند و با چندین گونه خویشاوندی نزدیک دارد. جریان ژن در *B. napus* می‌تواند در یک منطقه محدود و یا در سراسر آن از طریق پراکندگی دانه گرده یا بذر با طی مسافت طولانی رخ دهد.

انتقال بذر در زمان (بذر دارای خواب در خاک) و مکان، ممکن است در منابع جدید از جمله گیاهان تاریخته در طی سال‌ها و در مکان‌هایی که کلزا وجود نداشته حاصل شود. امروزه فرآیند جریان ژنی بین محصولات تاریخته و خویشاوندان وحشی یکی از عواقب ناخواسته امکان انتشار این محصولات در نظر گرفته می‌شود. ارقام تاریخته تجاری سازی شده در بسیاری از محصولات مهم زراعی مانند سویا، برنج، گندم، ذرت، پنبه، کلزا، یونجه و چغندرقند در جهان کشت می‌شوند. بسیاری از این گونه‌های تاریخته می‌توانند با خویشاوندان وحشی خود تلاقی یابند.

مقامات نظارتی اروپا تمایلی به اجازه کشت دانه‌های روغنی تاریخت ندارند زیرا از جریان ژنی به هر دو ارقام وحشی و زراعی نگران هستند. در ارزیابی خطرات گیاهان تاریخته طی فرایند جریان ژنی مواردی در نظر گرفته می‌شودکه شامل:

۱. حفاظت خویشاوندان وحشی به دلیل منابع بیولوژیکی و نگرانی از روند تغییرات تکاملی آنها (به عنوان مثال گیاه *Brassica oleracea* گونه‌ای حفاظت‌شده در بسیاری از کشورها است).

۲. وجود علف هرز خویشاوند محصول زراعی، برای جلوگیری از شباهت محصول زراعی با گونه‌هایی که در حال حاضر علف‌های هرز رایج و مزاحم هستند.

بذور دارای خواب در خاک بانک بذر ایجاد می‌کنند. نوع رقم، کشت کم‌عمق و شرایط شخم (تاریخ، عمق و رطوبت) به عنوان عوامل کلیدی کنترل اختلاط بذر در بانک بذر هستند. در برخی موارد گیاهچه‌های مقاوم به علف‌کش ده سال پس از آزمایشات مزرعه‌ای جوانه می‌زنند. جمعیت وحشی می‌تواند تا ۹ سال در بانک بذر برای جریان ژن به مناطق دور باقی بماند. از این رو جریان ژنی تنها محدود به منطقه جغرافیایی نیست بلکه می‌تواند در مکان‌های نامعلوم و با تأخیر زمانی رخ دهد. دانه گرده، عامل اصلی تبادل اطلاعات ژنتیکی میان گیاهان خویشاوند، از جمله گونه و جنس خویشاوند با ژنوم متفاوت است. تقریباً نیمی از گرده تولید شده توسط یک گیاه در فاصله کمتر از سه متر از گیاه سقوط می‌کند. با این حال، جریان ژن به واسطه دانه گرده کلزا تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله زمان گلدهی، ژنوتیپ، سرعت و جهت باد، فاصله بین جمعیت دهنده و گیرنده گرده، نوع و حرکت حشرات، باز بودن و موقعیت گل بر روی گیاهان، تجمع بوته، اندازه منبع جمعیت و نقش گرده گیاهان اطراف می‌باشد. اکثر دگرگرده افشانی بین گیاهان با فاصله کمتر از ۱۰ متر رخ می‌دهد، در حالی که به ندرت بیش از یک درصد در فواصل دورتر از ۳۰ متر اتفاق می‌افتد. البته توزیع تصادفی گرده کلزا در چند کیلومتر دورتر از منبع دانه گرده گزارش شده است.

دورگ گیری بین کلزا و خویشاوندان وحشی

به غیر از *B. napus* و *Brassica juncea*، تمامی گونه‌ها در جنس براسیکا عمدتاً خود ناسازگار هستند. بنابراین یک گیاه وحشی مجزا نمی‌تواند بذر تولید کند مگر اینکه گرده خارجی به گل‌ها برسد که باعث عدم وجود رقابت گرده شده و وضعیت عالی برای تلاقی‌های بین گونه‌ای فراهم می‌شود.

خانواده براسیکا (Brassicaceae)، شامل بیش از ۳۰۰۰ گونه در ۳۷۰ جنس بوده که اکثر گونه‌ها در معرض جریان ژنی قرار دارند. سه گونه *B. napus* (AACC 2n = 38)، *B. juncea* (AABB 2n =36) و *B. carinata* (BBCC، 2n = 34)، آلوتتراپلوئید می‌باشند و از سه گونه دیپلوئید *B. nigra* (BB، 2n = 16)، *B. oleracea* (CC, 2n = 18) و *B. rapa* (AA, 2n = 20) به وجود آمدند.

تلاقی‌های خود به خودی اغلب بین *B. napus* و *B. rapa* یا *B. juncea* رخ می‌دهد. هیچ تلاقی طبیعی بین سه گونه آلوتتراپلوئید و *B. nigra* گزارش نشده است اما *B. napus* نرعقیم زمانی که در معرض *B. nigra* قرار می‌گیرد هیبریدهای خود به خودی تولید می‌کند. اگرچه گزارش شده است که احتمال دورگ‌گیری *B. napus* × *B. carinata* و *B. juncea* × *B. carinata* با گرده‌افشانی دستی وجود دارد و هیبرید بین *B. rapa* و *B. carinata* تنها وقتی حاصل می‌شود که *B. carinata* به عنوان والد ماده استفاده شده است. در حال حاضر هیبرید بین *B. rapa* و *B. nigra* تنها با نجات جنین در شرایط آزمایشگاهی حاصل می‌شود. امروزه ضرورت استفاده از تکنیک‌های نجات جنین در شرایط آزمایشگاهی جهت به دست آوردن هیبریدهای بین گونه‌ای توسط اصلاح‌گران بسیار قابل توجه است. ایجاد برخی از هیبریدهای بین گونه‌ای تنها از طریق روش‌های مصنوعی صورت می‌گیرد به‌طوری که وقوع چنین هیبریدهایی به‌صورت خود به خودی گزارش نشده است. به عنوان مثال هیچ تلاقی طبیعی در آزمایشات مزرعه‌ای بین سه گونه آلوتتراپلوئید براسیکا و خردل (*Sinapis arvensis* 2n=18) رخ نداده است که نشان می‌دهد انتقال مستقیم ژن از *B. napus* به *S. arvensis* بسیار بعید است. اما هیبریداسیون خود به خودی بین *B. napus* و تربچه وحشی (*R. raphanistrum*، RrRr, 2n = 18) می‌تواند در مزرعه با فراوانی کم بر روی *R. raphanistrum* به عنوان والد ماده رخ دهد ولی هیبریدهای متعدد به آسانی در *B. napus* نرعقیم به عنوان والد ماده تولید می‌شود. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته ظرفیت متغیری برای باروری در میان گونه‌های کلزا مشاهده می‌شود. این مسئله می‌تواند بیان کند که چرا تشخیص یا فراوانی هیبرید در بررسی‌ها و جوامع متغیر است که مانع برآورد واقعی هیبریداسیون بین گونه‌های براسیکا می‌شود.

ژنتیک مولکولی کاربردی در اصلاح گیاهان

نرعقیمی در کلزا

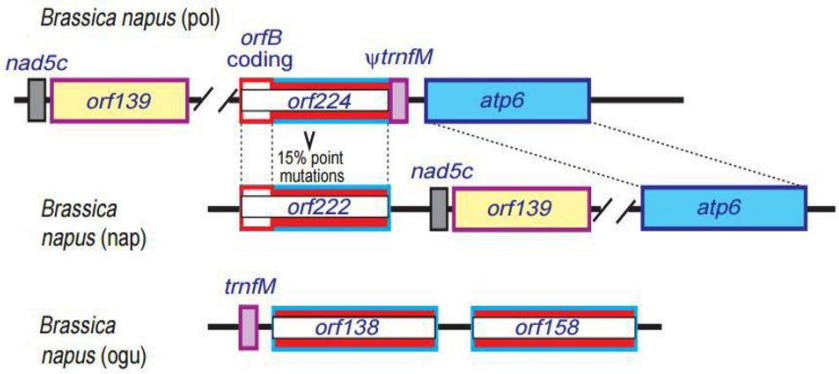
نرعقیمی سیتوپلاسمی (CMS) در نتیجه بیان برخی ژن‌های شیمری (ژن‌هایی که بر اثر نوترکیبی چندگانه از بخش‌های متفاوت دو یا چند ژن مختلف حاصل شده‌اند) میتوکندریایی می‌باشد. الل غالب برخی ژن‌های هسته‌ای نیز مانع از بروز صفت نرعقیمی می‌شود که به آنها ژن‌های بازگرداننده باروری گویند. برای تولید ارقام هیبرید وجود هر دو ژنوتیپ (نرعقیم و بازگرداننده باروری) ضروری است.

نرعقیمی سیتوپلاسمی با توجه به ژن مسئول نرعقیمی و ژن (های) بازگرداننده باروری به سیستم‌های مختلفی تقسیم بندی می‌شود. در گیاه کلزا چهار نوع سیستم نرعقیمی سیتوپلاسمی شناخته شده است که شامل Ogura، Polima، Kosena و Tournefortii-stiewe است.

ژن شیمر کد کننده *orf193* مسئول نرعقیمی سیتوپلاسمی Tournefortii-stiewe در کلزا می‌باشد و اساس سیستم نرعقیمی Polima سه نوترکیبی در *orf 224* است (شکل ۱). نرعقیمی سیتوپلاسمی Polima تحت تاثیر افزایش دما قرار می‌گیرد و غیر فعال می‌گردد.

نرعقیمی سیتوپلاسمی Ogura تحت تاثیر *orf 138* قرار دارد و ژن *atp8* در مجاورت آن واقع شده است و با یکدیگر رونویسی می‌شوند. مسئول سیستم نرعقیمی Kosena نیز *orf 125* است که بسیار شبیه *orf 138* می‌باشد.

جهت تولید هیبرید کلزا، سیستم Ogura متداول‌ترین و کاربردی‌ترین تکنولوژی تولید سیستم نرعقیمی است زیرا این روش نرعقیمی تحت تاثیر محیط قرار نمی‌گیرد و با ژن بازگرداننده باروری مرتبط با آن (*Rfo*) کاملا سازگار است.



تغییرات مولکولی در سیستم‌های نرعقیمی کلزا

بیوتکنولوژی در براسیکا

در چند دهه گذشته پیشرفت قابل توجهی در زیست شناسی سلولی و مولکولی گونه های براسیکا صورت گرفته است. باززایی گیاه از طریق اندام زایی و جنین زایی سوماتیک با استفاده از ریز نمونه های (Explant) مختلف با تمرکز بر روی عواملی مانند سن ریز نمونه، ژنوتیپ و مواد افزودنی به محیط کشت، بهینه سازی شده است. تولید هاپلوئید و دابل هاپلوئید با استفاده از کشت دانه گرده، تولید لاین های هموزیگوت در گونه های براسیکا را تسریع کرده است. امتزاج سلول های سوماتیک، ایجاد هیبریدهای بین گونه ای و بین جنسی در گونه های جنسی ناسازگار براسیکا را تسهیل کرده است. بهبود محصول با استفاده از تنوع سوماکلونال نیز حاصل شده است. همچنین امروزه استفاده از نشانگرهای مولکولی در انتخاب به کمک نشانگر و تکنولوژی انتقال ژن صفات مطلوب به عنوان بخش مهم استفاده از بیوتکنولوژی در محصولات براسیکا مطرح هستند. بطور کلی می توان گفت در چند دهه اخیر بیوتکنولوژی ابزار قدرتمندی برای محصولات روغنی بوده است که منجر به بهبود کیفیت روغن و صفات زراعی در محصولات روغنی اصلی جهان شامل سویا، کانولا، پالم و آفتابگردان شده است. کشت بافت، مهندسی ژنتیک و روش های انتخاب به کمک مارکر، همگی امروزه در این محصولات پیشرفته هستند و این با بهره وری بالای این روش ها در کانولا و اثرات اقتصادی بسیار بزرگ در سویا با دستیابی به بهبود مقاومت به علفکش و کیفیت روغن، بیشتر نمود پیدا می کند.

روغن های نباتی نه تنها برای اهداف تغذیه ای مورد استفاده قرار می گیرند بلکه برای استفاده صنعتی مانند سوخت، اجزای تشکیل دهنده صابون، رنگ، جوهر پرینت وصیقل دهنده ها مورد استفاده قرار می گیرند. بنابراین تمرکز اصلی اصلاحگران در محصولات روغنی همیشه روی افزایش کمی و کیفی روغن بوده است. افزایش آگاهی نسبت به سلامتی، تمایل به سمت انتخاب و استفاده از روغن های سالم با سطوح پایینی از چربی های اشباع و ترانس بیشتر شده است. بنابراین در میان بسیاری از موضوعات اصلاحی کلاسیک و غیر کلاسیک این صفات هدف قابل توجه برای اصلاحگر هستند. از همه مهمتر اغلب این صفات به سادگی در گونه های بومی وجود ندارند تا بتوانند بطور کلاسیک اصلاح شوند. در مقابل، بیوتکنولوژی در کشاورزی در فرآیند ایجاد محصولات با بهبود میزان روغن اثرات فوق العاده داشته است. با استفاده از کشت بافت، مهندسی ژنتیک و روش های انتخاب به کمک مارکر، توسعه محصولات روغنی با صفات مطلوب تجاری امکان پذیر شده است.

کانولا (*Brassica napus* L.) محصول روغنی مهمی است که با تولید جهانی بالا بعد از سویا و روغن پالم در ردیف سوم جهان قرار دارد. ابزارهای بیوتکنولوژی بطور گسترده در پژوهش و بهبود کانولا بکار گرفته شدند. روش های مختلف از کشت بافت، دورگ گیری سوماتیکی و تولید دابل هاپلوئیدها جهت ایجاد واریته های کانولا با صفات مطلوب مورد استفاده قرار گرفته است.

دورگ گیری سوماتیکی

از طریق دورگ گیری سوماتیکی، هیبریدهای مقاوم به بیماری در *B. napus* تولید شدند. هیبریدهای سوماتیکی که به *Leptosphaeria maculans* مقاوم هستند از طریق امتزاج پروتوپلاست بین *B. napus* و گونه وحشی *Sinapis arvensis* ایجاد شدند. اهمیت دیگر امتزاج پروتوپلاست، تولید لاین های عقیم سیتوپلاسمی است. هیبریدهای سوماتیکی

نرعقیم، متحمل به سرما *B. napus* از طریق دورگ گیری بین لاین اینبرد کلم نر عقیم با سیستم اوگرا و حساس به سرما (*B. oleracea* var. botrytis NY7642A) با تیپ کانولا بارور متحمل به سرما (*B. rapa* cv. Candle) تولید شدند. هیبریدهای نر عقیم سیتوپلاسمی از طریق امتزاج پروتوپلاست *B. napus* و *B. tournefortii* ایجاد شدند.

مهندسی ژنتیک

امروزه استفاده از مهندسی ژنتیک در بهبود صفات مختلف حیاتی شده است، به هرحال گسترده ترین صفت اصلاح شده از این طریق، ایجاد مقاومت به علفکش (HR) است و کانولا HR چهارمین گیاه زراعی ترانسژنیک قابل کشت در جهان است. در حال حاضر واریته های کانولا تجاری مقاوم به علفکش قابل دسترس، کانولا رانداپ ردی (از شرکت Monsanto) و کانولا لیبرتی لینک (از شرکت Cropscience Bayer) هستند. مهمترین هدف استفاده از مهندسی ژنتیک در کانولا بهبود کیفیت روغن بوده است. کانولا با افزایش اولئیک اسید به وسیله خاموش کردن بیان ژن مربوط به آنزیم آندوژنوز اولئات دستراز تولید شده است. بطور مشابه کانولا با گاما- لینولنیک اسید با انتقال ژن ها از قارچ *Mortierella alpina* تولید شده است.

انتخاب به کمک مارکر

تلاش قابل ملاحظه ایی برای ایجاد کانولا با اولئیک اسید بالا و لینولنیک اسید پایین صورت گرفته است. بطور کلی پروفیل روغن کانولا شامل ٦٥ درصد C18:1 (اولئیک اسید)، ٢٠ درصد C18:2 (لینولئیک اسید) و ١٠ درصد C18:3 (لینولنیک اسید) است. لینولنیک اسید ترکیبی از روغن کانولا است که به آسانی اکسید شده و سبب طعم نامطلوب در روغن می شود. همچنین ماندگاری و کیفیت روغن کانولا را کاهش می دهد. اولئیک اسید، اسید چرب غیر اشباع تک باند مضاعف بوده که سبب کاهش کلسترل بد خون (LDL) و افزایش کلسترول خوب خون (HDL) می شود. ایجاد انواع کانولا با لینولئیک و لینولنیک اسید پایین بطور غیر مستقیم سطح اولئیک اسید را افزایش می دهد و روغن کانولا با پایداری بیشتر در مقابل گرما با توان اکسید شوندگی کمتر، تولید می شود. مکان یابی ژن های کنترل کننده صفات کمی (QTL) برای شناسایی ژن های کنترل کننده اروسیک و لینولئیک اسید در *B. napus* استفاده شده است. مارکرهای مولکولی همبسته با لینولنیک اسید در جمعیت دابل هاپلوئید حاصل از تلاقی بین لاین های کانولا Apollo (لینولنیک پایین) در YN90-1016 (لینولنیک بالا) با استفاده از RAPDs و آنالیز تفرق بالک شناسایی شدند. ایجاد مارکرهای همبسته با آلل خاص می تواند به انتخاب به کمک مارکر (MAS) محصولات روغنی براسیکا کمک کند. با استفاده از نقشه یابی QTL، لوکوس های مقاومت به بیماری ساق سیاه در *B. napus* شناسایی شده است. نقشه یابی ژنتیکی ژن بازگرداننده باروری هسته ای برای نر عقیمی سیتوپلاسمی در کانولا با استفاده از مارکرهای RFLP و RAPD صورت گرفته است.

منابع

1. Gupta, S. 2012. Technological innovation in major world oil crops, volume 1 breeding, Chapter3: Brassica. P. 52-83.

2. Cardozo, V. and Stewart C. N. 2004. Invited review: *Brassica* biotechnology :progress in cellular and molecular biology. In Vitro Cell. 542–551.

بیوتکنولوژی براسیکا: پیشرفت در بیولوژی سلولی و مولکولی(قسمت اول)

براسیکا از نظر اقتصادی مهم‌ترین جنس در خانواده Brassicaceae (Syn Cruciferae) است. گونه‌های مختلف آن بصورت محصولات روغنی مهم، سبزیجات، محصولات علوفه‌ای استفاده می‌شوند. در میان محصولات براسیکا، محصولات روغنی دارای بیشترین ارزش اقتصادی هستند. براسیکا روغنی در گونه‌های *Brassica juncea*، *Brassica carinata*، *Brassica rapa (Brassica campestris)* و *Brassica napus* یافت می‌شود و معمولاً به آنها بطور کلی *oilseed rape* گفته می‌شود. در حالی که بیشتر تحقیقات انجام‌شده در محصولات براسیکا روی بیوتیپ‌های روغنی و سبزیجات است، بیوتیپ‌های با چرخه رشد سریع و زندگی کوتاه ۶۰-۲۰ روز در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند. این گیاهان به دلیل اندازه ژنوم کوچک، در برخی موارد فقط ۴-۳ برابر بزرگ‌تر از آرابیدوپسیس *(Arabidopsis thaliana)*، گیاهان آزمایشگاهی جذابی محسوب می‌شوند. پیشرفت قابل‌توجهی در زیست شناسی سلولی و مولکولی گونه‌های براسیکا در چند سال گذشته انجام شده است. باززایی آنها از طریق اندام‌زایی و جنین زایی سوماتیکی به‌طور فزاینده‌ای با استفاده از انواع مختلف ریزنمونه و با بهبود کشت بافت با تمرکز بر عواملی مانند سن ریزنمونه، ژنوتیپ و افزودنی‌های محیط کشت بهینه شده است. تولید هاپلوئید و دابل هاپلوئید با استفاده از میکروسپور باعث افزایش تولید لاین های هموزیگوت در گونه براسیکا شده است. امتزاج سلول سوماتیکی ایجاد هیبریدهای بین‌گونه‌ای و بین جنسی را درگونه‌های ناسازگار جنسی براسیکا تسهیل کرده است. بهبود محصولات براسیکا با استفاده از تنوع سوماکولونال نیز گزارش شده است. استفاده از نشانگرهای مولکولی در تکنیک انتخاب به کمک مارکر و تکنولوژی ترانسفورماسیون بخش مهمی از تحقیقات جاری در گیاهان براسیکا هستند. در این مقاله مروری به تحقیقات مرتبط با بیوتکنولوژی در براسیکا شامل اندام‌زایی، جنین زایی سوماتیکی، کشت میکروسپور و دابل هاپلوئید، امتزاج سلول سوماتیکی، نشانگرهای مولکولی جهت بررسی ژنتیکی گیاهان رشد یافته در شرایط *invitro*، انتخاب به کمک مارکر و ترانسفورماسیون خواهد شد.

اندام‌زایی:(Organogenesis)

اندام‌زایی ابزار ضروری برای باززایی گیاه با استفاده از تکنیک‌های کشت بافت و ترانسفورماسیون است. اندام‌زایی به‌طور گسترده‌ای برای باززایی محصولات براسیکا در مقایسه با باززایی سایر محصولات مورد استفاده قرارگرفته است. باززایی گیاهان از طریق اندام‌زایی از بافت‌های مختلف مانند کوتیلدون، هیپوکوتیل، بخش‌هایی از دمگل، برگ، لایه‌های سلولی نازک اپیدرمی و سلول‌ها ساب اپیدرمال، ریشه‌ها و پروتوپلاست‌ها انجام می‌شود. جنبه‌های متعدد شرایط کشت بافت که بر باززایی گیاه تأثیر می‌گذارد در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

ژنوتیپ: باززایی در براسیکا بسیار به ژنوتیپ وابسته است. در *B. napus* تنوع زیادی در ارقام آزمایش شده از ۹۱ تا ۱۰۰ درصد مشاهده شد. در یک مطالعه رقم*B. napus* GSL-1 باززایی بهتری از رقم Westar (یک رقم استاندارد برای ترانسفورماسیون) نشان داد. از ۱۲۳ ژنوتیپ کلم چینی ((*B. rapa*. ssp. pekinensis) بررسی شده، تنوع زیادی در میزان فراوانی باززایی بین صفر تا ۹۵ درصد مشاهده شد. بنابراین ویژگی ژنوتیپ در کشت بافت براسیکا و باززایی آن‌ها یک عامل محدود کننده است به‌طوری که تعداد ژرم‌پلاسم‌هایی که می‌تواند با دستکاری ژنتیکی بهبود یابد، به‌شدت محدود است.

سن ریزنمونه: در بیشتر گونه‌های براسیکا، باززایی به سن ریزنمونه وابسته است. در اکثر گونه‌های براسیکا ریزنمونه‌های جوان نتایج بهتری نسبت به ریزنمونه‌های مسن نشان دادند. اکثر محققان متوجه شده‌اند که ریزنمونه های حاصل از گیاهچه های ۴-۳ روزه میزان باززایی مطلوب‌تری دارند. مثلاً درگیاهچه‌های سه‌روزه *B. rapa* ssp. oleifera باززایی نسبت به گیاهچه‌های با سن بیش از چهار روز بهتر بوده است. باززایی *B. napus* با راندمان ۹۰ درصد از گیاهچه‌های چهار روزه به اثبات رسیده است. در بررسی‌های انجام با استفاده از گیاهچه‌های بالاتر از چهار روز میزان باززایی به‌طور چشمگیری کاهش یافته است.مهارکننده‌های اتیلن: یک عنصر بسیار مهم که به نظر می‌رسد برای باززایی براسیکا ضروری است مهارکننده اتیلن نیترات نقره است. بنابراین نیترات نقره به‌طور معمول درکشت بافت براسیکا استفاده می‌شود. مهارکننده‌های اتیلن دیگر مانند تیوسولفات نقره aminoethoxyvinylglycine با تأثیر مثبت بر باززایی در گونه‌های براسیکا گزارش شده است. در تربچه چینی (*Raphanus sativus* var. longipinnatus)، ترکیبی از نیترات نقره و aminoethoxivinylglycineبه‌طور قابل‌توجهی باززایی را افزایش داد.سایر مؤلفه‌های محیط کشت: مواد افزودنی مختلف محیط کشت ممکن است باززایی را در برسیکا افزایش دهد Methylglyoxal-bis (گانیل هیدرازون)(MGBG) ، مهارکننده بیوسنتز اسپرمیدین، جهت افزایش فراوانی باززایی از ۷ به ۶۳ درصد در براسیکا و جنس‌های دیگر گزارش شد، و نیز دیگر محققان اثرات مثبت MGBG را بر روی باززایی جوانه در *B. napus* کشف کردند Putrescine، پلی‌آمینی است که به‌منظور افزایش باززایی جوانه در تربچه چینی همراه با نیترات نقره یا aminoethoxivinylglycine بکار گرفته شد.

جنین زایی سوماتیکی

جنین زایی به یکی از مسیرهای مطلوب در باززایی گیاهان از طریق کشت بافت تبدیل‌شده است. جنین‌زایی سوماتیکی ممکن است بر مشکلات ناشی از روش‌های ریزازدیادی در گونه‌هایی که ریشه‌زایی آن‌ها دشوار است غلبه کند. اگرچه جنین زایی سوماتیکی در سیستم‌های ترانسفورماسیون و باززایی بسیاری از گونه‌های گیاهی استفاده شده است، به نظر می‌رسد گیاهان براسیکا در این جهت عقب‌مانده‌اند که احتمالاً به دلیل پیشرفت در روش‌های اندام‌زایی در این گیاهان است. میکروسپورها و بساک‌ها ریزنمونه‌های انتخاب‌شده برای جنین زایی سوماتیکی در بیشتر گونه‌های براسیکا محسوب می‌شوند. جنین‌های سوماتیکی از هیپوکوتیل‌ها، کلونی‌های حاصل از پروتوپلاست و کوتیلدون های نابالغ در *B. napus* به دست آمد. ژنوتیپ عامل بسیار مهمی در فراوانی جنین زایی بیشتر گونه‌های براسیکا است. اثرات ژنوتیپ در مطالعات *B. rapa*، *B. carinata* (Barro) و *B. napus* (Chuong) با اهمیت نشان داده‌شده است.

کشت بساک/ میکروسپور و دابل هاپلوئید

یکی از پیشرفت‌های هیجان انگیز در بیوتکنولوژی تولید گیاهان هاپلوئید و دابل‌هاپلوئید بوده است. هاپلوئید و دابل هاپلوئید در گونه‌های براسیکا با استفاده از کشت بساک یا میکروسپورهای ایزوله ایجاد شد و ابزاری برای تولید سریع لاین‌های هموزیگوت در مدت زمان نسبتاً کوتاه برای تولید بذر هیبرید فراهم می‌نماید. بیشتر ژنوتیپ‌ها به کشت میکروسپور پاسخ مناسبی می‌دهند و این ریزنمونه‌ها عملکرد جنین بیشتري نسبت به کشت بساک دارند. جنین‌های حاصل از کشت میکروسپور در *B. napus* جهت بررسی مسیرهای بیوشیمیایی و انتخاب محصولات متابولیک مورد استفاده قرار گرفته

است. لینکاژ ژن در *B. campestris* با استفاده از گیاهان هاپلوئید موردمطالعه قرار گرفته است. همچنین ثابت شده است که میکروسپورها برای اهداف ترانسفورماسیون در جهت تولید گیاهان تراریخته *B. napus* حیاتی هستند. همانند سایر تکنیک‌های کشت بافت، کشت میکروسپور براسیکا نیز به ژنوتیپ وابسته است. به عنوان مثال، تنها ۳۰ درصد از ژنوتیپ های *B. juncea* که مورد آزمایش قرار گرفتند به کشت میکروسپورها پاسخ مثبت دادند. از این رو هنوز نیاز به گسترش این تکنولوژی در ارقام غیر پاسخ دهنده است. هنگامی که گیاه هاپلوئید تولید می‌شود گیاهان دابل هاپلوئید با استفاده از کلشی سین در گیاه هاپلوئید و یا توسط فرآیند دو برابر شدن خودبه‌خودی کروموزوم به دست می‌آیند. در براسیکا دو برابر شدن خودبه‌خودی کروموزوم‌ها به ژنوتیپ، مرحله تکاملی میکروسپور و شرایط کشت بستگی دارد. استفاده از کشت میکروسپور نسبت به کشت بساک در تولید گیاهان دابل‌هاپلوئید ترجیح داده می‌شود زیرا در کشت بساک احتمال ایجاد دیپلوئید به‌صورت خود به خودی وجود دارد.

بیوتکنولوژی براسیکا: پیشرفت در بیولوژی سلولی و مولکولی (قسمت دوم)

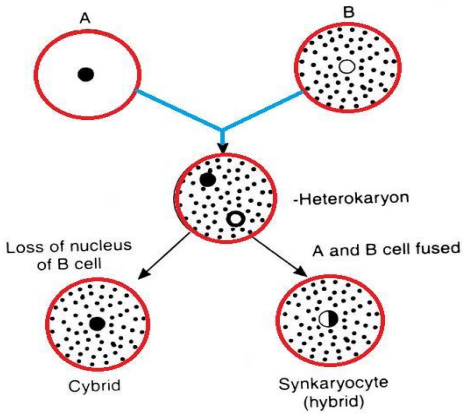
امتزاج سلول سوماتیکی (Somatic Cell Fusion)

با امتزاج پروتوپلاستی می‌توان ترکیبات هیبرید یا سیبرید (cybrid) از گونه‌های ناسازگار جنسی ایجاد نمود، بنابراین انتقال ژن از یک گونه خویشاوند به گونه دیگر ناسازگار از نظر جنسی بدون تغییر ژنتیکی تسهیل می‌شود. این فن آوری نه تنها امکان دورگ‌گیری درون جنسی، بلکه تولید هیبریدهای بین جنسی و سیبریدها را فراهم کرده است.

صفات مطلوب مختلفی از والدین به هیبرید و سیبریدها با استفاده از این تکنولوژی منتقل شده است. یکی از موفقیت‌های امتزاج پروتوپلاستی تولید هیبرید مقاوم در برابر بیماری بوده است. هیبریدهای سوماتیکی که به پوسیدگی نرم باکتریایی مقاوم هستند بوسیله امتزاج پروتوپلاست‌های *B . rapa* و *B. oleracea* ایجاد شده است. هیبریدهای مقاوم به عامل ساق سیاه (*Leptosphaeria maculans*) بوسیله امتزاج پروتوپلاست‌های *B. napus* و *Sinapis arvensis*، (خویشاوند وحشی *B. napus*) ایجاد شده‌اند که کاملا بارور بوده‌اند. هیبریدهای بین‌گونه‌ای *B. juncea* و *B. spinescens* نیز بوسیله ترکیب پروتوپلاست‌های مزوفیل به وجود آمدند. هیبریدها ویژگی‌های ریخت شناسی و کروموزومی هر دو والدین را داشتند، اما دارای گرده عقیم بودند. در بررسی‌های انجام شده، لاین‌های *B. napus* با دوره رشد سریع از طریق امتزاج پروتوپلاست بین دو گونه *B. oleracea* و*B. rapa* ایجاد شده‌اند که بذور آنها دارای ترکیبات اسید چرب جدید بوده است.دورگ‌گیری سوماتیکی بین دو گونه *B. napus* و *Thlaspi caerulescens* هیبریدی با توانایی تجمع بالا فلزات ایجاد کرده است که سطوح بالای روی را تحمل می‌کند. یا در تحقیقی دیگر هیبریدهای سوماتیکی بین جنسی با استفاده از ترکیب پروتوپلاست مزوفیلی *Trachystoma ballii* و *B. juncea* تولید شده است و هیبریدهای حاصله از نظر ریخت‌شناسی بینابین والدین خود بودند. هرچند با بک‌کراس هیبریدهاي داراي گرده عقیم با *B. juncea* بذر سالم به دست آمد. در مطالعات دیگر توانسته‌اند هیبریدهای سوماتیکی بین *B. napus* و*Lesquerella fendleri* توسط امتزاج پروتوپلاست تولید نمایند.امتزاج پروتوپلاست بین دو گونه *B. oleracea* و *Moricandia nitens*، سبب ایجاد یک سیستم فتوسنتزی بینابینی C3-C4 در گونه وحشی هیبرید بین جنسی شد که بیان کننده صفت تبادل گاز در والدین بوده است. یکی دیگر از کاربردهای مهم امتزاج پروتوپلاست، تولید لاین نر عقیم است.

هیبریدهای سوماتیکی نرعقیم مقاوم در برابر سرما، *B. napus*، بوسیله امتزاج اینبرد لاین حساس به سرما و نرعقیم Ogura (*B. oleracea* var. botrytis) و کانولا بارور مقاوم به سرما (*B. rapa* cv. Candle) ایجاد شده است. سیبریدهای نرعقیم نیز توسط ترکیب پروتوپلاست‌های *B. napus* و *B. tournefortii* ایجاد گردیده‌اند.

سیبرید نرعقیمی سیتوپلاسمی از گونه *B. oleracea* بوسیله انتقال سیتوپلاسم عقیم Anand (گونه‌وحشی *B. tournefortii*) از *B. rapa* به *B. oleracea* تولید شده است. نر عقیمی سیتوپلاسمی (CMS) متحمل به سرما کلم (*B. oleracea* spp. Capitate) از طریق ترکیب پروتوپلاست‌های برگ از کلم بارور و بروکلی مقاوم به سرما و نرعقیم Ogura تولید شده است. دیگر کاربرد جالب امتزاج پروتوپلاستی، ترکیب سیستم‌های نرعقیم و بازگرداننده باروری برای تولید هیبریدهای هتروتیک است. این فن آوري در *B. juncea* با استفاده از امتزاج پروتوپلاست با *Moricandia arvensis* با عملکرد بازگرداننده باروری در *B. juncea* بکار گرفته شد. با این حال، این لاین‌های CMS کلروتیک بودند. امتزاج پروتوپلاست نرعقیم *B. juncea* با *B. juncea* نرعقیم سبز منجر به تولید گیاهان نرعقیم سبز شد. امتزاج پروتوپلاست بین *Arabidopsis thaliana* و *B. napus* هیبریدهای نامتقارن ایجاد کرد که سه تا از این هیبریدها نرعقیم بودند. گیاهان نرعقیم نامزدهای مناسب برای مطالعه ژن‌های درگیر در CMS خواهند بود زیرا ژنوم *A. thaliana* توالی یابی شده است و از طرفی عملکرد ژنومی هیبریدهای سوماتیکی گونه‌های *A. thaliana* و *Brassica* spp. شناخته شده است.



تنوع سوماکلونی (Somaclonal Variation)

تنوع ژنتیکی در بهبود محصولات زراعی و ایجاد واریته‌های جدید بسیار مهم است. تنوع سوماکلونال ابزار ارزشمندی در اصلاح گیاهان است که در آن تنوع حاصله در گیاهان باززایی شده کشت بافت از سلول‌های سوماتیکی می‌تواند در ایجاد محصولات با صفات جدید استفاده شود. با استفاده از فشار انتخاب در طول کشت بافت ایجاد سوماکلونی‌های مقاوم در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده نیز امکان پذیر شده است. تنوع سوماکلونال همراه با تغییرات در تعداد و ساختار کروموزوم، موتاسیون نقطه‌ای و متیلاسیون DNA است. تنوع سوماکلونال حاصل از مریستم‌های ریشه نابه‌جا در گل کلم و گیاهان هاپلوئید حاصل از کشت بساک در *Brassica napus* مشاهده شده است. در گیاهان حاصل از کشت بساک *B. juncea* var. Rai-5، تنوع در خصوصیات زراعی، محتوای روغن و ترکیب اسید چرب مشاهده شده است. همچنین واریته‌های با رنگ زرد بذر در نتاج گیاهان باززایی شده از ریزنمونه‌های کوتیلدونی *Brassica juncea* cv. TM-4 بدست آمده است. در آزمایشی تنوع سوماکلونال در گیاهان نسل R1 خردل هندی (*B. juncea* cv. Prakash) ایجاد شده از طریق جوانه حاصل از کالوس‌های کوتیلدونی مورد بررسی قرار گرفتند. گیاهان خردل هندی حاصله تنوع زیادی در تمام خصوصیات مورد ارزیابی داشتند. برخی از گیاهان عملکرد بیشتر نشان دادند و از نظر سایر خصوصیات زراعی مهم در مقایسه با گیاهان شاهد قابل توجه بودند. تنوع سوماکلونال منجر به انتخاب لاین‌های پاکوتاه جهش یافته و لاین اصلاحی true در نسل R2 شدند. تنوع سوماکلونال در *B. Juncea* عملکرد بالا و مقاومت زیادی در برابر ریزش غلاف داشته که

پس از انتخاب بطور تجاری معرفی گردیدند. همچنین بررسی‌ها و تلاش‌ها در فشار انتخاب در مطالعات in vitro سوماکلونال‌های مقاوم به نمک در *B. juncea* نتایج مثبتی داشته است.

بیوتکنولوژی براسیکا: پیشرفت در بیولوژی سلولی و مولکولی (قسمت سوم)

نشانگرهای مولکولی و اصلاح براسیکا

تقریباً تمام روش‌های مدرن اصلاح گیاهان بر نشانگرهای مولکولی متکی است که استفاده‌های بی‌شمار دارند. ظهور نشانگرهای مولکولی مختلف امکان ارزیابی تنوع ژنتیکی، شناسایی ژنوتیپ‌ها، تجزیه فیلوژنتیک، تعیین نوع گیاهان تکثیر یافته به‌صورت کلونی یا ریزازدیادی و همچنین انتخاب به کمک نشانگر و به‌نژادی را امکان پذیر کرده است.

نشانگرهای مولکولی برای تائید صحت و درستی ژنتیکی گیاهان درون شیشه‌ای(*in vitro*)

همانطور که عنوان گردید تنوع سوماکلونال ممکن است در گیاهان باززایی شده از کشت بافت رخ دهد. محدودیت عمده، در تکثیر کلونی ارقام یا کلون‌های با تنوع نامطلوب است. چندین نشانگر مولکولی برای ارزیابی درستی ژنتیکی گیاهان درون آزمایشگاهی مانند ایزوزیم و RFLP استفاده شده است. به عنوان مثال در گل کلم *B. oleracea* var. botrytis، از توالی تکراری ساده میانی (ISSR) برای تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی جنین‌های سوماتیکی حاصل از هیپوکوتیل استفاده شده است. نشانگرهای ISSR بسیار کارآمد هستند چون به مقدار کم DNA نیاز دارند، تعداد زیادی باند تولید می‌کنند و تکرار پذیر می‌باشند. به نظر می‌رسد انگشت نگاری نشانگر ISSR یک ابزار امیدوار کننده در تحلیل تنوع سوماکلونال گل کلم باشد که می‌تواند درگونه‌های دیگر براسیکا نیز بکار گرفته شود.

لوکوس‌های صفات کمی (QTL)، انتخاب به کمک نشانگر و ژنومیکس

توسعه نشانگرهای جدید و نقشه‌یابی ژنتیکی ژنوم براسیکا راه جدیدی را در برنامه‌های اصلاح انتخاب به کمک نشانگر بازکرده است. تجزیه و تحلیل نشانگرهای مختلف مانند RAPD، RFLP، AFLP و SSR در انتخاب به کمک نشانگر در محصولات مختلف براسیکا استفاده شده است. انتخاب به کمک نشانگر پتانسیل بالقوه‌ای برای بهبود کارایی انتخاب ژنوتیپ‌هاي گیاهي با صفات مورد نظر ارائه می‌دهد. این رویکرد متکی بر پیوستگی‌های کروموزومی بین نشانگر مولکولی و صفات و ژن (های) انتخابی است. با استفاده از نشانگرهای مختلف، لوکوس ژن‌های تاثیرگذار در صفات کمی(QTL) در چندین گونه براسیکا مشخص شده است. بطور معمول QTL، توسط چندین ژن کنترل می‌شود و فنوتیپ مشاهده شده اثر ترکیبی از همه آللها در تمام لوکوس‌ها است که تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد. استفاده از QTL می‌تواند در حل مسائل مربوط به تکامل و تنوع کمک کند. توسعه نشانگرها و شناسایی QTL کنترل کننده صفات مختلف مانند میزان

روغن، مقاومت به بیماری، زمان گلدهی و بازگرداندن باروری، گام‌های مثبتی به سوی اصلاح جنس براسیکا با کمک نشانگر است. نکته مهمی که به توسعه محصولات براسیکا بیش از هر گروه گیاهی دیگر کمک خواهد کرد در دسترس بودن اطلاعات ژنومی وسیع محبوب‌ترین عضو شناخته شده Brassicaceae یعنی آرابیدوپسیس تالیانا است. از آنجا که گونه‌های براسیکا نسبت به هر گروه گیاهی دیگر، خویشاوندی نزدیک‌تری با آرابیدوپسیس دارند توالی ژنوم ***Arabidopsis*** و شباهت بین آنها درک مسئله ژنومیک براسیکا را تسریع خواهد کرد.

انتقال ژن (*Genetic Transformation*)

سیستم‌های انتقال ژن تقریباً در تمام گونه‌های مهم اقتصادی براسیکا مانند ***B. juncea*** ،***B. rapa*** ،***B. napus*** ،***B. oleracea*** ،***B. nigra*** و ***B. carinata*** توسعه یافته است. روش‌های مختلفی برای انتقال ژن براسیکا و عوامل تاثیرگذار بر کارایی آن توسط پولسن بررسی شده است. انتقال ژن با استفاده از ***Agrobacterium tumefaciens*** به‌طور گسترده‌ای برای براسیکا استفاده می‌شود. این روش عموماً بسیار کارآمد است و برای اکثر گونه‌های این جنس مناسب است. گزارش‌های اخیر در مورد افزایش کارایی انتقال ژن در براسیکا مانند بروکلی و کانولا از مهم‌ترین محصولات براسیکا وجود دارد. انتقال ژن درگونه‌های براسیکا برای بهبود بسیاری از صفات صورت گرفته است. اما مهم‌ترین آنها برای مقاومت به علف‌کش (Herbicide Resistance) کلزا بوده است. کلزا مقاوم به علف‌کش (HR)، چهارمین محصول ترانس ژن کاشته شده در جهان است. در سال ۲۰۰۳، سطح زیر کشت کلزا تراریخته کشور کانادا ۳/۱۵ میلیون هکتار بود که حدود دو سوم کل کشت کلزا در آن کشور محسوب می‌شد. کلزای تراریخته تولید شده، به علف‌کش‌هایی مانند ایدزولین، گلوفوسینات و گلیفوسات مقاوم بوده در حال حاضر به صورت تجاری در ایالات‌متحده آمریکا و کانادا تولید می‌شود. سایر نمونه‌های مقاوم به علف‌کش عبارتند از: مقاومت گلوفوسیانات در بروکلی و ***B. rapa*** ، مقاومت سولفونیل اوره در ***B. napus*** و مقاومت بموکسینیل در ***B. napus*** است. بهبود کیفیت روغن هدف دیگر انتقال ژن در براسیکا بود. کانولا با اسید g-linolenic بالا با انتقال ژن ***d12-desaturase*** از قارچ ***Mortierella alpine*** تولید شد. علاوه بر بهبود در بخش روغن، انتقال ژن در براسیکا می‌تواند یک محصول را به کارخانه‌های بیوشیمی برای تولید محصولات دارویی و صنعتی مانند پلیمر (hydroxybutyrate) (PHB) تبدیل کند. گونه‌های روغنی براسیکا گزینه مطلوبی برای تولید تجاری PHB از استیل CoA بوده که ماده مورد نیاز برای مرحله اول بیوسنتز PHB است. در تولید یک پروتئین ضد انعقاد خون به نام هیرودین از ***B. carinata*** استفاده می‌شود. امتزاج پروتئین ائوزین-هیرودین با استفاده از ***Agrobacterium*** انجام شد.همچنین ***B. napus*** در تولید کاروتنوئیدهای استفاده می‌شود که به عنوان آنتی‌اکسیدان‌ها در بدن انسان عمل می‌کند.با وجود

علاقه‌مندی حشرات به محصولات براسیکا، مقاومت به حشرات هدف بزرگی در محصولات براسیکا است. از آنجا که محصولات براسیکا به بید کلم*(Diamondback moth)* حساس هستند، یک روش خوب برای کنترل آنها این است که پروتئین کریستال اندوتوکسین *Bacillus thuringiensis* همانند *Bt Cry1A (c)* بیش از حد در آنها تولید شود. این ژن در *B. napus*، ارقام چینی *B. napus*، *rutabaga*، کلم، کلم بروکلی و کلم چینی وارد شده است. گیاهان براسیکا متحمل به شوری با بیش بیان ژن *AtNHX1* از *Arabidopsis thaliana* ایجاد شدند. مهندسی ژن *codA* باکتریایی سطح تحمل شوری و سرما را در *B. juncea* افزایش داده است. ایجاد گیاهان متحمل به شوری می‌تواند به کاشت کلزا در خاک شور کمک کند. یکی دیگر از پیشرفت‌های مهم در انتقال ژن محصولات زراعی براسیکا ایجاد لاین نرعقیم و سیستم بازگرداننده باروری است. در *B. juncea*، ورود ژن *barnase* (ژن نرعقیمی) امکان‌پذیر شده است. باروری لاین نرعقیم با تلاقی آن با لاین ترانس‌ژنیک حاوی *Barstar* (ژن بازگرداننده باروری) انجام شده است. دو ژن مذکور در سیستم نر عقیمی و باروری *Barnase-Barstar* در گیاهان زراعی مختلف نقش دارند و از باکتری *Escherichia coli* گرفته شده‌اند. سیستم عقیمی و بازگرداندن باروری پتانسیل بسیار بالایی در اصلاح ارقام هیبرید دارد.

نتیجه‌گیری و چشم انداز آینده

علم و فناوری در زیست شناسی سلولی و مولکولی پتانسیل فوق العاده‌ای برای بهبود گیاهان ارائه می‌دهد. کشت بافت، امتزاج سلول‌های سوماتیکی، تنوع سوماکلونال، اصلاح به کمک نشانگر و انتقال ژن می‌توانند در توسعه گیاهان با صفات جدید استفاده شوند. نقشه‌یابی و توالی یابی ژنوم براسیکا، جداسازی ژن‌های خاص در جهت کمک به بهبود محصولات براسیکا را تسهیل خواهد کرد و به ما در درک بهتر زیست شناسی اولیه این جنس جذاب کمک می‌کند. تا به امروز محصولاتی که با این روش ترانس‌ژن شدند شامل *B. rapa ssp. chinensis*، تربچه (*Raphanus sativus* L. *longipinnatus* Bailey) و از همه مهم‌تر *B. napus* می‌باشند. مزایای این فن‌آوری شامل نادیده گرفتن خصوصیات ژنوتیپ، عدم امکانات آزمایشگاهی مورد نیاز کشت بافت و از طرفی افزایش سرعت تولید گیاهان تراریخته می‌باشد.

منبع:

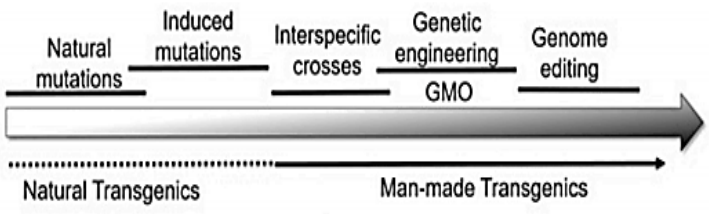
Cardoza, V., & Stewart Jr, C. N. (2004). Invited review: Brassica biotechnology: progress in cellular and molecular biology. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant. 40(6), 542-551.

بهبودهای حاصل در دانه‌های روغنی به کمک بیوتکنولوژی مدرن (گیاه کلزا-قسمت اول)

مقدمه:

گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) سومین محصول مهم روغنی جهان بوده و در بین آن دسته از محصولات زراعی که هدف اصلاح ژنتیکی بوده‌اند، تاریخچه بی‌نظیری دارد بطوریکه یکی از اولین و پرشتاب‌ترین محصول اصلاح شده بیوتکنولوژیکی است. کلزا توسط تمدن‌های باستانی در آسیا و مدیترانه کشت و از روغن آن برای روشنایی استفاده می‌شد. این گیاه اولین بار ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در کشور هند کشف و در قرن ۱۳ در اروپا کشت گردید. ارقام اولیه این گیاه کانادایی بوده و به عنوان روان‌کننده در کشتی‌های نیروی دریایی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. کلزا تا پایان جنگ جهانی دوم، در کشورهای غربی جهت مقاصد خوراکی مورد بهره برداری قرار نمی‌گرفت ولیکن در آن زمان، کمبود چربی و روغن، منجر به بررسی چندین گونه از جمله گل آفتابگردان، گلرنگ، سویا و کلزا به عنوان منبع روغن خوراکی شد. در نتیجه‌ی این بررسی، گیاه کلزا در مناطق وسیعی از غرب کانادا توسط محققین سازگار شد. این سلسله رویکردها نهایتاً منجر به پیشرفت محصول کلزا دانه روغنی و اصلاح آن گردید (Beszterda & Nogala-Kałucka 2019). کنوانسیون تنوع زیستی (CBD[3])، "بیوتکنولوژی" را به عنوان هر گونه کاربرد تکنولوژیکی از سیستم‌های زیستی، موجودات زنده یا مشتقات آن جهت ساخت و اصلاح محصولات یا فرایندها برای منظور خاص، تعریف کرده‌است. در حقیقت، بیوتکنولوژی شامل چندین ابزار و تکنیک تولید مواد غذایی و کشاورزی است. با این حال، هنگامی که از تکنیک‌های جدید DNA و زیست‌شناسی مولکولی اعم از انتقال ژن خاص به ژنوم و یا کلون‌سازی گیاهان و حیوانات استفاده می‌شود، بیوتکنولوژی مدرن نامیده می‌شود. بیوتکنولوژی مدرن استفاده از فناوری DNA نوترکیب جهت تولید میکروارگانیسم‌های اصلاح شده، گیاهان و حیوانات را فراهم می‌کند تا آنها را برای چندین کاربرد، سازگارتر کند (Villanueva-Mejia & Alvarez 2017)

.



طیف گسترده ای از فرآیندهای طبیعی و مصنوعی در راستای تغییر ژنوم گیاه (Duensing et al, 2018)

با وجود اینکه ویژگی‌های مطلوب روغن و پروتئین دانه کلزا مانند کاهش اروسیک اسید و گلوکوزینولات، به کمک روش‌های کلاسیک در طی سال‌های ۱۹۷۰ الی ۱۹۸۰ ایجاد شدند، ولیکن اصلاح کلاسیک بسیار زمانبرتر، غیرهدفمندتر و غیرقابل پیشگویی‌تر از مهندسی ژنتیک مدرن و هدایت شده است. مهندسی ژنتیک گیاه کلزا به دلیل منابع اطلاعاتی ارزشمندی که در سالهای اخیر از خانواده براسیکا ایجاد شده است، بسیار پیشرفت کرده‌است، از این پایگاه‌ها می‌توان به کلکسیون ESTها (www.brassicagenomics.ca/ests)، جمعیت‌هایی که از نظر ژنتیکی نقشه‌یابی شده‌اند (www.brassica.ca) و توالی‌های ژنومی کلزا (www.jic.ac.uk) اشاره کرد. علاوه بر این، *B. napus* ویژگی منحصر به فردی نسبت به سایر گیاهان دارد، این گیاه تطابق ژنتیکی بالایی با گیاه *Arabidopsis thaliana* دارد. آرابیدوپسیس گیاهی مدل است که توالی

[3] Convention on Biological Diversity

آن به طور کامل شناسایی شده است، تعداد زیادی موتانت و همچنین اطلاعات بسیار وسیعی از آن موجود است. مجموعه‌ی این اطلاعات به همراه کاربرد آسان روش اگروباکتریوم در انتقال ژن به کلزا، موجب گردیده پیشرفت‌های بسیاری در مهندسی متابولیک این گیاه حاصل شود. تاکنون صفات متعددی بواسطه‌ی بیوتکنولوژی مدرن در کلزا اصلاح شده‌اندکه در این بخش به برخی از آنها اشاره می‌شود:

۱- کیفیت روغن دانه

روغن کلزا (پس از حذف موفقیت آمیز اسید اروسیک)، به طور عمده شامل پنج اسید چرب، یعنی اسید پالمیتیک (۱۶:۰)، اسید استئاریک (۱۸:۰)، اسید اولئیک (۱۸:۱)، اسید لینولئیک (۱۸:۲) و لینولنیک اسید (۱۸:۳) می‌باشد. در طی دو دهه گذشته، تلاش‌های زیادی برای افزایش محتوای اسید اولئیک انجام شده‌است، زیرا سطح بالاتر اسید اولئیک در دانه‌ها و نتیجتاً روغن، می‌تواند موجب افزایش پایداری اکسیداسیونی شده و مدت زمان ماندگاری را طولانی‌تر کند، علاوه بر این اسید اولئیک دارای اثرات مثبتی چون کاهش کلسترول، سرکوب تشکیل تومور و جلوگیری از بیماریهای عفونی شریانی است. تاکنون، موفق‌ترین کاربردهای جهش در اصلاح ژن *FAD2* حاصل شده است، این ژن آنزیم اصلی اسید چرب Desaturase را کاتالیز می‌کند که منجر به غیراشباع سازی اسید اولئیک می‌شود. گیاه کلزا تتراپلوئید، ٤ نسخه از این ژن بر روی ژنوم خود دارد (Huang et al, 2020). اخیراً، Okuzaki و همکاران (۲۰۱۸) دو گیاه جهش یافته در ژن *BnaFAD2.A5* را با ویرایش ژنوم و به کمک تکنیک CRISPR/Cas9 به دست آوردند که در آن یک گیاه با حذف ٤ جفت باز در ژن مذکور، منجر به افزایش معنی‌داری در میزان اسید اولئیک نسبت به آن در نوع وحشی شد. در مطالعه‌ی دیگری ویرایش ژنوم با تکنیک CRISPR/Cas9 با هدف ایجاد جهش در هر چهار ژن، منجر به تولید گیاهانی با جهش در دو جایگاه شد. گیاهان حاصل از این تحقیق، افزایش چشمگیری در میزان اسید اولئیک خود نشان دادند Huang et al, (2020). علاوه بر این دانه‌های گیاه کلزا مدتهاست که به عنوان بستری جهت تولید اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره بلند (≥C20) مانند ایکوزاپنتائنوئیک اسید (EPA) و دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) که معمولاً در روغن ماهی یافت می‌شوند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. در مطالعه‌ایی که اخیراً به چاپ رسیده است محققین گیاه کلزای تراریخت با خاصیت تولید اسید چرب امگا تری به میزان موجود در ماهی، معرفی کرده‌اند. این گیاه با انتقال یک مسیر تراریخته میکروجلبک/مخمر متشکل از هفت مرحله آنزیمی متوالی که اسید اولئیک موجود در گیاه را به اسید لینولنیک و متعاقباً به EPA، اسید دوکوزا پنتانوئیک (DPA) و DHA تبدیل می‌کند، حاصل شد. این مطالعه همچنین بالاترین سطح DHA دانه را که تاکنون گزارش شده است، توصیف می‌کند و یکی از اولین نمونه‌های یک محصول اصلاح شده ژنتیکی در جهت سلامتی مصرف کننده است

(Petrie et al, 2020).

۲- کمیت روغن دانه

بر اساس پیش‌بینی‌های به عمل آمده، نیاز جهانی به روغن گیاهی تا سال ۲۰۳۰ دو برابر خواهد شد، از اینرو افزایش میزان روغن دانه یکی از بزرگترین اهداف اصلاحی دانه‌های روغنی از جمله کلزا است. اسیدهای چرب که جهت بیوسنتز چربی مورد نیاز هستند، از منابع متعددی از جمله تجزیه بیولوژیکی نشاسته، گلیکولیز و تثبیت مستقیم کربن فتوسنتزی به دست می‌آیند، علاوه بر این، این صفت از جمله صفات کمی است که توسط چندین ژن کوچک اثر کنترل می‌شود. از آنجا که

استفاده از کربن در گیاهان نه تنها یک کاتابولیسم هماهنگ است، بلکه یک سری مقررات فیزیولوژیکی نیز دارد، ژن‌هایی که بصورت جداگانه دستکاری می‌شوند ممکن است برای تحقق تغییر در کل بیوسنتز TAG کمتر مؤثر واقع شوند، بنابراین بیش بیان تنها یک ژن که کدکننده یک آنزیم در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب و یا TAG است، نمی‌تواند بر افزایش میزان چربی دانه تاثیر چشمگیری داشته باشد. در سال‌های اخیر فعالیت آنزیم‌هایی که توسط فاکتورهای رونویسی (Transcription Factors) در مسیر سنتز اسیدهای چرب کنترل می‌شوند مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. در بسیاری از گیاهان عالی تجمع روغن دانه به واسطه‌ی شبکه‌ی تنظیمی بسیار پیچیده‌ایی کنترل می‌شود که در میان آنها تنظیمات رونویسی بیشترین تاثیر را بر میزان روغن دارند (Zafar et al, 2019). برای مثال در بررسی بیش بیان فاکتور تنظیمی BnLEC1 در *B. napus*، نتایج نشان داد بیان زیاد این ژن باعث افزیش ۱۶-۷٪ افزایش روغن دانه می‌شود درحالیکه کاهش بیان این فاکتور، عملکرد روغن دانه را حدود ۱۲-۹ ٪ کاهش می‌دهد (Elahi et al, 2016). همچنین برخی مطالعات نشان می‌دهد دستکاری تک ژن *WRI1* از فاکتور رونویسی WRINKLED1، می‌تواند یک استراتژی در تنظیم بیوسنتز اسید چرب باشد. WRI1 با تنظیم کردن بیان ژن‌های پایین دست بیوسنتز اسید چرب، نقش اساسی در رشد جنین ایفا می‌کند. تحقیقات نشان داده است که WRI1 به طور مستقیم به پروموترهای تعدادی از ژنهای دخیل در بیوسنتز اسیدهای چرب، از جمله زیرواحد پروتئینی حامل بیوتین کربوکسیل آنزیم ACCase، ACP، enoyl-ACP reductase، پیروات دهیدروژناز و FAD2 متصل می‌شود. بیش بیان WRI1 در کلزا منجر به افزایش مقدار قابل توجه روغن موجود در دانه شده است (Li et al, 2015; Wu et al, 2014). در تحقیقی دیگر مشخص شده است Wax Inducer1/Shine1 (WIN1) (متعلق به خانواده فاکتور رونویسی AP2/EREBP)، نقش مهمی در تجمع موم و چربی در کلزا ایفا می‌کند. همچنین مطالعات نشان می‌دهد بیش بیان *BnWIN1* منجر به تاثیر دوگانه تجمع موم و رشد گیاه بدون تاثیر جانبی منفی در سنتز چربی در شرایط تنش شوری می‌شود که این موضوع نشان دهنده اینست که BnWIN1 یک فعال کننده رونویسی برای تنظیم بیوسنتز چربی‌های خارج سلولی و داخل سلولی است (Liu et al, 2019).

۳- کیفیت پروتئین دانه

محتوی پروتئین دانه عموما همبستگی منفی با محتوی روغن دارد و در نتیجه بهبود روغن دانه منجر به کاهش پروتئین آن می‌شود. کروسیفرین (12S globulins)، ناپین (2S albumins) و اولئوسین اصلی‌ترین پروتئین‌های دانه کلزا هستند. کروسیفرین و ناپین مجموعاً حدود ۷۰٪ از پروتئین دانه کلزا را تشکیل می‌دهند. ناپین‌ها میزان بالاتری از گوگرد و ریشه‌های آروماتیک (اسیدآمینه‌های ضروری) را دارند و بنابراین هدف مهمتری در بهبود پروتئین کلزا هستند. تلاش‌های زیادی جهت مهندسی ژنتیک آلبومین 2S از طریق بیان ژن 2S از گیاه Brazil nut در گیاه کلزا و یا بیان آنتی‌سنس کروسیفرین صورت گرفته است. در تمامی موارد گیاهان تراریخت حاصل، ناپین بالاتری در دانه‌هایشان داشتند که منجر به افزایش محتوی سیستئین، متیونین و لیزین شد. علاوه بر آن افزایش ناپین سبب کاهش محتوی کروسیفرین شد که می‌تواند نشان دهنده‌ی ارتباط و کنترل تنگاتنگ 12S/2S باشد (Nesi et al, 2008). علاوه بر این، تجاری سازی گیاه کلزا به عنوان منبع پروتئین، از لحاظ داشتن توازن اسیدهای آمینه و محتوی پروتئینی نیز، توجه زیادی را به خود جلب می‌کند. اسید فیتیک (PA) منبع اصلی فسفر در گیاهان است ولیکن به دلیل اثرات منفی آن بر جذب مواد معدنی ضروری، برای انسان به عنوان ماده غیر مغذی محسوب می‌شود. PA هضم نشده باعث اتروفیکاسیون (غنی شدن آب از مواد غذایی) می‌شود که به طور بالقوه

زندگی آبزیان را تهدید می‌کند. PA حدود ۲-۵ درصد در دانه کلزا دانه روغنی و توسط مسیرهای پیچیده‌ای که شامل چندین آنزیم هستند سنتز می‌شود. در مطالعه‌ایی که در سال ۲۰۲۰ انجام شده، جهش‌زایی و در پی آن خاموش کردن سه پارالوگ *BnITPK* به کمک CRISPR/Cas9، منجر به ایجاد رقم کلزا بهاره با افزایش میزان فسفر و کاهش PA شد. این جهش‌ها می‌توانند با افزایش کیفیت پروتئین، بدون ایجاد تأثیر منفی بر محتوای روغن، نقطه عطف مهمی در اصلاح کلزا باشند (Sashidhar et al, 2020).

منابع

1. Beszterda, M. & Nogala-Kałucka, M. (2019). Current Research Developments on the Processing and Improvement of the Nutritional Quality of Rapeseed (Brassica napus L.). Eur. J. Lipid Sci. Technol. 121, 1–18.
2. Duensing, N. et al. (2018). Novel features and considerations for ERA and regulation of crops produced by genome editing. Front. Bioeng. Biotechnol. 9, 1–16.
3. Elahi, N. et al. (2016). Modification of oil and glucosinolate content in canola seeds with altered expression of Brassica napus LEAFY COTYLEDON1. Plant Physiol. Biochem. 100, 52–63.
4. Huang, H. et al. (2020). Modifications of fatty acid profile through targeted mutation at BnaFAD2 gene with CRISPR/Cas9-mediated gene editing in Brassica napus. Theor. Appl. Genet. doi:10.1007/s00122-020-03607-y
5. Li, Q. et al. (2015). Wrinkled1 accelerates flowering and regulates lipid homeostasis between oil accumulation and membrane lipid anabolism in Brassica napus. Front Plant Sci. 6:1015.
6. Liu, N. et al. (2019). Overexpression of WAX INDUCER1/SHINE1 gene enhances wax accumulation under osmotic stress and oil synthesis in Brassica napus. Int. J. Mol. Sci. 20, 1–16.
7. Nesi, N. et al. (2008). Genetic and molecular approaches to improve nutritional value of Brassica napus L. seed. Comptes Rendus - Biol. 331, 763–771.
8. Okuzaki, A. et al. (2018) CRISPR/Cas9-mediated genome editing of the fatty acid desaturase 2 gene in Brassica napus. Plant Physiol Biochem 131:63–69.
9. Petrie, J.R. et al. (2020). Development of a Brassica napus (Canola) Crop Containing Fish Oil-Like Levels of DHA in the Seed Oil. Front. Plant Sci. 11, 1–15.
10. Sashidhar, N. et al. (2020). Gene editing of three BnITPK genes in tetraploid oilseed rape leads to significant reduction of phytic acid in seeds. Plant Biotechnol. J. 1, 1–10.
11. Villanueva-Mejia, D. & Alvarez, J.C. (2017). Genetic Improvement of Oilseed Crops Using Modern Biotechnology. Adv. Seed Biol. doi:10.5772/intechopen.70743.
12. Wu, XL. et al. (2014). BnWRI1 coordinates fatty acid biosynthesis and photosynthesis pathways during oil accumulation in rapeseed. J Integr Plant Biol. 56(6):582–93.
13. Zafar, S. et al. (2019). Recent advances in enhancement of oil content in oilseed crops. J. Biotechnol. 301, 35–44.

بهبودهای حاصل در دانه‌های روغنی به کمک بیوتکنولوژی مدرن (گیاه کلزا-قسمت دوم)

مقاومت به علف کش

مدیریت علف‌های هرز، یک از مشکلات اصلی در زراعت کلزا است. از اینرو ارقام تغییر یافته کلزا که برای تحمل به علف کش و برای حل معضل کنترل علف‌های هرز طراحی شده است، بیشترین سهم ارقام تجاری مورد استفاده از مساحت زمین‌های زراعی کلزا را به خود اختصاص می دهد. محصولات زراعی مقاوم به علف‌کش می‌توانند با استفاده از روش‌های سنتی اصلاح نباتات، از طریق انتقال ژن و اخیراً با استفاده از فناوری ویرایش ژنوم گیاهان، ایجاد می شوند. با این وجود در استفاده از روش‌های اصلاح نباتات سنتی و مهندسی ژنتیک گیاهی، نکات منفی از قبیل وقت‌گیر بودن، احتمال موفقیت پایین و مسائل مربوط به پذیرش عمومی و مقررات ایمنی زیستی وجود دارد. بنابراین برای نیل به این هدف، استفاده از فناوری‌های ویرایش ژنوم دقیق‌تر و موثرتری مورد نیاز است. در حال حاضر روش‌های ویرایش ژن مبتنی بر CRISPR/Cas به طور گسترده برای توسعه محصولات زراعی با صفات بهبود یافته مانند مقاومت به علف کش استفاده می‌شود. به طور کلی تا به امروز، گیاهان مقاوم به علف کش در دو دسته جای گرفته‌اند: دسته‌ی اول گیاهانی هستند که بواسطه‌ی انتقال ژن‌هایی با منشا باکتریایی و با قابلیت تجزیه سم و یا غیرفعال کردن آنزیم هدف، ایجاد شده‌اند (جدول ۱). بر اساس اطلاعات پایگاه داده ISAAA[4] خلاصه‌ای از کلزاهای تراریخت مقاوم به علف‌کش که تجاری‌سازی شده‌اند، جمع‌آوری و در جدول ۱ درج شده‌است. این گیاهان تراریخت، با استفاده از ژن‌هایی که می‌توانند مقاومت خاصی در برابر انواع مختلف علف کش‌ها به وجود آورند، تولید شده اند. برخی از این ژن‌ها مانند *bxn*، *bar*، *pat* و *GAT4601* از باکتری‌ها منشا گرفته‌اند و هیچگونه همولوگی از آنها در گیاهان گزارش نشده است، بنابراین فقط می‌توانند جهت فناوری انتقال ژن یعنی تغییر ژنتیکی بواسطه‌ی بیان ژن‌های خارجی مورد استفاده قرار گیرند (جدول ۱).

نام علف‌کش	ژن	منبع ژن	محصول ژن	عملکرد محصول ژن
Glufosinate (گلوفوزینات-باستا)	*bar*	*Streptomyces hygroscopicus*	آنزیم فسفینوتریسین-ان-استیل ترنسفراز	علف‌کش گلوفوزینات را با استیله کردن آن غیرفعال می‌کند
	pat	*Streptomyces viridochromogenes*		
Oxynil	*bxn*	*Klebsiella pneumoniae* subsp. ozaenae	آنزیم بروموکسینیل نیتریلاز	سمیت سموم اوکسینیل مانند بروموکسینیل را از بین می‌برد
Glyphosate (گلیفوزات)	*GAT4601*	*Bacillus licheniformis*	آنزیم گلایفوزیت استیل ترنسفراز	با غیر فعال کردن گلایفوزیت، منجر به مقاومت گیاه می‌شود
	goxv247	*Agrobacterium tumefaciens* strain CP4	آنزیم گلایفوزیت اکسیداز	با تخریب گلیفوزات به آمینومتیل فسفونیک اسید و گلیوکسیلات منجر به تحمل به علف کش می‌شود

[4] (https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase)

cp4epsps	*Ochrobactrum anthropi* strain LBAA	فرم متحمل به علف کش آنزیم EPSPS	با کاهش میل ترکیبی گلیفوزات، منجر به افزایش تحمل گیاه به سم می‌شود

لیست کلزاهای تجاری تراریخت مقاوم به علف کش بر اساس اطلاعات وبسایت ISAAA تا سال ۲۰۱۹

دسته‌ی دوم گیاهانی تغییریافته با آنزیم‌های موتانت هستند. این آنزیم‌ها نقش حیاتی در مسیرهای بیوسنتزی داشته و بنابراین اغلب توسط سموم علف‌کش مورد هدف قرار می‌گیرند. در این روش، القای جهش در توالی آمینواسیدی آنزیم‌ها موجب می‌شود که آنزیم علی رغم حفظ عملکرد خود، در برابر سم مورد نظر غیرحساس شود. در گذشته، القای جهش به کمک عوامل جهش‌زای شیمیایی و فیزیکی صورت می‌گرفت، بنابراین جهش‌ها تصادفی بوده و بذور جهش‌یافته بر اساس صفت مورد نظر غربال می‌شدند. امروزه با پیدایش تکنیک کریسپر و با توجه به توانمندی این تکنیک در تغییر توالی ژن و در نتیجه آمینواسیدها، موتاسیون در آنزیم‌ها، کاملا هدفمند و برنامه‌ریزی شده انجام می‌شود. برای مثال در مطالعات متعددی گزارش شده است که جهش در آنزیم(acetolactate synthase) ALS در ایجاد مقاومت در دسته‌ی بسیار بزرگی از سموم که این آنزیم را مورد هدف قرار می‌دهند به کار رفته است. در گیاه کلزا نیز در گزارشات متعددی اشاره شده است که تغییر در آمینواسید شماره ۱۸۲ آنزیم ALS و تبدیل آن از پرولین به سرین، منجر به ایجاد مقاومت مطلوبی در برابر علف‌کش‌های دسته‌ی سولفونیل اوره خواهد شد(Wu 2020, Fartyal et al. 2018).

مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی

تنش‌های زیستی و غیرزیستی با تحریک مسیرهای سیگنالینگ، منجر به فعال شدن شبکه‌های مولکولی درگیر در بیان ژن‌ها و متابولیت‌های مرتبط با استرس خواهند شد که در نهایت جهت ایجاد تغییرات مورد نیاز برای سازگاری و پاسخ به استرس مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دسترس بودن توالی ژنوم *B. napus* از سال ۲۰۱٤، منجر به شناسایی و توصیف چندین خانواده ژن پاسخگو به استرس در این گیاه شده است. این خانواده‌ها شامل فاکتورهای رونویسی، ناقل‌ها، کینازها و بسیاری از آنزیمهای دیگر می‌باشد. پنج تا هفت درصد از ژنوم گیاهان را فاکتورهای رونویسی تشکیل می‌دهند که در میان انواع مختلف آنها، WRKY، NAC و AP2/ERF تنها مختص گیاهان هستند. دستکاری ژنتیکی بیان فاکتورهای رونویسی، بر کاهش یا افزایش تحمل استرس‌های غیرزیستی، تاثیر بالایی دارد زیرا بیشتر آنها در پاسخ زودهنگام به استرس نقش داشته و بیان ژنهای پاسخگو به استرس را کنترل می‌کنند. فاکتورهای رونویسی AP2/ERF می‌توانند پاسخ به محرک‌های مختلف را ادغام کرده و در شبکه‌های پاسخگو به استرس شرکت کنند. نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد انتقال فاکتور رونویسی *AtDREB2C* (از خانواده‌ی بزرگ AP2/ERF) از گیاه آرابیدوپسیس به کلزا منجر به افزایش مقاومت این گیاه به تنش شوری به وسیله‌ی حفظ بیشتر آب، تجمع بیشتر یون سدیم و رشد بهتر گیاه شد.گروه بعدی ناقل‌ها هستند. ناقل‌ها دسته‌ایی از پروتئین‌های غشایی هستند که جابجایی انتخابی مولکول‌ها در غشای سلولی را بر عهده دارند. ناقل‌ها نقش مهمی در پاسخ به استرس‌های غیرزیستی ایفا می‌کنند زیرا کنترل ترافیک یون‌ها و سایر مولکول‌های زیستی مانند هورمون‌ها و املاح سازگار در هنگام استرس برای حفظ فرآیندهای حیاتی سلولی مانند هموستاز یونی، تنظیم اسمزی، انتقال سیگنال

و سم زدایی بسیار مهم است. تا کنون خانواده‌های متعددی از ناقل‌ها در کلزا شناسایی شده‌اند که اغلب آنها در مواجه با خشکی، شوری، دمای بالا و پایین، فلزات سنگین و تیمارهای هورمونی شرکت دارند. برای مثال مطالعات نشان می‌دهند کلزای تراریخت دارای ژن بیش بیان شده‌ی *AtNHX1* از خانواده‌ی NHX، می‌تواند شرایط شوری بالا را تحمل کرده و رشد کند. این اطلاعات نشان دهنده‌ی اهمیت استفاده از ژن‌های آنتی‌پورتر در ایجاد گیاه کلزا مقاوم به شوری می‌باشد (Lohani et al. 2020).

مسیرهای سیگنالینگ آبشاری MAPK[5] و کانال‌های انتقال سیگنال برای بیان ژن‌های پاسخگو به تنش، از طریق فسفریلاسیون کنترل می‌شوند. درواقع کینازهای MAPK به واسطه‌ی فسفریلاسیون، با خاموش و روشن کردن ژن‌ها، مسیرهای پایین دستی را کنترل می‌کنند. ژن‌های سنتز کننده‌ی این آنزیم ها نقش بسیار مهمی در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیر زیستی دارند. برای مثال ونگ و همکارانش در سال ۲۰۱٤ گزارش کردند که بیش بیان ژن *MAPK1* در گیاه کلزا منجر به افزایش مقاومت به تنش خشکی شد. این مقاومت از طریق گسترش و بهبود رشد ریشه در تنش خشکی صورت گرفت (Weng et al, 2014). ایجاد مقاومت به تنش‌های زیستی در گیاه کلزا نسبت به تنش‌های غیر زیستی، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. برای مثال مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱٦ در زمینه‌ی پوسیدگی ساقه اسکلروتینیا ناشی از *Sclerotinia sclerotiorum* انجام شده است، نشان می‌دهد انتقال ژن *defensin* از منبع *Raphanus sativus* و ژن سنتز کننده آنزیم کیتیناز از منبع *Trichoderma atroviride* به گیاه کلزا منجر به مهار رشد قارچ به میزان ٤۹٪ شد. defensin دسته‌ای از پپتیدها با وزن مولکولی پایین و غنی از سیستئین هستند که در بخش‌های مختلف گیاهان شناسایی شده‌اند. این پپتیدها با نفوذ به دیواره سلولی قارچ‌ها، مانع از رشد و گسترش آنها می‌شوند و در عین حال هیچ سمیتی برای پستانداران و گیاهان ندارند. آنزیم‌های کیتیناز نیز پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین و مقاوم به پروتئاز هستند که با فعالت کیتینازی خود منجر به تخریب دیواره سلولی قارچ‌ها و درنتیجه مرگ آنها می‌شوند. انتقال همزمان این دو ژن منجر به ایجاد مقاومت گیاه کلزا به بیماری قارچی اسکلروتینیا شد (Zarinpanjeh et al, 2016).

نر عقیمی

نرعقیمی از جمله صفاتی است که در گیاه کلزا به صورت تجاری درآمده است. بسیاری از کلزاهای تجاری مقاوم به علف-کش، دارای سیستم نرعقیمی نیز هستند. سیستم *Barnase / Barstar* اولین سیستم ایجاد نرعقیمی بر پایه بیوتکنولوژی است که در کلزا توسعه یافت. Barnase یک پروتئین باکتریایی است که از ۱۱۰ اسید آمینه تشکیل شده و فعالیت ریبونوکلئازی دارد. این پروتئین در باکتری *Bacillus amyloliquefaciens* سنتز و ترشح می‌شود، اما بدون بیان مهارکننده آن (*Barstar*)، در سلول کشنده است. مهارکننده به محل اتصال ریبونوکلئاز متصل شده و از اتصال و فعالیت آن و در نتیجه آسیب رساندن به سلول جلوگیری می‌کند. از این تکنیک جهت ایجاد نرعقیمی در گیاهان استفاده می‌شود. جهت رسیدن به این مقصود، ژنهای *barnase* و *barstar* با پروموتر اختصاصی TA29 بر روی وکتور مستقر می‌شوند و سپس بصورت جداگانه به گیاهان منتقل می‌شوند. پروموتر TA29 یک پروموتر اختصاصی بساک است که جهت ایجاد نرعقیمی

[5] Mitogen-Activated Protein Kinase

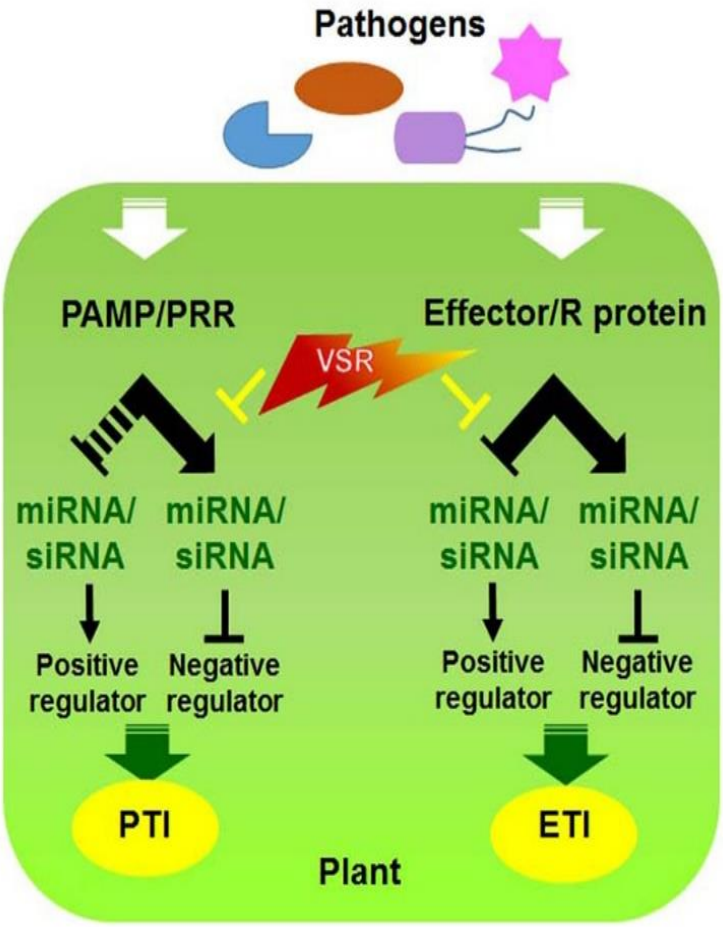
در گیاهان به کار می‌رود. اصولا یک ژن سیتوتوکسیک (مانند *barnase*) را تحت این پیشبر قرار می‌دهند تا گیاه قادر به تولید دانه گرده نباشد. گیاهان تغییر یافته با توالی *barnase*-TA29 کاملاً نرعقیم هستند ولی در صورت تلاقی با گیاهان بارور دارای توالی *barstar*-TA29، با بیان همزمان ژن‌های *barnase* و *barstar*، باروری اتفاق می‌افتد، در واقع غیرفعال شدن *barnase* توسط *barstar*، منجر به احیای باروری در گیاهان هیبرید F1 می‌شود (Xiangyuan and Suowei 2019).

منابع:

1. Fartyal, D., A. Agarwal, D. James, B. Borphukan, B. Ram, V. Sheri, P. K. Agrawal, V. M. M. Achary, and M. K. Reddy. 2018. Developing dual herbicide tolerant transgenic rice plants for sustainable weed management. Scientific Reports 8:1–12.
2. Lohani, N., D. Jain, M. B. Singh, and P. L. Bhalla. 2020. Engineering Multiple Abiotic Stress Tolerance in Canola, Brassica napus. Frontiers in Plant Science 11:1–26.
3. Wu, J., C. Chen, G. Xian, D. Liu, L. Lin, S. Yin, Q. Sun, Y. Fang, H. Zhang, and Y. Wang. 2020. Engineering herbicide-resistant oilseed rape by CRISPR/Cas9-mediated cytosine base-editing. Plant Biotechnology Journal:1–3.
4. zarinpanjeh N, Motallebi1 M, Zamani MR, Ziae M. 2016. Enhanced resistance to Sclerotinia sclerotiorum in Brassica napus by co-expression of defensin and chimeric chitinase genes. J Appl Genetics. 57:417-425.
5. Xiangyuan W and Suowei W. 2019. Molecular Cloning of Genic Male-Sterility Genes and Their Applications for Plant Heterosis via Biotechnology-based Male-sterility Systems. DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86976

چالش‌های فراروی شناسایی ژن‌های مقاومت به عوامل بیماری‌زا در کلزا (بخش اول)

مطلب تهیه شده مربوط به ترجمه‌ای از مقاله انگلیسی نیک و همکاران (Neik et al. 2017) است که به‌عنوان یک مقاله مروری در موضوع مدیریت بیماری‌های گیاهی حائز اهمیت است. تصمیم بر این است در طی شماره‌های جاری و آتی این ماهنامه، بخش‌هایی از آنرا، جهت استفاده علاقمندان به موضوع مقاومت و ژنتیک در گیاه کلزا نسبت به عوامل بیماری‌زا از جمله بیماری ساق سیاه کلزا ترجمه نمایم.



گیاه کلزا در سرتاسر جهان جهت استفاده به‌عنوان روغن خوارکی، سبزی برای مصارف انسانی و به شکل علوفه مورد مصرف حیوانات، کشت می‌گردد. کلزا زراعتی است که تقریباً برای بیشتر کشورهای دنیا از نظر اقتصادی به‌عنوان یک کالای استراتژیک محسوب می‌گردد. تولید حدود ۱۵ میلیون تنی چین در سال ۲۰۱۴، حدود شش میلیون تنی کشور فرانسه در سال ۲۰۱۶ و حدود دو میلیون تنی کانادا در سال ۲۰۱۷ نشان دهنده اهمیت تولید این محصول در بخشی از کشورهای بزرگ تولیدکننده آن می‌باشد. همیشه توسعه یک محصول مشکلات خاص خود را به‌همراه دارد. درخواست بالا برای تولید روغن از کلزا باعث شده است بر فراوانی و شدت بیماری آن نیز افزون گردد. بیماری‌های اصلی و بیمارگرهای کلیدی بر روی کلزا که در جهان ایجاد خسارت به آن می‌شوند عبارتند از:

Clubroot pathogen (*Plasmodiophora brassicae*); fungal pathogens such as Sclerotinia Stem Rot (*Sclerotinia sclerotiorum*), Blackleg (*Leptosphaeria maculans, L. biglobosa*), White Rust (*Albugo candida*), Light Leaf Spot (*Pyrenopeziza brassicae*), Alternaria Blight (*Alternaria brassicae, A. brassicicola*, other *Alternaria* spp.) and White Leaf Spot (*Pseudocercosporella capsellae*); the oomycete Downy Mildew pathogen (*Hyaloperonospora parasitica*), and the bacterial Blackrot pathogen (*Pseudomonas syringae*).

استفاده از ترکیبات شیمیایی (قارچکش‌ها) و مجموعه عملیات زراعی به خصوص در سطوحی که درآمد اقتصادی زیادی از آن متصور نیست ممکن است به دلیل تحمیل هزینه‌های گزاف چندان اقتصادی نباشد. این در حالی‌ست که خوشبختانه منابع

اصلی مقاومت مؤثر نسبت به بیماری‌های اصلی و اشاره شده، شناسایی شده است و این منابع به شیوه مؤثری در مدیریت این بیماری‌ها می‌تواند استفاده گردد. اگرچه برخی از این عوامل بیماری‌زا صرفاً محدود به یک میزبان یا کلزا نبوده و می‌تواند طیف میزبانی بیشتری داشته باشد. از تنوع ژنتیکی درون و برون گونه‌ایی کلزا در ایجاد ژن مقاومت (R) در بیمارگرهای اصلی کلزا به شیوه ارزشمندی می‌توان استفاده نمود. گیاه کلزا گونه‌ای است آمفی دیپلوئید و از هیبریداسیون دو گونه *B.rapa* و *B.oleracea* ایجاد می‌شود که از نظر ژنتیکی با توجه به اینکه هر دو گونه دارای نیای مشترک بوده بسیار به یکدیگر مشابه می‌باشند.

گیاهان از دو مکانیسم برای شناسایی عوامل بیمارگر استفاده می‌کنند. الگوی مولکولی همراه بیمارگر [6] PAMP که توسط گیرنده‌های گیاهی تحت‌عنوان [7]PRRS که در گیاه هستند برهمکنش دارند یا از طریق مکانیسم مولکول‌های بیماریزایی بیمارگر که تحت عنوان عملگر[8] نامیده می‌شوند با ژن‌های مقاومت[9]R گیاهی برهمکنش زیستی برقرار می‌کنند. ژن‌های مقاومت به دو صورت وجود دارند یا بسیار اختصاصی هستند که به صورت تک‌ژنی عمل می‌کنند و تحت عنوان ژن‌های کیفی نامیده می‌شوند و در مقابل ژن‌های کمی می‌باشند که معمولاً چند ژن هستند و با اشکال مختلفی بروز پیدا می‌کنند.

چالش‌های فراروی شناسایی ژن‌های مقاومت به عوامل بیماری‌زا در کلزا (بخش دوم)

در ادامه مطالب قبلی و بیان و تفکیک ژن‌های مقاومت در گیاهان می‌بایست عنوان نمود که ژن‌های تخصصی بروز مقاومت در گیاهان(R) در مقابل عملگرهای عامل بیمارگر زمانی بیان می‌شوند که این پاتوژن به‌طور اختصاصی با گیاه میزبان ارتباط داشته باشند. این ایمنی اختصاصی گیاه میزبان در مقابل عامل بیمارگر را [10]ETI می‌نامند که باعث مرگ موضعی سلول‌های آلوده و نهایتاً یک واکنش فوق حساسیت ([11]HR) خواهد شد. عمدتاً گیاهان در پاسخ به عوامل بیمارگر دارای مقاومت از نوع عمومی یا همان[12] PTI هستند که در مطالب بخش اول بدان اشاره گردید هستند، بدین صورت که این مقاومت یک مقاومت عمومی در مقابل تمامی عوامل بیمارگر می‌باشد. اگرچه سیستم‌ها و مکانیسم‌های دیگری از مقاومت مثل تولید دامنه‌ایی از هورمون‌ها در گیاهان وجود دارد که تأثیر این دسته نیز در تحمل یا مقاومت گیاهان به اثبات رسیده است. از این گروه می‌توان به جاسمونات‌ها[13]، سالیسیلات‌ها[14]، اتیلن[15]،

---

[6] Pathogen-associated molecular patterns

[7] Plants'pattern recognition receptors

[8] effector

[9] resistance

[10] Effector-triggered immunity

[11] Hypersensitive response

[12] PAMP-triggered immunity

[13] jasmonates

[14] salycylates

[15] ethylene

آبسیزیک‌اسید[16] و براسینواستروئیدها[17] اشاره نمود. این نوع مقاومت را مقاومت اکتسابی سیستمیک SAR[18] نیز می‌گویند که دامنه تأثیر گسترده و طولانی مدتی نیز دارد. برخی بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد مکانیسم ژن‌های مقاومت R در تنظیم مقاومت اکتسابی هورمونی نیز تأثیرگذار بوده است. در گیاه کلزا هر دو نوع مقاومت R و QTL در بروز مقاومت از جانب گیاه در مقابل پاتوژن‌های کلیدی اشاره شده در بخش اول این مقاله در خبرنامه قبلی شماره ۹۷ نقش دارند. اگرچه تحقیقات اخیر انجام شده در حوزه ژنومیک ژن‌های مقاوت در کلزا ابزارهای خوبی را در اختیار محققین برای بررسی عملکرد این مکانیسم‌ها گذاشته است. در این مقاله نیز به بررسی مجموعه مطالعات اخیر در خصوص ژن‌های مقاومت R بر روی طیفی از گونه‌های براسیکا با تمرکز بر چهار عامل بیمارگر ریشه گرزی خاجیان، ساق سیاه کلزا، پوسیدگی سفید ساقه کلزا و سفیدک داخلی پرداخته خواهد شد. در این مقاله به بررسی منابع ژنی مقاومت برای هر بیمارگر بر اساس نواحی نقشه‌یابی شده در میزبان‌های گونه‌های کلزا و امکان استفاده از این منابع در برنامه‌های اصلاحی با استفاده از ابزارهای بیوانفورماتیک پرداخته خواهد شد. اولین مطالعات انجام شده در خصوص بیماری ساق‌سیاه کلزا بر می‌گردد به دهه ۱۹۷۰ در غرب استرالیا که یک میزان زیادی از خسارت بر روی ارقام حساس به بیماری مشاهده گردید. متعاقباً در دهه ۲۰۰۰ با شکست مقاومت در یکی از ارقام کلزا خسارت‌های ناشی از این بیماری گسترش یافت. این بیماری در انگلستان، کانادا و اروپا نیز خسارت‌های زیادی را ایجاد نموده است و این درحالی است که نژادهای موجود در چین و بخشی از نیوزلند عمدتاً مربوط به گونه غیرمهاجم هستند. مقالات مربوط به ژن‌های مقاومت به خصوص مقاومت کمی در کلزا نسبت به بیماری ساق‌سیاه در حال افزایش است که برای این منظور می‌بایست یک ارتباط بین مطالب ارائه شده از قبل تاکنون برای پر کردن این خلا زمانی ایجاد نمود. تاکنون ۱۲ ژن مقاومت در کلزا شناسایی شده و اکثراً نیز در ژنوم کلزا نقشه‌یابی شده‌اند.

مجموعه مقالات مربوط به گزارش ژن‌های مقاومت ۱۲ گانه در کلزا و جایگاه ژن‌های مقاومت بر روی کروموزوم‌های A و C کلزا:

- B. napus (GWAS panel of 179 accessions from DH population SAgS described in Raman R. et al. (2016), evaluated for resistance against 12 single spore isolates): Major R gene for adult plant resistance Rlm12 on chromosome A1 (Raman H. et al., 2016) Allelic variant Rlm2 (Larkan et al., 2015)
- B. napus (DH populations from cultivar “AG-Castle” and “AV-Sapphire” (R) × “Topas” (S), field experiment in Australia): Three QTL for adult plant resistance on chromosome A1, A8, A9, and C6 where candidate genes include cysteine-rich receptor-like kinases on A1 (Larkan et al., 2016a)LepR3 (Larkan et al., 2013)

[16] Abscisic acid

[17] brassinosteroids

[18] Systemic acquired resistance

- B. napus (DH lines from BnaDYDH mapping population derived from “Darmor-bzh”(R) × “Yudal” (S) and developed in France, field experiments in the UK and France): 17 QTL for adult plant resistance across 13 LGs (Huang et al., 2016)

- B. napus (Worldwide accessions from Germplasm Resources Information Network, using PG-4 isolate): one major QTL on chromosome A1 (Rahman M. et al., 2016)

- B. napus (“DH12075” derived from cultivar “Cresor” that has R gene LmR1 × Westar, (S) using natural ascospores released from infected stubble): LepR4 recessive on A genome (Yu et al., 2013)

- B. napus (186 DH population SASDH, derived from Rlm4 cultivar “Skipton” and “Ag-Spectrum,” using 11 single spore isolates from the national blackleg isolate collection in Australia): Single major gene Rlm4 mapped on chromosome A7 (Raman et al., 2012b). Characterization of Rlm4 candidate genes in the same population (Tollenaere et al., 2012)

- B. napus (DH “Maxol” and “Columbus”): Mapped Rlm1 on chromosome A7 (Raman et al., 2012a) - B. napus (SASDH population derived from “Skipton”/“Ag-Spectrum,” using Australian isolates): Rlm4 major qualitative locus mapped on chromosome A7 (Raman et al., 2012b)

- B. napus (Mapping populations of cultivar “Surpass 400” (R) × “Westar” (S), using isolate 87-41): BLMR1 and BLMR2, single major gene on chromosome N10 (Long et al., 2011)

- B. napus (Two different mapping populations,”DH12075” from cultivar “Cresor” (R) × re-synthesized line “PSA12” (S) and “Shiralee” (R) × “PSA12” (S), using unknown source of isolate): ClmR1 same genetic interval as LmR1 on chromosome A7 (Mayerhofer et al., 2005)

- B. napus (Mapping population of cultivars carrying published Rlm gene, using isolate PHW1245 (IBCN74) and IBCN56): Rlm9 single gene control (Delourme et al., 2004)

- B. napus (Cultivar “Surpass 400,” using 31 isolates from Canada, Australia, Europe, Mexico and USA comprising PG2-4): LepR3 single dominant allele, same linkage group as LepR2 on the A genome (Li and Cowling, 2003; Yu et al., 2008)

- B. napus (DH population, “DHP95” and “DHP96” with resistance introgressed from B. rapa subsp. sylvestris, using 30 isolates from Canada, Australia, Europe, and Mexico): LepR1 (complete, inhibit growth) and LepR2 (incomplete, reduced growth) on A genome chromosome A2 and A10 respectively (Yu et al., 2005)

- B. napus (Cultivars based on published differential set, using isolates from France, Australia, New Zealand, England and Portugal): Rlm3, Rlm7 single gene control (Balesdent et al., 2002)

- B. napus (DH and F2 : 3 populations from “Darmor” (R) × “Samourai” (S), field experiment in France): 16 genomic regions for field resistance (Pilet et al., 1998, 2001)

- B. napus (Cultivar “Doublol,” “Vivol,” “Columbus,” and “Capitol,” “Jet Neuf,” using isolate PG2-4): Rlm4 linked to Rlm1 (Balesdent et al., 2001)

- B. napus (DH from cultivar “Maluka,” “Cresor,” and “RB87-62” × “Westar” (S), using isolate PG2): cRLMm, cRLMrb cited in single resistance gene at cotyledon stage and, aRLMc and aRLMrb adult stage linked to cRLMm and cRLMrb (Rimmer et al., 1999)

- B. napus (Cultivar “Westar,” “Quinta,” and “Glacier,” using isolate PG2, PG3, and PG4): Rlm1 single dominant gene (Ansan- Melayah et al., 1995; Ansan-Melayah et al., 1998)

- B. napus (Cultivar “Westar,” “Quinta,” and “Glacier,” using isolate PG2-4): Rlm2 single dominant gene (Ansan-Melayah et al., 1998)

- B. napus (DH population from cultivar “Shiralee” and “Maluka” (R) × advanced breeding lines (S), using five single spore virulent isolates collected from provinces in Canada): LmR1 single major locus, could be linked/identical (Mayerhofer et al., 1997)

- B. napus (DH population from cultivar “Major” (R) × “Stellar” (S), using isolate PHW1245): LEM1 single major locus (Ferreira et al., 1995)

- B. napus (DH from cultivar “Cresor” (R) × “Westar” (S), using canola residues infected with virulent L. maculans and pycnidiospores of isolate Leroy): LmFr1 single major gene (Dion et al., 1995)

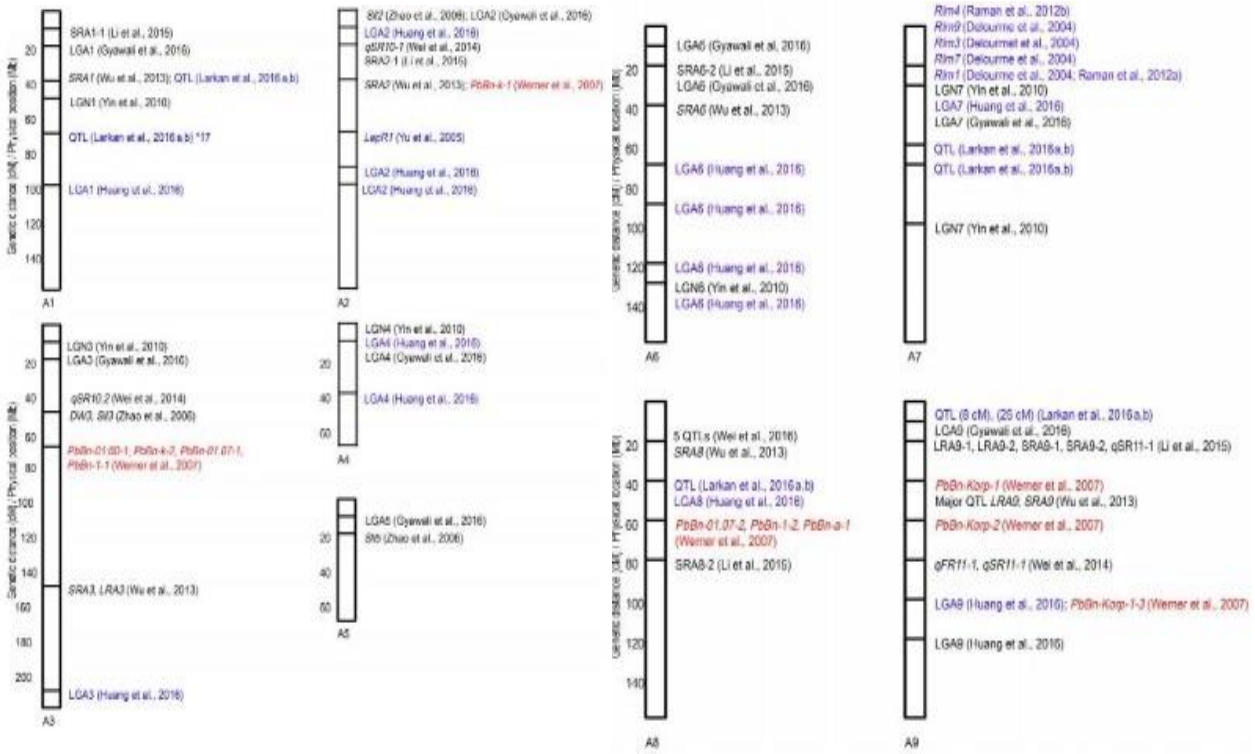
- B. rapa (Accession “02-159-4-1” (R) × DH “Z1” (S), and with “Darmor” and “Eurol,” using 31 isolates from the IBCN and IMASCORE collections): Rlm11 single gene introgressed into B. napus (Balesdent et al., 2013)

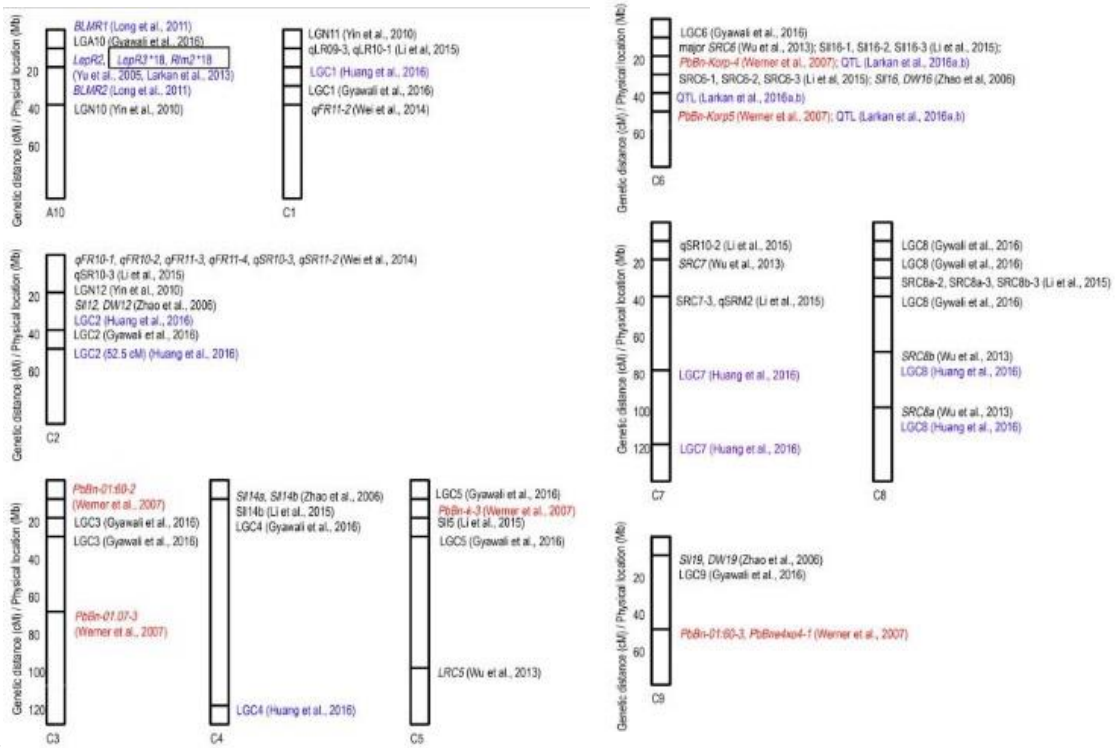
- B. rapa (Line “156-2-1”): Rlm8 single control (Balesdent et al., 2002)

- B. juncea (Cultivar “Aurea” and “Picra”): Rlm5 and Rlm6 epistatic interaction (Balesdent et al., 2002)

- B. juncea (F2 population from F1 progeny of Cultivar “AC Vulcan” × Inbred line “UM3132,” using PG2 isolate): Two independent genes, one dominant and one recessive (Christianson et al., 2006)

ادامه نقشه ژنتیکی جایگاه ژن‌های مقاومت بر روی کروموزوم‌های A و C کلزا





چالش‌های فراروی شناسایی ژن‌های مقاومت به عوامل بیماری‌زا در کلزا (بخش سوم)

حدود ۱۲ ژن بیماری‌زا در جمعیت‌های مختلف قارچ ساق سیاه کلزا گزارش شده است، اما اینکه تمامی این ژن‌ها با یکدیگر متفاوت باشد و یا اینکه برخی ممکن است شبیه یکدیگر ولی با عناوین مختلف نامگذاری شده باشند مشخص نیست و تحقیقات بیشتری در این خصوص باید انجام شود. این تردیدها مربوط به مطالعات محققان مختلف به دلیل تفاوت در نوع کراس‌ها، اختلاف در جدایه‌های قارچی و بعضا استفاده از نشانگرهای مختلف می‌باشد. به‌عنوان مثال ژن‌های LmR1، cRLMm، cRLMrb و LEM1 همگی در کروموزم شماره هفت در گونه براسیکا ارقام استرالیایی (Shiralee، Maluka، Skipton) و یک رقم فرانسوی (Major) به ترتیب شناسایی شده‌اند(Ferreira et al. 1995; Mayerhofer et al. 1997; Balesdent et al. 2001; Delourme et al. 2006). اگرچه تا زمانی که این ژن‌ها کلون نشوند مشخص نیست که این موارد یک جایگاه ژنی هستند یا خیر. زمانی اصلاحگران قادر خواهند بود برای تولید ارقام مقاوم برنامه‌ریزی نمایند، که بدانند چه منابعی از ژن‌های مقاوم باید استفاده کنند. مثال دیگر از یکسان بودن ژن‌ها ارتباط LepR3 در براسیکا با ژن بیماری‌زای AvrLm1 می‌باشد(Larkan et al. 2013). اگرچه مطالعات فنوتیپی نیز حاکی از ارتباط این ژن بیماری‌زا با ژن مقاومت Rlm1 است(Rouxel and Balesdent 2013) که بیانگر احتمال یکی بودن ژن اخیر با ژن مقاومت LepR3 می‌باشد. یا موضوع ارتباط بین ژن‌های مقاومت Rlm4 (Raman et al. 2012) و Rlm7 (West et al. 2002) بوده که نشان دهنده ارتباط ژن‌های بیماری‌زای AvrLm4 و AvrLm7 در پدیده فوق حساسیت در کلزا است. نتایج کلون این عملگرهای بیماری‌زا نشان می‌دهد که این دو ژن بیماری‌زا در واقع الل‌های یک ژن هستند که به صورت AvrLm4-7 نشان داده می‌شود. ارقامی که دارای یکی از ژن‌های مقاومت Rlm4 و یا Rlm7 هستند می‌توانند نسبت به جدایه‌های حامل یکی از این ژن‌های بیماری‌زا مقاوم باشند(Parlange et al. 2009). همچنین به نظر می‌رسد ژن‌های مقاومت Rlm3,Rlm4 و Rlm7 واریانت های اللیک یک ژن بیماری‌زا باشند، چرا که تا کنون در یک رقم خالص یا یکدیگر مشاهده نشده‌اند(Delourme et al. 2004; Larkan et al. 2016; Plissonneau et al. 2017). لذا به نظر می‌آید در خصوص نام‌گذاری این ژن‌های بیماری‌زا باید تجدید نظر شود. نمونه دیگر، تشابه ژنی AvrLmJ1 و AvrLm5 بوده که این موضوع نیز باید بررسی شود (Plissonneau et al. 2017). در مقایسه با دیگر عوامل خسارت‌زا روی کلزا، بر روی ژن‌های بیماری‌زایی بیماری ساق سیاه کلزا کارهای بسیاری انجام شده است. برخی این ژن‌های بیماری زا نیز رابطه مستقیمی با یکدیگر دارند مثل ژن‌های avrLm6 و avrLm1. بنابراین بر این اساس توصیه می‌شود مثلا اگر ما زمانی از ارقام دارای ژن مقاومت Rlm1 استفاده کردیم رقم بعدی ما فاقد ژن مقاومت Rlm6 باشد و بالعکس.

ادامه دارد...

منابع

1. Balesdent, M. H., Attard, A., … & Ansan-Melayah, D. (2001). Genetic Control and Host Range of Avirulence

Toward *Brassica napus* Cultivars Quinta and Jet Neuf in *Leptosphaeria maculans*. Phytopathology 91:70–76. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.1.70

2. Delourme, R., Chèvre, A. M., … & Brun, H. (2006). Major Gene and Polygenic Resistance to *Leptosphaeria maculans* in Oilseed Rape (*Brassica napus*). Eur J Plant Pathol 114:41–52. doi: 10.1007/s10658-005-2108-9
3. Delourme, R., Pilet-Nayel, M. L., …& Archipiano, M. (2004). A Cluster of Major Specific Resistance Genes to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. Phytopathology 94:578–583. doi: doi:10.1094/PHYTO.2004.94.6.578
4. Ferreira, M. E., Rimmer, S. R., Williams, P. H., Osborn, T. C. (1995). Mapping loci controlling *Brassica napus* resistance to *Leptosphaeria maculans* under different screening conditions. Phytopathology 85:213–217
5. Larkan, N. J., Lydiate, D. J., …& Parkin. I. A. P. (2013). The *Brassica napus* blackleg resistance gene LepR3 encodes a receptor-like protein triggered by the *Leptosphaeria maculans* effector AVRLM1. New Phytol 197:595–605. doi: 10.1111/nph.12043
6. Larkan, N. J., Raman, H., …& Lydiate, D. J. (2016). Multi-environment QTL studies suggest a role for cysteine-rich protein kinase genes in quantitative resistance to blackleg disease in *Brassica napus*. BMC Plant Biol 16:183. doi: 10.1186/s12870-016-0877-2
7. Mayerhofer, R., Bansal, V. K., …& Thiagarajah, M. R. (1997). Molecular mapping of resistance to *Leptosphaeria maculans* in Australian cult ivars of *Brassica napus*. Gene 301:294–301
8. Parlange, F., Daverdin, G., …& Fudal, I. (2009). *Leptosphaeria maculans* avirulence gene AvrLm4-7 confers a dual recognition specificity by the Rlm4 and Rlm7 resistance genes of oilseed rape, and circumvents Rlm4-mediated recognition through a single amino acid change. Mol Microbiol 71:851–863. doi: 10.1111/j.1365-2958.2008.06547.x
9. Plissonneau, C., Blaise, F., … & Ollivier, B. (2017). Unusual evolutionary mechanisms to escape effector-triggered immunity in the fungal phytopathogen *Leptosphaeria maculans*. Mol Ecol 26:2183–2198. doi: 10.1111/mec.14046
10. Raman, R., Taylor. B., … & Marcroft, S. (2012). Molecular mapping of qualitative and quantitative loci for resistance to *Leptosphaeria maculans* causing blackleg disease in canola (*Brassica napus* L.). Theor Appl Genet 125:405–418. doi: 10.1007/s00122-012-1842-6
11. Rouxel, T., Balesdent, M. H. (2013). From model to crop plant-pathogen interactions: Cloning of the first resistance gene to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. New Phytol. 197:356–358
12. West , J. S., Fitt, B. D. L. L., …& Leech, P. K. (2002). Effects of timing of *Leptosphaeria maculans* ascospore release and fungicide regime on phoma leaf spot and phoma stem canker development on winter oilseed rape (*Brassica napus*) in southern England. Plant Pathol 51:454–463. doi: 10.1046/j.1365-3059.2002.00726.x

چالش های فراروی شناسایی ژنهای مقاومت به عوامل بیماری زا در کلزا (بخش چهارم)

در خصوص استفاده از منابع مقاومت کلزا به بیماری ساق سیاه، منابع مقاومت به بیماری ساق سیاه عموما در ارقام زمستانه از نظر فراوانی و تنوع بیشتر از ارقام تجاری بهاره هستند(Rouxel et al. 2003). *B.napus* و *B.rapa* هر دو منابع خوبی از ژن های مقاومت به بیماری ساق سیاه کلزا در روی ژنوم A خود دارند بطوریکه برخی ژن‌های مقاومت مانند سری LepR از برخی گونه‌های جنس راپا مثل *B. rapa ssp. Sylvestris* در تلاقی بین گونه‌ایی استفاده شده است(Yu et al. 2005, 2008, 2013). همچنین تحقیقات زیادی بر روی منابع مقاومت موجود در روی ژنوم B که دارای طیف وسیعی از منابع مقاومت کمی هستند (Rimmer and Van Den Berg 1992; Plieske et al. 1998) برای انتقال به کلزا در حال انجام می‌باشد(Sacristan, M. D., Gerdemann 1986; Chevre et al. 1996; Fredua-Agyeman et al. 2014). از آنجائیکه شرایط محیطی در بروز منابع مقاومت نیز موثر هستند(Plieske et al. 1998)، بنابراین استفاده از منابع مختلف مقاومت نسبت به عامل بیمارگر می‌تواند نقش مهمی در ایجاد یک مقاومت مستمر به خصوص در شرایط نامطمئن جوی و محیطی داشته باشد. برخی از ژنهای مقاومت مانند LepR1 و LepR2 هم در مقاومت مرحله کوتیلدونی کلزا نقش ایفا می‌کنند و هم در مرحله بلوغ گیاه(Yu et al. 2005). اگرچه سیستم بیان مقاومت در هر دو مرحله گیاه متفاوت می‌باشد اما مشخص شده‌است که در مرحله کوتیلدونی ژن LepR1 دارای یک مقاومت کامل و ژن LepR2 دارای یک مقاومت جزئی است و این در حالی است که در مرحله بلوغ هر دو ژن دارای مقاومت کامل هستند. الگوی دیگر از مقاومت در یکسری از لاین های چینی کلزا با والدین بهاره و پاییزه کلزا حامل ژنهای مقاومت Rlm3 و Rlm4 مشاهده می‌شود که توانسته‌اند در هر دو مرحله گیاهچه‌ایی و بلوغ نسبت به بیماری ساق سیاه مقاوم باشند(Zhang et al. 2016). مثال دیگر ایجاد مقاومت در کلزاهای پاییزه استرالیایی حامل ژن‌های مقاومت Rlm1 و Rlm3 می‌باشد که می‌توانند در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه بالغ باعث بروز مقاومت در گیاه شوند(Light et al. 2011). ژنهای مقاومت همچنین ممکن است در سایر مراحل رشدی گیاه مثل مرحله خورجین نیز بروز نماید مانند ژنهای Rlm1 و Rlm4 (Van de Wouw et al. 2016) مثال‌های زیادی وجود دارد که ژن‌های مقاومت می توانند به صورت مستقل یا وابسته و در مراحل مختلف رشدی گیاه و یا ترکیبی منجر به بروز مقاومتی موثر در گیاه شوند. در کنار مفهوم مقاومت کیفی یا اختصاصی، بیان ژنهای غیر اختصاصی در غالب مقاومت کمی نیز حائز اهمیت می باشد. هر چند هنوز معرفی این منابع مقاومت و بروز آنها با توجه به تغییرات شرایط محیطی و تنوع و اختلاف در ارقام مبهم می باشد(Jestin et al. 2011; Raman et al. 2012; Huang et al. 2016; Larkan et al. 2016).

منابع

1. Chevre AM, Eber F, This P, et al (1996) Characterization of Brassica nigra chromosomes and of blackleg resistance in B. napus-B. nigra addition lines. Plant Breeding 115:113–118. doi: 10.1111/j.1439-0523.1996.tb00884.x
2. Fredua-Agyeman R, Coriton O, Huteau V, et al (2014) Molecular cytogenetic identification of B genome chromosomes linked to blackleg disease resistance in Brassica napus × B. carinata interspecific hybrids. Theoretical and Applied Genetics 127:1305–1318. doi: 10.1007/s00122-014-2298-7
3. Huang YJ, Jestin C, Welham SJ, et al (2016) Identification of environmentally stable QTL for resistance against Leptosphaeria maculans in oilseed rape (Brassica napus). Theoretical and Applied Genetics 129:169–180. doi:

10.1007/s00122-015-2620-z

4. Jestin C, Lodé M, Vallée P, et al (2011) Association mapping of quantitative resistance for Leptosphaeria maculans in oilseed rape (Brassica napus L.). Molecular Breeding 27:271–287. doi: 10.1007/s11032-010-9429-x
5. Larkan NJ, Raman H, Lydiate DJ, et al (2016) Multi-environment QTL studies suggest a role for cysteine-rich protein kinase genes in quantitative resistance to blackleg disease in Brassica napus. BMC Plant Biology 16:183. doi: 10.1186/s12870-016-0877-2
6. Light KA, Gororo NN, Salisbury PA (2011) Usefulness of winter canola (Brassica napus) race-specific resistance genes against blackleg (causal agent Leptosphaeria maculans) in southern Australian growing conditions. Crop and Pasture Science 62:162–168. doi: 10.1071/CP10187
7. Plieske J, Struss D, Röbbelen G (1998) Inheritance of resistance derived from the B-genome of Brassica against phoma lingam in rapeseed and the development of molecular markers. Theor Appl Genet 929–936.
8. Raman R, Taylor B, Marcroft S, et al (2012) Molecular mapping of qualitative and quantitative loci for resistance to Leptosphaeria maculans causing blackleg disease in canola (Brassica napus L.). Theoretical and Applied Genetics 125:405–418. doi: 10.1007/s00122-012-1842-6
9. Rimmer SR, Van Den Berg CGJ (1992) Resistance of oilseed brassica spp. to blackleg caused by leptosphaeria maculans. Canadian Journal of Plant Pathology 14:56–66. doi: 10.1080/07060669209500906
10. Rouxel T, Willner E, Coudard L, Balesdent MH (2003) Screening and identification of resistance to Leptosphaeria maculans (stem canker) in Brassica napus accessions. Euphytica 133:219–231. doi: 10.1023/A:1025597622490
11. Sacristan, M. D., Gerdemann M (1986) Different behavior of Brassica juncea and B. carinata as sources of Phoma lingam resistance in experiments of interspecific transfer to B. napus. Plant Breed 97:304–314. doi: doi: 10.1111/j.1439-0523.1986.tb01071.x
12. Van de Wouw AP, Elliott VL, Ware A, et al (2016) Infection of canola pods by Leptosphaeria maculans and subsequent seed contamination. European Journal of Plant Pathology 145:687–695. doi: 10.1007/s10658-015-0827-0
13. Yu F, Gugel RK, Kutcher HR, et al (2013) Identification and mapping of a novel blackleg resistance locus LepR4 in the progenies from Brassica napus × B. rapa subsp. sylvestris. Theoretical and Applied Genetics 126:307–315. doi: 10.1007/s00122-012-1919-2
14. Yu F, Lydiate DJ, Rimmer SR (2005) Identification of two novel genes for blackleg resistance in Brassica napus. Theoretical and Applied Genetics 110:969–979. doi: 10.1007/s00122-004-1919-y
15. Yu F, Lydiate DJ, Rimmer SR (2008) Identification and mapping of a third blackleg resistance locus in Brassica napus derived from B. rapa subsp. sylvestris. Genome / National Research Council Canada = Genome / Conseil national de recherches Canada 51:64–72. doi: 10.1139/g07-103
16. Zhang X, Peng G, Kutcher HR, et al (2016) Breakdown of Rlm3 resistance in the Brassica napus–Leptosphaeria maculans pathosystem in western Canada. European Journal of Plant Pathology 145:659–674. doi: 10.1007/s10658-015-0819-0

چالش‌های فراروی شناسایی ژنهای مقاومت به عوامل بیماری زا در کلزا (بخش پنجم)

علی‌رغم نقشه یابی ژنتیکی تعدادی از منابع مقاومت در گیاه میزبان بیماری ساق سیاه کلزا ، تاکنون فقط دو ژن مقاومت در کلزا کلون شده‌اند. یکی ژن LepR3 که در رقم کلزا Surpass 400 (حاصل تلاقی بین *B.rapa* spp. *sylvestris* و *B.oleracea* spp. *alboglabra*) (Larkan et al. 2013) و دیگری Rlm2 ، شکل دیگری از واریانت LepR3 که در رقم Glacier DH24287 وارد شده است(Larkan et al. 2015). بررسی مشخصات ژن LepR3 نشان می‌دهد این ناحیه ژنی عملکردی شبیه ژن Cf-9 در گوجه فرنگی که در مقاومت نسبت به قارچ آسکومیست *Cladosporium fulvum* نقش دارد(Jones et al. 1994)، همان عملکرد را نسبت به *L. maculans* نشان می دهد(Stotz et al. 2014). هر دو ژن LepR3/Rlm2 تحت عنوان گیرنده‌های شبه پروتئینی یا receptor like proteins (RLP) نام دارند که به ترتیب با عملگرهای عامل بیماری‌زا تحت عنوان AvrLm1 و AvrLm2 در سطح سلول‌های گیاهی واکنش نشان می‌دهند. این رده پروتئین‌های مقاومت در گیاهان، شبیه ژنهای رده NBS-LRRs نیستند، لذا این سوال مطرح خواهد شد که آیا RLPs به عنوان effector triggered immunity (ETI) یا عملگرهای همراه واکنش ایمنی در گیاه محسوب می‌شوند؟ در راستای شناسایی این نقطه مبهم، استوتز و همکاران (Stotz et al. 2014) تقسیم بندی جدیدی را برای این دسته از ژنهای مقاومت بیان می‌کنند مبنی بر اینکه مکانیسم دفاعی effector-triggered defense (ETD) که عملگرهای RLPs را درگیر می‌کند در سطح بیرون از سلول‌های سیتوپلاسمی میزبان عمل می‌کند. طیف وسیعی از مطالعات ژنومی گونه‌های براسیکا عمدتا روی ژن‌های NBS-LRR متمرکز شده‌اند در حالیکه باید بر روی RLPs و RLKs نیز مطالعات بیشتری انجام گیرد(Rameneni et al. 2015; Sekhwal et al. 2015; Li et al. 2016). تکنولوژی اخیر در توالی یابی ژنوم و مقایسه این توالی‌ها در گونه‌های نزدیک و یا ژنوم مرجع همان‌گونه، امکانات زیادی را برای نقشه یابی ژنتیکی در اختیار ما قرار می‌دهد(Bevan et al. 2017). با استفاده از ژنوم مرجع موقعیت فیزیکی نشانگرها در نقشه QTL های مرتبط با ژنهای مد نظر، تعیین خواهد شد (Zhang et al. 2016). اخیرا توالی های ژنومی گونه‌های مختلف براسیکا مانند: *B.rapa*(Wang et al. 2011; Cai et al. 2017)، *B.oleracea*(Liu et al. 2014; Parkin et al. 2014) ،*B. nigra*(Yang et al. 2016) ،*B. napus*(Chalhoub et al. 2014; Bayer et al. 2017) و همچنین *B. nigra*(Yang et al. 2016) در دسترس می باشد. به موازت این پیشرفت‌ها، دسترسی به ابزارهای ژنتیکی سرعت زیادی در شناسایی دقیق‌تر منابع مقاومت ایجاد کرده است. مطالعات جدید با استفاده از روش Pan-genome توانسته اطلاعات زیادی را برای ما در جهت شناسایی تمامی ژنهای درگیر در فعالیت گیاهی فراهم نماید. به عنوان مثال در مطالعات انجام شده بر روی ۹ لاین *B. oleracea* تنها ۸۱ درصد کل ژنهای موجود در تمامی این گونه‌ها یکسان بودند(Golicz et al. 2016).

منابع:

Bayer PE, Hurgobin B, Golicz AA, et al (2017) Assembly and comparison of two closely related Brassica napus genomes. Plant Biotechnol J 15:1602–1610. https://doi.org/10.1111/pbi.12742

Bevan MW, Uauy C, Wulff BBH, et al (2017) Genomic innovation for crop improvement. Nature 543:346–354.

https://doi.org/doi: 10.1038/nature22011

Cai C, Wang X, Liu B, et al (2017) Brassica rapa Genome 2.0: A Reference Upgrade through Sequence Re-assembly and Gene Re-annotation. Mol. Plant 10:649–651

Chalhoub B, Denoeud F, Liu S, et al (2014) Early allopolyploid evolution in the post-Neolithic Brassica napus oilseed genome. Science (80-) 345:950–953. https://doi.org/10.1126/science.1253435

Golicz AA, Bayer PE, Barker GC, et al (2016) The pangenome of an agronomically important crop plant Brassica oleracea. Nat Commun 7:. https://doi.org/10.1038/ncomms13390

Jones D, Thomas C, Hammond-Kosack K, et al (1994) Isolation of the tomato Cf-9 gene for resistance to Cladosporium fulvum by transposon tagging. Science (80-) 266:789–793 https://doi.org/10.1126/science.7973631

Larkan NJ, Lydiate DJ, Parkin IAP, et al (2013) The Brassica napus blackleg resistance gene LepR3 encodes a receptor-like protein triggered by the Leptosphaeria maculans effector AVRLM1. New Phytol 197:595–605. https://doi.org/10.1111/nph.12043

Larkan NJ, Ma L, Borhan MH (2015) The Brassica napus receptor-like protein RLM2 is encoded by a second allele of the LepR3/Rlm2 blackleg resistance locus. Plant Biotechnol J 13:983–992 https://doi.org/10.1111/pbi.12341

Li P, Quan X, Jia G, et al (2016) RGAugury: a pipeline for genome-wide prediction of resistance gene analogs (RGAs) in plants. BMC Genomics 17:852. https://doi.org/doi: 10.1186/s12864-016-3197-x

Liu S, Liu Y, Yang X, et al (2014) The Brassica oleracea genome reveals the asymmetrical evolution of polyploid genomes. Nat Commun 5:3930. https://doi.org/doi: 10.1038/ncomms4930

Parkin IAP, Koh C, Tang H, et al (2014) Transcriptome and methylome profiling reveals relics of genome dominance in the mesopolyploid Brassica oleracea. Genome Biol 15:R77. https://doi.org/10.1186/gb-2014-15-6-r77

Rameneni JJ, Lee Y, Dhandapani V, et al (2015) Genomic and post-translational modification analysis of leucinerich-repeat receptor-like kinases in Brassica rapa. PLoS ONE 10:e0142255. https://doi.org/doi: 10.1371/journal.pone.0142255

Sekhwal MK, Li P, Lam I, et al (2015) Disease resistance gene analogs (RGAs) in plants. Int J Mol Sci 16:19248–19290. https://doi.org/doi: 10.3390/ijms160819248

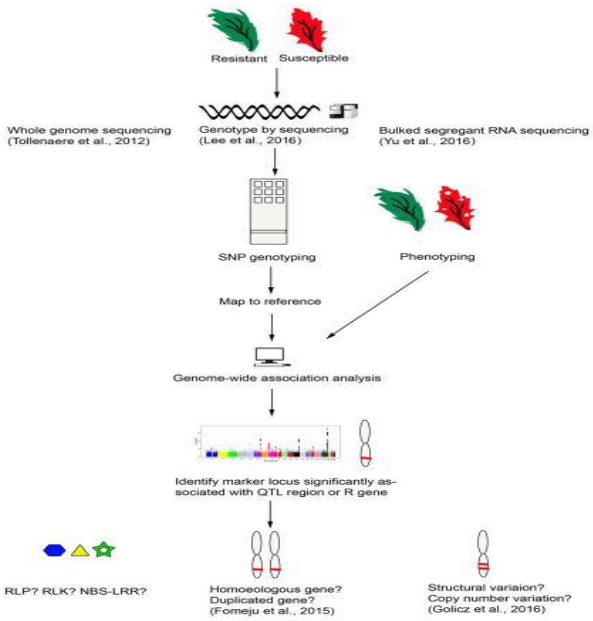
Stotz HU, Mitrousia GK, de Wit PJGM, Fitt BDL (2014) Effector-triggered defence against apoplastic fungal pathogens. Trends Plant Sci 19:491–500. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.04.009

Wang X, Wang H, Wang J, et al (2011) Brassica rapa genome sequencing project consortium. The genome of the mesopolyploid crop species Brassica rapa. Nat Genet 43:1035–1039. https://doi.org/doi: 10.1038/ng.919

Yang J, Liu D, Wang X, et al (2016) The genome sequence of allopolyploid Brassica juncea and analysis of differential homoeolog gene expression influencing selection. Nat Genet 48:1225–1232. https://doi.org/10.1038/ng.3657

Zhang Y-M, Shao Z-Q, Wang Q, et al (2016) Uncovering the dynamic evolution of nucleotide-binding site-leucinerich repeat (NBS-LRR) genes in Brassicaceae. J Integr Plant Biol 58:165–177. https://doi.org/doi: 10.1111/jipb.12365

چالش های فراروی شناسایی ژنهای مقاومت به عوامل بیماری زا در کلزا (بخش ششم)



در خصوص معرفی منابع ژنتیکی مقاومت در کلزا و سهولت نقشه یابی این منابع در گیاهان با توجه به پیشرفتهای اخیر در حوزه ژنومیک مطالبی عنوان شدکه در این خصوص و در این شماره تصویر شماتیکی از مراحل ردیابی ژن های مقاومت نشان داده شده است. در ادامه به معرفی ژنهای بیماریزا در عامل بیماری زای *Leptosphaeria. maculans* و تنوع آنها پرداخته خواهد شد. ۱۶ ژن و ناحیه بیماریزا در نژادهای بیمارگر *L. maculans* از سال ۲۰۰۲ تا کنون شناسایی شده اگرچه هنوز جایگاه ژنی چهار مورد (AvrLepR1، AvrLepR2، AvrLepR3؛ AvrLepR4) از نواحی ژنتیکی مذکور به طور کامل شناسایی نشده است اما سایر ژن‌های بیماری زا توسط پژوهشگران مختلف به شرح جدول ذیل معرفی و تایید شده اند.

همانطور که در مطلب شماره قبل نیز عنوان شد مطالعات پن ژنومیک اطلاعات خوبی را برای محققین جهت بررسی بهتر ساختارهای ژنومی در ژنوم براسیکا با بهره گیری از توالی یابی کامل ژنوم و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به بیان ژن‌ها و تحقیقات متیلیشن به خصوص مبانی مربوط به مقاومت فراهم می‌کند (Parkin *et al*., 2014; Golicz *et al*., 2016).

Gene	Publication	Gene	Publication
AvrLm1	Gout *et al*., 2006	AvrLm7	Balesdent *et al*., 2002; Parlange *et al*., 2009
AvrLm2	Ghanbarnia *et al*., 2015	AvrLm8	Balesdent *et al*., 2002
AvrLm3	Plissonneau *et al*., 2016	AvrLm9	Balesdent *et al*., 2005
AvrLm4-7	Parlange *et al*., 2009	AvrLm10	Petit *et al*., 2016
AvrLm5 later known as AvrLmJ1	Van de Wouw *et al*., 2014; Plissonneau *et al*., 2017b	AvrLm11	Balesdent *et al*., 2013
AvrLm6	Fudal *et al*., 2007	AvrLmS	Van de Wouw *et al*., 2009

تنوع تعداد نسخه های ژنی(CNV) به خصوص در ژنهای مقاومت علیه بیماری ساق سیاه کلزا از دیگر مواردی است که توسط محققین مختلف در حال بررسی و پژوهش است (Batley et al. 2016). علاوه بر کلزا در سایر محصولات نیز مثل غلات (ذرت و برنج)، سویا و خانواده سیب زمینیان (بادمجانیان) نیز این نوع مطالعات ژنومی برای شناسایی حداکثری ژن های بیماریزا در حال انجام است(Springer *et al*. 2009; McHale *et al*., 2012; Saxena *et al*., 2014; Wei *et al*., 2016).

چالش‌های مربوط به ژنوم کلزا

گیاه کلزا در نتیجه یکسری فرایندهای پلوئیدی شدن ایجاد گردیده و از طرفی تاریخچه تکاملی چندان قدیمی هم ندارد (Mason

and Snowdon 2016). پس از یکسری تغییراتی که در اجدا دیپلوئید کلزا (*B. rapa* و *B. oleracea*) و یکسری دگرگونی‌های افزایشی و کاهشی ژنومی و تغییرات ساختاری که در آن رخ داده شده، گونه‌های امروزی کلزا ایجاد گردیده است (Town *et al.*, 2006). علی رغم پیچیدگیهای ژنومی گونه های براسیکا در حال حاضر از این گیاهان نیز به عنوان گیاهان مدل استفاده می‌شود(Liu *et al.*, 2014) مطالعات ژنومی روی ژن های مشابه نشان داد کلزا در مقایسه با دو گونه اجدادی خود تنوع ژنتیکی کمتری دارد.

منابع

1. Batley J, Dolatabadian A, Yang H, et al (2016) “The more the merrier? Investigating copy number variation in Brassica disease resistance,” in Plant and Animal Genome. Conf Asia
2. Golicz AA, Bayer PE, Barker GC, et al (2016) The pangenome of an agronomically important crop plant Brassica oleracea. Nat Commun 7: https://doi.org/10.1038/ncomms13390
3. Liu S, Liu Y, Yang X, et al (2014) The Brassica oleracea genome reveals the asymmetrical evolution of polyploid genomes. Nat Commun 5:3930. https://doi.org/doi: 10.1038/ncomms4930
4. Mason AS, Snowdon RJ (2016) Oilseed rape: learning about ancient and recent polyploid evolution from a recent crop species. Plant Biol 18:883–892. https://doi.org/10.1111/plb.12462
5. McHale LK, Haun WJ, Xu WW, et al (2012) Structural Variants in the Soybean Genome Localize to Clusters of Biotic Stress-Response Genes. Plant Physiol 159:1295–1308. https://doi.org/10.1104/pp.112.194605
6. Parkin IAP, Koh C, Tang H, et al (2014) Transcriptome and methylome profiling reveals relics of genome dominance in the mesopolyploid Brassica oleracea. Genome Biol 15:R77. https://doi.org/10.1186/gb-2014-15-6-r77
7. Saxena RK, Edwards D, Varshney RK (2014) Structural variations in plant genomes. Brief Funct Genomics 13:296–307. https://doi.org/10.1093/bfgp/elu016
8. Springer NM, Ying K, Fu Y, et al (2009) Maize inbreds exhibit high levels of copy number variation (CNV) and presence/absence variation (PAV) in genome content. PLoS Genet. 5:e1000734. https://doi.org/doi: 10.1371/journal.pgen.1000734
9. Town CD, Cheung F, Maiti R, et al (2006) Comparative Genomics of Brassica oleracea and Arabidopsis thaliana Reveal Gene Loss, Fragmentation, and Dispersal after Polyploidy. Plant Cell 18:1348–1359. https://doi.org/10.1105/tpc.106.041665
10. Wei C, Chen J, Kuang H (2016) Dramatic Number Variation of R Genes in Solanaceae Species Accounted for by a Few R Gene Subfamilies. {PLOS} {ONE} 11:e0148708. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148708

انتقال مقاومت به بیماری از *Brassica nigra* به کانولا و استفاده از تیپ جدید *B. napus*

دو بیماری مهم کانولا شامل ریشه گرزی (clubroot) ناشی از *Plasmodiophora brassicae* و ساق سیاه (blackleg) ناشی از *Leptosphaeria maculans* تهدید جدی برای تولید کلزا هستند. جهت مدیریت این بیماری‌ها منابع جدید مقاومت مورد نیاز است، چرا که بر پایه گزارش‌ها، جمعیت‌های این پاتوژن‌ها قادر به غلبه بر مقاومت ارقام کانولا مقاوم به هر دو بیماری هستند. محققان مرکز کشاورزی و کشاورزی-غذا کانادا (AAFC) در ساسکاتون با استفاده از لاین‌های خردل سیاه (*Brassica nigra*) که اخیراً مقاومت آن‌ها در برابر هر دو بیماری شناسایی شده است، بررسی چهار ساله انجام داده‌اند. لاین‌های مورداستفاده در این بررسی هرگز در برنامه‌های اصلاحی کانولا و خردل برای مقاومت در برابر بیماری استفاده نشدند، این نشان می‌دهد که این لاین‌ها منبع منحصربه‌فرد و جدیدی از مواد گیاهی برای ایجاد مقاومت به هر دو به بیماری هستند. اهداف این بررسی تعیین نحوه کنترل ژن‌های مقاومت در برابر ریشه گرزی و موقعیت ژنتیکی هر ژن مقاومت در لاین *B. nigra* CR2716 (بسیار مقاوم در برابر هر دو بیماری ریشه گرزی و ساق سیاه) و ایجاد لاین‌های اصلاحی *B. napus* با مقاومت در برابر هر دو بیماری ریشه گرزی و ساق سیاه بود. در این مطالعه، ابتدا نقشه‌یابی ژنتیکی مقاومت ریشه گرزی در لاین *B nigra* CR2716 انجام شد. در ادامه تست تأیید اینکه مقاومت توسط یک ژن غالب کنترل می‌شود و این ژن مقاوم جدید به پاتوژن‌های 3 و 5X و به‌طور بالقوه به دیگر پاتوژن‌های جدید بسیار مقاوم است، صورت گرفت. در مرحله بعد ژن مقاوم جدید به منطقه ژنومی نزدیک به ژن مقاومت RhCr6 که قبلاً مشخص شده‌بود، منتقل شد. بخش بعدی پروژه بر روی انتقال ژن مقاومت در برابر هر دو بیماری از لاین مقاوم *B. nigra* CR2716 به لاین کانولا *B. napus* DH 16156 متمرکز بود. لاین‌های اصلاحی برای مقاومت به پاتوژن‌های 3 و 5X ریشه گرزی تست شدند و انتخاب به کمک مارکر بر روی هر نسل انجام شد. وجود یک ژن منفرد در کنترل مقاومت در برابر ریشه گرزی تأیید شد. مطالعات مشابهی برای ساق سیاه با مقاومت به گیاه شناسایی شده در همه جمعیت‌ها انجام شد. چهار فنوتیپ برای مقاومت به دو جدایه *L. maculans* در اکثر جمعیت‌ها مشاهده شد، که نشان می‌دهد مقاومت به ساق سیاه احتمالاً توسط ژن‌های مختلف کنترل می‌شود. در نهایت در این پروژه به‌طور موفقیت‌آمیز لاین‌های اصلاحی *B. napus* جدید با منشأ مقاومت در برابر هر دو بیماری از خردل سیاه ایجاد شدند. در آینده، تولیدکنندگان کانولا می‌توانند ارقام کانولا با ژن‌های مقاومت جدید که زیان‌های اقتصادی ناشی از بیماری‌ها در آن‌ها کاهش خواهد یافت را کشت دهند.

منبع:

Yu, F., Peng, G., Gossen, B. Vail, S. 2019. Introgression of disease resistance from Brassica nigra into canola using a new-type B. napus,(Final Report). Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon SK.

پروتئین کلزا: فرصت‌های آینده و دستورالعمل‌ها(بخش اول)

مقدمه

سازمان غذا و کشاورزی (*FAO*) سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است تقاضای جهانی غذا به‌ویژه به گوشت و لبنیات تا سال ۲۰۵۰ بیش از دو برابر خواهد شد. مشخص‌شده است پروتئین به‌عنوان یک ماده مغذی محدودکننده برای امنیت غذایی جهانی است و *FAO* اعلام کرده که مقدار و کیفیت پروتئین کافی یک حق اساسی برای هر شهروند جهانی است. درحالی‌که تقاضای روزافزون برای پروتئین‌های حیوانی (گوشت، تخم‌مرغ، لبنیات (کازئین، پنیر) وجود دارد، فشارهای جمعیت، ملاحظات زیست‌محیطی و میزان بهره‌وری تکامل عقلانی از منابع پروتئین حیوانی به گیاهی برای تغذیه انسان پیشنهاد می‌شود. بنابراین ارزش تغذیه‌ای پروتئین گیاهی اهمیت حیاتی دارد و انتظار می‌رود که در سطح جهانی اهمیت یابد. کلزا (که به‌عنوان کانولا شناخته می‌شود)، دومین تولیدکننده روغن دانه در جهان است پس از سویا، کنجاله غنی از پروتئین در طول استخراج روغن تولید می‌کند. در حال حاضر مصرف کنجاله کانولا به‌طور عمده به بازار تغذیه حیوانات محدودشده است تا جایی که به دلیل مقدار بالای پروتئین آن به منبع تغذیه رقابتی برای حیوانات اهلی تبدیل‌شده است. البته حرکت به سمت تغذیه نشخوارکنندگان، آبزیان و محصولات زیستی امکان‌پذیر است، اما به تحقیق و انتقال فنّاوری به‌منظور به دست آوردن پذیرش تجاری نیاز است. پروتئین کانولا دارای یک فرصت برای تأمین منبع پروتئین انسانی باکیفیت بالا است. علی‌رغم تحقیقات گسترده در دهه‌های اخیر، استفاده از چندین فنّاوری توسعه‌یافته و تولید مقیاس وسیع محصولات قابل‌عرضه به بازار، هنوز هیچ پروتئینی تولیدی از کانولا به‌طور تجاری در دسترس نیست.

فرآوری (*Processing*)

فرآوری مرطوب(aqueous processing) پروتئین کانولا بیش از دیگر پروتئین‌های گیاهی (بذری) چندین چالش منحصربه‌فرد به همراه دارد. چالش اول وجود فنول‌های بذری است. اگر فنولی در بذر وجود داشته باشد اکسیداسیون در محیط آبی اجتناب‌ناپذیر است، درنتیجه عصاره و محصول پروتئین نهایی به دلیل اثر متقابل پروتئین-فنولیک دارای رنگ و طعم نامطلوب خواهد شد. چالش دوم میزان تولید پروتئین از کنجاله کانولا است. پروتئین کانولا دارای حلالیت کم در *PH* خنثی است بنابراین *PH* آلکالین یا مواد افزودنی مانند نمک برای بهبود میزان تولید پروتئین نیاز است. میزان تولید پروتئین کانولا در مقایسه با کل هزینه مصرفی تولید، کمتر از سویا است. میزان پروتئین کانولا (۳۶ درصد در مقابل ۴۸ درصد در کنجاله سویا) نسبتاً کم است بنابراین این مسئله تولید پروتئین از کانولا را ازنظر اقتصادی خیلی پایین می‌سازد. چالش سوم تغییرات فرآوری است که پروتئین کنجاله کانولا در طول استخراج روغن دریافت می‌کند. کنجاله کانولا تهیه‌شده به‌طور متعارف که از طریق *desolventizer-toaster* استخراج‌شده است یک ماده اولیه با نیاز به فرآیند گسترده برای بازیابی پروتئین است. کنجاله حاصله تحت پرس (*Expeller pressed*) ممکن است بیش‌ازحد دارای روغن باقی‌مانده باشد که استخراج کارآمد پروتئین از آن به یک مرحله اضافی از حذف روغن نیاز دارد. بنابراین اکثر کنجاله کانولا موجود مواد خوراکی مناسب برای بازیافت پروتئین نیستند. مشخص‌شده است بذر کانولا حاوی فنول، گلوکوزینولات، فیتات و فیبر است که به‌عنوان مواد ضد تغذیه‌ای موردتوجه قرار

می‌گیرند. برخی از این ترکیبات غیر پروتئینی بوده و در پوشش یا پوسته بذر متمرکز می‌شوند. چالش‌ها در فرآوری خشک کلزا شامل موفقیت محدود دربرداشتن مواد ضد مغذی، مشکل در حذف پوست و ادغام این مراحل در آماده‌سازی کنجاله و برنامه‌های فرآوری است. فرآوری خشک(dry processing) کانولا نسبت به فرآوری مرطوب کنسانتره‌های غنی‌شده با پروتئین باکیفیت پایین‌تر، مواد میکروبی بالاتر و عملکرد پروتئین پایین‌تر تولید می‌کند. در مقایسه با فرآوری سویا، پروتئین حاصل از کنسانتره کنجاله کانولا عملکرد پایین، رنگ تیره‌تر و خلوص پایین‌تر دارد که بخشی به دلیل کمبود پروتئین در کنجاله است. آماده‌سازی ایزوله‌های پروتئینی از طریق استخراج قلیا و ایزوالکتریک نیز معمول است که برای سویا استفاده می‌شود و در کانولا آزمایش‌شده است. همچنین پروتئین کانولا می‌تواند از طریق اولترافیلتراسیون/ دیافیلتراسیون جداسازی شود. اگرچه فنول‌ها، فیتات‌ها و گلوکوزینولات‌ها می‌توانند به‌وسیله این فرایند به‌اندازه معقول برداشته شوند، چالشی که در این مورد درکلزا وجود دارد ممکن است شامل انتخاب غشاء مناسب برای جداسازی مؤثر، مصرف آب بالا و هزینه واحد بالا باشد. به‌طورکلی فرآوری مرطوب پروتئین کانولا شامل مصرف آب و هزینه‌های انرژی بالا است که به ارزیابی اقتصادی برای پذیرش تجاری نیاز دارد. پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری ممکن است عملکرد و کیفیت پروتئین کانولا را بهبود بخشد و همچنین هزینه تولید را کاهش دهد. ازجمله فن‌آوری استفاده از سانتریفیوژها با نیاز انرژی پایین برای جداسازی مؤثرتر که باعث کاهش هزینه، خلوص بالا و کیفیت بالاتر می‌شود. اما هزینه فرآوری هنوز هم یک چالش است. چندین شرکت تجاری ازجمله ***Burcon NutraScience***، بر تعدادی از این موارد چالش غلبه کرده است. در فرآوری مربوط به شرکت ***Burcon***، استخراج مرطوب، همراه با فیلتراسیون غشایی محصولات پروتئین کانولا با قابلیت‌های متمایز تولید می‌شود. آن‌ها قادرند سه نوع مختلف پروتئین کانولا با عملکرد عالی و عطروطعم بی‌نظیر تولید کنند. به‌طورکلی برای هر یک از فرآیندهای فوق، بزرگ‌ترین چالش روبروی کانولا آسیب گرما به پروتئین‌ها در فرآیند استخراج روغن، و به‌ویژه در ***desolventizer /toaster*** است. آسیب‌های حرارتی در حلالیت، طعم و رنگ پروتئین تأثیر می‌گذارد. فشرده‌سازی سرد و دمای پایین ***desolventizing*** پیشنهاد یک راه حل ممکن است.

عملکرد (***Functionality***)

عملکرد پروتئین (از جمله خواص تغذیه‌ای) کیفیت و کاربرد آن را در محصولات غذایی تعیین می‌کند. خواص فیزیکی و شیمیایی پروتئین‌ها بر رفتار آن‌ها در محیط (معمولاً یک سیستم غذایی) در طول فرآوری، ذخیره‌سازی و مصرف اثر می‌گذارد. خواص عملکردی پروتئین‌های کانولا به نوع فرآوری و ماهیت مولکولی هر یک از پروتئین‌ها بستگی دارد. پروتئین‌های ذخیره‌ای عمده در بذر کانولا کروسیفرین (***Cruciferin***)و ناپین (***Napin***) هستند که ۹۰-۸۵ درصد کل پروتئین را تشکیل می‌دهند. کروسیفرین یک هترومر گلوبولین ۱۱S از ۳۵۰-۳۰۰ کیلو دالتون، پروتئین ذخیره‌ای غالب بذر است. ناپین آلبومین ۲S از ۱۶-۱۴ کیلو دالتون در مقادیر کمتر نسبت به کروسیفرین موجود است. بسیاری از محصولات پروتئینی به‌دست‌آمده از کلزا با استفاده از فن‌آوری‌های موجود مخلوط این دو نوع پروتئین در نسبت‌های مختلف هستند. ازآنجاکه کروسیفرین و ناپین در بسیاری از موارد از جمله ترکیب آمینواسید، ساختار مولکولی، اندازه و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت هستند، خواص عملکردی آن‌ها در شرایط مختلف متفاوت است. بنابراین خواص و ویژگی‌های محصولات پروتئین کانولا ممکن است بسته به

سطح کروسیفرین و ناپین در محصول متفاوت باشد. حلالیت یک الزام کلیدی برای پروتئین‌های غذایی است. فرآوری محصولات پروتئینی بر حلالیت محصول نهایی تأثیر زیادی دارد. حلالیت می‌تواند توسط هیدرولیز کردن پروتئین‌ها بهبود یابد. در محصولات پروتئینی غنی از ناپین مقدار حلالیت در محدوده *pH 2* تا ۱۰ بیشتر از ۹۰ درصد است، که یک ویژگی منحصربه‌فرد برای پروتئین گیاهی (بذر) است. محصولات پروتئینی غنی از کروسیفرین در مقایسه با پروتئین غنی از ناپین در این *pH*، کاهش حلالیت نشان دادند. توانایی امولسیون روغن (یا سایر مولکول‌های غیر قطبی) بدون جداسازی در شرایط ذخیره‌سازی و فرآوری مختلف یکی دیگر از ویژگی‌های کلیدی پروتئین‌های غذایی است. پروتئین‌های با خواص امولسیون خوب در هر دو بخش غذایی (مواد غذایی مایع، گوشت فرآوری شده از امولسیون، سس‌ها) و غیر غذایی (محصولات بهداشتی) کاربرد دارند. ایزوله‌های پروتئینی کانولا که حاوی هر دو کروسیفرین و ناپین هستند عموماً توانایی امولسیون محدودی را نسبت به ایزوله‌های پروتئین سویا دارند. ناپین کانولا خواص امولسیونی ضعیف‌تر از پروتئین کروسیفرین نشان می‌دهد. ناپین ممکن است نقش منفی در خواص امولسیونی محصولات پروتئین کانولا حاوی هر دو کروسیفرین و ناپین داشته باشد. تشکیل ژل ناشی از حرارت، ضرورت پروتئین‌های غذایی برای ایجاد ساختار غذاهای فراوری‌شده در گرما است. محصولات غنی ناپین ژل‌های ضعیف در مقایسه با محصولات کروسیفرین تولید می‌کنند و این ممکن است با پایداری حرارتی بالا ساختار مولکولی ناپین با ۴ پیوند دی سولفید همبستگی داشته باشد. کروسیفرین گرایش قوی‌تر به تولید ژل ناشی از گرما نسبت به ناپین دارد.

پروتئین کلزا/کانولا: فرصت‌های آینده و دستورالعمل‌ها(بخش دوم)

کیفیت پروتئین

ویژگی‌های تغذیه‌ای پروتئین کانولا نقش مهمی در تعیین آن به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده غذا دارد. پروتئین کانولا تعادل خوبی از اسیدآمینه‌های ضروری غنی از گوگرد است، که عمدتا به دلیل سطح نسبتا بالا اسیدآمینه سیستئین و ناپین است. پروتئین‌های کانولا تقریبا به طور انحصاری برای خوراک حیوانات هستند و ارزش غذایی آن برای انسان محدود است. طی مطالعه‌ای در انسان، پروتئین کانولا حاوی پروتئین‌های کروسیفرین، ناپین و پروتئین‌های انتقال دهنده چربی، قابلیت هضم پروتیئن در درجه‌گذاری آمینواسید تصحیح شده (PDCAAS) ۰/۸۶، شبیه به پروتئین سویا بود. هضم واقعی این محصول ۸۴ درصد گزارش شده است، در حالی که هضم پروتئین تخم مرغ و شیر به ترتیب ۹۴ و ۹۵ درصد گزارش شده است.

آلرژن بودن

گزارش شده است پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر 2S گیاهان خانواده Brassicaceae شامل مولکول‌هایی هستند که می‌توانند پاسخ ایمنولوژیک در افراد حساس ایجاد کند. ناپین (قوی) و کروسیفرین (قدرت کمتر) به عنوان پروتئین‌های آلرژیک خردل زرد (*Sinapis alba*) (خویشاوند نزدیک کانولا) شناخته شده‌اند. در حال حاضر اطلاعاتی در مورد اثر فرآوری بر روی پتانسیل آلرژیک ناپین کانولا وجود ندارد. با توجه به شناخت آلرژیک بودن خردل در کشورهای عضو اتحادیه اروپا و کانادا توصیه شده

است که مواد غذایی حاوی پروتئین کانولا به برچسبی برای نشان دادن پتانسیل آلرژیزاسیون نیاز دارند. پتانسیل آلرژن بودن پروتئین کانولا عاملی است که نمی‌تواند در محصولات حاصل از آن‌ها در نظر گرفته نشود.

پپتیدهای فعال زیستی(Peptides Bioactive)

گزارش شده است که مخلوط پپتید و هیدرولیزات مشتق شده از پروتئین کانولا دارای طیف وسیعی از فعالیت‌های بیولوژیکی هستند که می‌تواند در سلامت انسان مفید باشد. در مطالعه‌ای شواهد قوی برای توانایی پپتیدهای کانولا جهت مهار آنزیم تبدیل آنژیوتانسین I نشان داده شد که می‌تواند کاهش فشار خون موش‌های پر فشارخون را از طریق تداخل با رینین-آنژیوتانسین به دنبال داشته باشد. علاوه بر این خواص آنتی‌اکسیدان، آنتی‌دیابتی، ضدانعقادی، ضد سرطان، ضد ویروسی و فعالیت‌های مرتبط با هیپوکلسترولمی برای پپتیدها و هیدرولیزات تولید شده از پروتئین‌های کانولا گزارش شده است.

اصلاح

پتانسیل استفاده از تکنیک‌های ژنومیک و اصلاح برای بهبود کنجاله کانولا جهت استخراج پروتئین و افزایش قابلیت زیستی آن وجود دارد. در نگاه اول به نظر می‌رسد که پروفایل اسیدآمینه فعلی کانولا نسبتا متعادل است. با این حال توافق‌هایی در زمینه تغییرات طبیعی در جنس Brassica جهت تغییر یا بهبود ترکیبات اسیدآمینه و همچنین استفاده از تکنیک‌های کاربردی ویرایش ژنوم وجود دارد که می‌تواند برای مصرف نهایی در بازار مورد استفاده قرار گیرد. افزایش قابلیت زیستی پروتئین کانولا برای کودکان و افزایش آمینواسپوراسیون ترکیب اسیدآمینه پروتئین از جمله فرصت‌هایی است که باید مد نظر قرار گیرد. همچنین منطقی است ابتدا میزان پروتئین بهبود یابد و سپس به انواع پروتئین آن (کروسیفرین و ناپین) و نسبت آن‌ها توجه گردد. کاهش میزان فیبر و گلوکوزینولات می‌تواند هدف سوم باشد. موضوع افزایش یک درصد پروتئین در هر سال ممکن است واقع بینانه و قابل دستیابی باشد.

فرصت‌ها

چالش شرکت‌های تولیدکننده مواد غذایی جهت جایگزینی پروتئین سویا با پروتئین‌های گیاهی جدید، فرصتی برای کانولا در جهت افزایش تقاضا برای منابع جایگزین پروتئین فراهم می‌کند. مشخص شده است که پروتئین کانولا پروفایل اسیدآمینه متعادل دارد که در حال حاضر با سایر پروتئین‌های گیاهی در بازار قابل رقابت است. با این حال، با توجه به حرکت FAO به سمت DIAAS (درجه‌گذاری آمینواسید ضروری قابل هضم) روش ارزیابی کیفیت پروتئین برای اندازه‌گیری میزان پروتئین کانولا مفید خواهد بود. کانولا دارای نام تجاری شناخته شده و به عنوان یک روغن سالم است که به طور گسترده‌ای مورد استفاده و پذیرش در فرآوری مواد غذایی است. این پذیرش نام تجاری باید به پروتئین آن گسترش یابد، هر چند ممکن است نگرانی از پروتئین محصولات کانولا تراریخته (GMO) وجود داشته باشد. زمینه مصرف پروتئین کانولا بسیار مهم است که بتوان از آن به عنوان کنسانتره یا ایزوله در غذا یا بخش آبزی پروری استفاده می‌شود. بدون شک، قیمت محصول پروتئینی کلزا یک

عامل مهم، در موقعیت آن خواهد داشت. علاوه بر این فرصت‌هایی در استفاده از محصولات تولیدی بالقوه از تجزیه پروتئین کانولا شامل فیبر، مقادیر پروتئین با ارزش بالا، لیگنین، اسیدفیتیک، پلی‌فنل و کانولول وجود دارد. برای ارزیابی تمام فرصت‌ها در پروتئین‌های کانولا به مدل فنی و اقتصادی مناسب نیاز است.

چالش

بزرگترین عامل تعیین موفقیت استفاده از پروتئین کانولا به عنوان یک ماده غذایی، توانایی آن برای رسیدن به بازار با قیمت رقابتی است. اولین گام در این فرایند درک کامل پتانسیل بازار از جمله میزان بازار، ارزش محصول، قیمت خوراک دام و غیره است. پروتئین کانولا به حرکت به سمت بازارهای با ارزش بالاتر (یا حجم بالا بازار مانند غلات صبحانه) نیاز خواهد داشت. بنابراین قیمت و میزان بازار برای پروتئین‌های ارزشمند باید دقیقا ارزیابی شود. همچنین لازم است مزیت رقابتی پروتئین‌های کانولا و راهبردهای توسعه آن به بازار شناسایی شود. در دسترس بودن مواد خوراکی مناسب برای استخراج پروتئین یک چالش است. کنجاله کانولا فرآوری شده که بصورت متداول از طریق توستر استخراج شده است، ماده اولیه کارآمد برای بازیافت پروتئین نیست. در حال حاضر روش استخراجی وجود ندارد که بتواند جایگزین این فرآیند بدون استفاده از حلال شود. از راه حل‌های ممکن، استخراج در درجه حرارت پایین یا Vacuum Desolventtizer است، اما این نیاز، به گرمایش مجدد گیاهان فرآوری شده کانولا دارد. اگر یک فرایند سرد با فشار برای استخراج استفاده شود، مقدار کنجاله تولید شده در روغن باقی مانده، بیش از حد زیاد است. کنجاله تحت فشار با محتویات کم روغن دارای پروتئین بسیار متداول تا حدودی شبیه به کنجاله حاصل از روش Desolventizer-Toasted است. اگر چه کنجاله تحت فشار سرد می‌تواند برای بهبود بیشتر روغن، پروتئین و سایر محصولات تولیدی استفاده شود، اما تکنولوژی باید از نظر اقتصادی و محصولات مورد نیاز رقابتی باشند. امروزه از فن‌آوری‌های فعلی برای به‌دست آوردن محصولات کانولا با هدف تولید مواد پروتئینی جهت جایگزینی گسترده پروتئین‌ها به خصوص از منابع حیوانی استفاده می‌شود. با چشم‌انداز در حال تغییر محصولات غنی از پروتئین و چگونگی مصرف آن‌ها، باید فن‌آوری‌های مورد نیاز برای استفاده از پروتئین موجود در کانولا را توسعه داد.

Campbell, L. Rempel, C. B. and Wanasundara, J. P. D. (2016). Canola/Rapeseed Protein: Future Opportunities and Directions—Workshop Proceedings of IRC 2015. journal Plants, 5(17): 1-7.

خسارت آب و هوا به دانه کلزا و اهمیت آزمون وزن دانه طبق استاندارد استرالیا

بسیاری از کشاورزان در طول برداشت کلزا خسارت آب و هوا به دانه کلزا را تجربه می‌کنند. در بسیاری از موارد حتی دانه کلزا جوانه‌زده در خورجین نیز دیده می‌شود. قوانین استاندارد AOF (Australian Oilseeds Federation) حداکثر پنج درصد دانه جوانه‌زده را مجاز می‌داند. در بسیاری از موارد میزان دانه جوانه‌زده به مراتب بیش از پنج درصد بوده و ممکن

است دانه از تخفیف برخوردار شده و یا در برخی موارد رد گردد. یکی از عوارض جوانه زدن دانه کلزا کاهش وزن دانه است که به دلیل مصرف انرژی ذخیره شده و رطوبت لازم جوانه ایجاد می‌شود. در نتیجه آزمون وزن دانه از معیارهای مهم کیفی دانه است.

چرا آزمون وزن دانه کلزا مهم است؟

آزمون وزن دانه شامل اندازه‌گیری میزان و تراکم مواد موجود در دانه است. این عمل برای صنعت فرآوری دانه مهم است چرا که مشخص می‌کند، چه میزان از منابع تولید که برای فرآوری یک متر مکعب دانه کلزا مورد نیاز است، صرف نظر از اینکه عملکرد در چه بخشی از دانه، روغن یا پروتئین مد نظر باشد تعیین می‌شود. دانه سبک برای فرآیند مکانیکی از طریق پرس، سبب بروز مشکل می‌شود و ماشین‌آلات نمی‌توانند با وزن دانه پایین به‌صورت بهینه به کار گرفته شوند.

اثرات دیگر دانه جوانه‌زده

درصد روغن کمتر: در دانه‌های جوانه‌زده به احتمال زیاد نسبت روغن به پروتئین و فیبر پایین‌تر است. از آنجایی که میزان روغن استحصالی برای بخش صنعت با ارزش است، درصد روغن پایین در هر تن، بازده تولید و برگشت سرمایه را در بخش صنعت کاهش می‌دهد.

افزایش اسیدهای چرب آزاد (FFA): دانه‌های جوانه‌زده مقادیر بالایی FFA دارند. اسیدهای چرب آزاد، روغن‌هایی می‌باشند که اسیدهای چرب آن تجزیه شده و در واقع محصول زائد تصفیه محسوب می‌شوند. اگر میزان FFA در دانه زیاد باشد میزان روغن استحصال شده کمتر خواهد بود. علاوه بر این FFA زمان ذخیره‌سازی دانه را کاهش خواهد داد. همچنین افزایش FFA می‌تواند موضوع مهمی برای صادرکنندگان دانه باشد.

اثرات دیگر

دانه کلزا جوانه‌زده و خسارت دیده دارای سطح بالاتری از کلروفیل، توکوفرول، فسفولیپیدها و فیتواسترول است که نیاز به حذف در طول فرآوری داشته و در نتیجه هزینه های اضافی برای فرآوری آن تخمین می‌کنند. تخمین AOF نشان می‌دهد که دانه جوانه‌زده سبب افزایش هزینه‌ها بین ۱۰ تا ۲۰ درصد می‌گردد. تجربه نشان می‌دهد خسارت ناشی از آب و هوا به دانه، سبب ایجاد وزن سبک آن می‌شود. در شرایطی که دانه پذیرفته نشود، صنعت غذای دام ممکن است بازاری مناسب برای آن باشد. به احتمال زیاد، بهترین مذاکره بین فروشنده و خریدار بر اساس توضیحات نمونه (تست وزن دانه و جوانه) است. در اغلب موارد خریداران به دیدن نمونه برای ارزیابی خسارت احتمالی آب و هوا قبل از هر گونه تعهد برای خرید دانه اقدام می‌کنند.

نتایج مقالات جدید کاربردی مربوط به گیاه دانه روغنی کلزا

کلزا (*Brassica napus*) ، سومین گیاه روغنی مهم دنیا شناخته شده است که دارای ۴۰ تا ۴۵ درصد روغن و حداقل ۳۴ درصد پروتئین است. همچنین با توجه به برنامه خودکفایی وزارت جهاد کشاورزی در اساسی‌ترین محصولات غذایی مانند تولید

روغن، توجه بیشتری به توسعه کشت این گیاه با ارزش شده و آمارها نیز نشان‌دهنده رشد فزاینده سطح زیر کشت و افزایش متوسط عملکرد کلزا در کشور است. در این مقاله به بررسی نتایج برخی از تحقیقات اخیر انجام شده در ارتباط با اهداف به‌زراعی، اصلاحی و گیاهپزشکی کلزا پرداخته می‌شود.

مقایسه ارقام کلزا جهت کشت پس از برداشت شالی درشالیزارهای استان‌های شمالی

جهت دستیابی به خودکفایی در زمینه روغن خوراکی و کاهش واردات، توسعه و کشت گیاه روغنی کلزا در اراضی شالیکاری یکی از عرصه‌های امیدبخش توسعه این گیاه محسوب می‌شود. به منظور شناسایی ارقام مناسب کلزا جهت کشت در شالیزار پس از برداشت برنج، ۱۴ ژنوتیپ کلزا در اراضی شالیزاری گیلان به مدت دو سال مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های هایولا ۳۳۰ و هایولا ۴۰۱ بیشترین عملکرد دانه را داشتند. ژنوتیپ هایولا ۳۳۰، رتبه اول را برای اکثر صفات مورد مطالعه داشت. ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱ و هایولا ۳۰۸ به ترتیب بیشترین تعداد خورجین در بوته و کمترین تعداد روز تا رسیدگی را داشتند. بر طبق نتایج برش دهی اثر متقابل، رقم هایولا ۴۰۱ به دلیل عملکرد بیشتر و زودرس بودن به عنوان ژنوتیپ برتر جهت کشت در شالیزارهای رشت پیشنهاد شد (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۳).

ارزیابی کمون ثانویه و رفتار جوانه‌زنی بذر لاین‌ها و ارقام کلزا

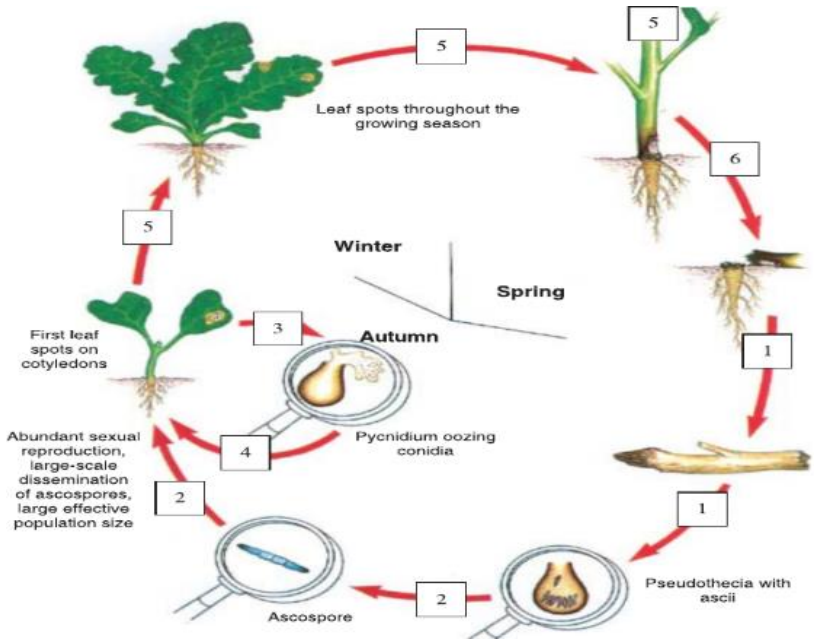
کمون ثانویه یکی از دلایل اصلی پایداری بانک بذر در خاک است. بذرهای کلزای موجود در بانک بذر خاک، پس از رفع کمون ثانویه جوانه زده و می‌توانند به پراکنش ناخواسته ژن‌های هدف به دیگر گیاهان منجر شوند. در یک بررسی، کمون ثانویه بذرهای کلزا با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ به مدت ۱۴ روز تحت شرایط آزمایشگاهی در ۴۱ لاین و پنج رقم کلزا مطالعه شد. تمام لاین‌ها و ارقام در شرایط مطلوب، از جوانه‌زنی بسیار بالایی (بیش از ۹۴ درصد)، برخوردار بودند و پس از القای کمون ثانویه در پنج گروه بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد دسته‌بندی شدند. ارقام RGS003، زرفام، هایولا ۴۰۱، هایولا ۳۰۸ و هایولا ۵۰، از کمون ثانویه متوسط (۴۰-۶۰ درصد) برخوردار بودند که بیانگر عدم توجه اصلاحگران به بحث مهم کمون ثانویه آن‌ها طی دوره اصلاح است. دسته‌بندی لاین‌ها بر اساس کمون ثانویه به تولیدکنندگان بذر کمک می‌کند تا لاین‌هایی را انتخاب کنند که علاوه بر عملکرد و دیگر ویژگی‌های مهم در امر تولید بذر، با دارا بودن کمون ثانویه پایین، مشکلات ناشی از آن را در محصول بعد به حداقل برساند (شایان‌فر و همکاران، ۱۳۹۶).

بررسی عملکرد ارقام پاییزه کلزا به تراکم‌های مختلف بوته در شرایط کاربرد سلنیوم

به منظور بررسی واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام کلزا در کشت زمستانه به تراکم‌های مختلف بوته در شرایط کاربرد سلنیوم، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی انجام شد. تراکم بوته در سه سطح (۴۰، ۶۰ و ۸۰ متر مربع) و سلنیوم در دو سطح شاهد عدم محلول پاشی و محلول پاشی به میزان ۳۰ گرم در لیتر سلنات سدیم، به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و پنج رقم کلزا (دلگان، جروم، جاکومو، هایولا ۴۰۱ و ساریگل)، در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که رقم دلگان در تراکم ۴۰ مترمربع، بالاترین میزان وزن هزار دانه و عملکرد دانه را نسبت به ارقام دیگر داشت. این رقم بالاترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۶۶۲۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار را در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نشان داد. همچنین با توجه به نتایج در هر دو سال اجرای آزمایش مشخص گردید که بالاترین میزان صفات مورد آزمایش در هنگام محلول پاشی سلنیوم به دست آمد (زمان فشمی و همکاران، ۱۳۹۸).

شناسایی پاتوتیپ‌های جدید بیماری‌زا *Leptosphaeria maculans* عامل شانکر ساقه کلزا در شمال ایران

بیماری ساق سیاه کلزا (*Leptosphaeria maculans*)، از بیماری‌های مهم اقتصادی در استان‌های شمال ایران می‌باشد. شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی۷۲ جدایه جمع‌آوری شده به منظور شناسایی عامل بیمارگر پرآزار *L. maculans* در شمال ایران تعیین شده است. جدایه‌ها از نظر تیپ بیماری‌زایی با استفاده از آغازگرهای اختصاصی تیپ، بررسی شده و گروه بیماری‌زایی جدایه‌های انتخابی با تلقیح آن‌ها بر روی سه رقم استاندارد، مورد بررسی قرار گرفت. چهار گروه بیماری‌زا PG1, PG2, PG3و PG4 در جدایه‌های مهاجم دیده شده است. بیشترین جدایه‌های مورد بررسی بر روی هر سه رقم افتراقی، بیماری‌زا بوده و در گروه PG4 قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که جدایه *L. maculans* (PG 4) به عنوان گروه پرآزار و با توجه به تغییر گروه بیماری‌زایی PG2 به PG3 و PG4 نسبت به سال‌های قبل تهدید مهمی برای صنعت کلزا در شمال ایران می‌باشد (وکیلی زارج و همکاران، ۱۳۹۶).



چرخه زندگی و بیماری‌زایی *L. maculans* روی کلزا

منابع:

۱- ربیعی، م. و رحیمی، م. ۱۳۹۳. انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب کلزا جهت کشت دوم در شالیزارهای گیلان. تولید گیاهان زراعی، جلد هفتم، شماره اول، بهار ۹۳، صفحات ۲۱۳-۲۰۱.

۲- زمان فشمی، م.، داداشی، م.، شیرانی راد، ا. و خورگامی، ع. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد ارقام پاییزه کلزا به تراکم‌های مختلف بوته در شرایط کاربرد سلنیوم. فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهارم، شماره ۵۳، صفحات ۱۰۳- ۹۰.

۳- شایان‌فر، ع.، قادری‌فر، ف.، بهمرام، ر.، سلطانی، ا. و صادقی‌پور، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی کمون ثانویه و رفتار جوانه زنی بذر لاین‌ها و ارقام کلزا. به‌زراعی کشاورزی، دوره ۱۹، شماره ۴، صفحات ۸۹۲-۸۸۱.

۴-وکیلی زارج، ز.، رهنما،ک.، نصراله نژاد، س. و یامچی، ا. ۱۳۹۶. شناسایی مولکولی و تعیین پاتوتیپ‌های مهاجم جدید بیماری‌زا *Leptosphaeria maculans* عامل شانکر ساقه کلزا در شمال ایران. حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۱، شماره ۲، ،صفحات ۲۹۶-۳۱۱.

ویروس موزائیک شلغم Turnip Mosaic Virus

شرح: گیاه آلوده به این ویروس، رشد کمی دارد و برگها به رنگ سبز- زرد هستند. بارزترین علائم این بیماری، حالت موزائیکی برگ است که اغلب، ابتدا بر روی برگ ها به صورت نقاط سبز تیره توسعه می یابند و سپس به صورت یک الگوی گرد بافت مرده، شکل می گیرند.

خسارت: بیماری توسعه گیاه، به ویژه توسعه برگ ها را محدود می کند.

عامل توسعه بیماری: ویروس عامل بیماری توسط شته ها منتقل می شود. شکل ۱: مرحله اولیه بیماری روی گیاهچه(کلم چینی)

گیاهان میزبان: کلزا، کلم، چغندر، اسفناج، توتون و ... .

شکل۲: مرحله آخربیماری روی گیاهچه(کلم چینی)

شکل ۱: مرحله اولیه بیماری روی گیاهچه(کلم چینی)

شکل ۳: مرحله شدید بیماری روی گیاهچه(کلم چینی)

پوسیدگی نرم باکتریایی Bacterial Soft Rot

علائم: در ابتدا یک زخم آبسوخته روی بافت های گیاهی آلوده ایجاد می شود که به سرعت قطر و عمق این زخم گسترش می یابد. ناحیه متاثر، نرم و لهیده شده و رنگ آن با گسترش بیماری تیره می گردد. علائم روی گل، برگ و یا تمام قسمت های گیاه دیده می شود. تلفات ناشی از بیماری پوسیدگی نرم ممکن است در مزرعه، هنگام حمل و یا ذخیره سازی ایجاد شود. باکتری *Pectobacterium carotovorum* عامل این بیماری است.

عوامل توسعه بیماری:

- بقایای گیاهی آلوده در حال فساد در مزرعه.
- زخم های ایجاد شده روی اندام های گیاهی.
- آب و هوای گرم و مرطوب و بارش زیاد.
- **گیاهان میزبان:** کلزا، کلم، کتان، ذرت، سیب زمینی، سیب زمینی شیرین، کاساوا، پیاز، هویج، گوجه فرنگی، لوبیا، قهوه، موز و ... .

شکل ۱: پوسیدگی نرم روی برگ کلم

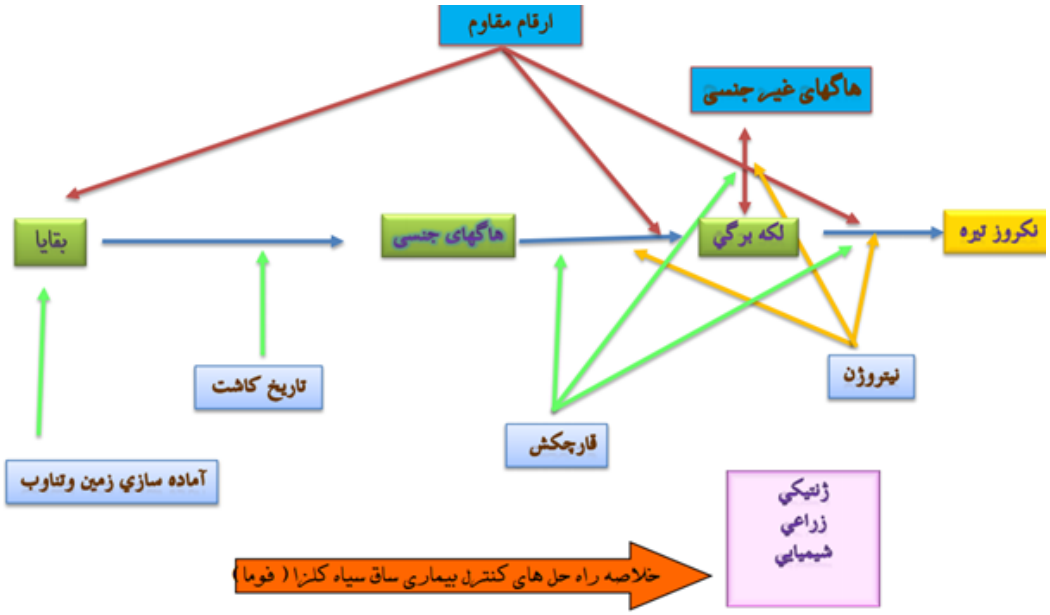
شکل ۲: پوسیدگی نرم روی گل کلم

شکل ۳: پوسیدگی نرم روی کلم بروکلی

شکل ۴: فاسد شدن کلم چینی

ارائه برنامه مدیریت بیماری فوما در مزارع کلزا

اصل اول در ارائه یک برنامه مدیریت جهت کنترل جمعیت آفات و بیماریها، شناخت مراحل زیستی و سپس بکارگیری ابزار و امکانات موجود حسب شرایط محیطی و منطقه می باشد. مسلما نباید انتظار داشت که بتوان در تمامی مناطق زیر کشت یک محصول حساس به یک آفت یا بیماری از تمامی روشهای کنترلی استفاده نمود. چه بسا در برخی مناطق می توان با ارائه راهکارهای ساده و کاربردی از روش (های) مناسبی جهت کنترل عامل خسارت زا استفاده نمود. لذا قدم اول جهت کنترل هر آفت یا بیماری بررسی دقیق مراحل زیستی آن در منطقه یا مناطق مختلف می باشد. در چهار و پنج سال اخیر مطالعاتی در زمینه بیماری فوما در کشور انجام شده، اگر چه برای شناخت بهتر این قارچ مطالعات تکمیلی بسیاری در خصوص جنبه های اپیدمیولوژی، اکوفیزیولوژی و ژنتیک جمعیت آن نیاز است. اما آن چیزی که مسلم است اینست که قارچ عامل این بیماری برای کلزا می تواند بسیار خطرناک باشد و قادر به تغییر جمعیت و ژنهای بیماری زای خود برای هر ۳ تا ٤ سال حسب شرایط محیطی می باشد و اینکه اشکال جنسی و غیر جنسی آن در مناطق شمالی و شکل غیر جنسی آن در سایر نقاط کشور وجود دارد. شکل ذیل نشان دهنده زمانهای مختلف اعمال مدیریت و ارائه راهکارهای کنترلی برای مبارزه با این قارچ می باشد.



لکه برگی آلترناریایی (*Alternaria* spp.)

علائم بیماری و خسارت: این بیماری در ابتدا به صورت لکه های کوچک سیاه یا قهوه ای تیره روی برگ ها ظاهر می شود. لکه ها در یک ناحیه مشخص و به صورت حلقه های متحد المرکز گسترش می یابند. اسپورها روی این حلقه ها تشکیل می شوند و در نتیجه لکه ها به ویژه در مرکز تیره تر از سایر نقاط خواهند شد. با توسعه بسیاری از لکه ها، برگ ها ممکن است زرد شوند و از بین بروند. لکه های روی ساقه ها و دمبرگ ها، باریک و کشیده بوده و به رنگ بنفش تا قهوه ای هستند.

عامل بیماری و عوامل توسعه آن: عامل این بیماری، *Alternaria* spp. می باشد که قارچی بذرزاد می باشد و بر روی بقایای گیاهان آلوده، مقدار زیادی هاگ تولید می نماید و روی علف های هرز حساس حاشیه مزارع بقا می یابد. اسپورهای این قارچ به آسانی توسط باد پراکنده می شوند. بیماری در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب و درجه حرارت بهینه بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد شدت می یابد.

گیاهان میزبان: کلزا، سویا، کلم، گل کلم، گوجه فرنگی، هندوانه، خیار، کرفس و ... .

پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه

پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه با عامل *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary، از بیماریهای مهم کلزا در جهان و ایران می باشد. عامل این بیماری قارچی از شاخه Ascomycota، رده Leotiomycetes، راسته Helotiales و خانواده Sclerotiniaceae می باشد. بیماری به اسامی مختلفی از جمله پوسیدگی اسکلروتینیایی، پوسیدگی سفید ساقه، کپک سفید، پوسیدگی طوقه، شانکر اسکلروتینیایی، پوسیدگی مرطوب و ... نام برده می شود. قارچ عامل بیماری پلی فاژ و دارای دامنه میزبانی وسیع می باشد. گیاهان مختلف زراعی، سبزی و صیفی، زینتی، علوفه ای، باغی، دارویی و تعداد زیادی علفهای هرز از خانواده های مختلف گیاهی را آلوده می کند. حداقل تعداد ٤٠٨ گونه گیاهی از ٢٧٨ جنس و ٧٥ خانواده به عنوان میزبان این قارچ می باشند که اغلب شامل گیاهان علفی از نهاندانگان دولپه ای می باشد و برخی از گیاهان تک لپه ای نیز میزبان قارچ می باشد. بیشترین میزبان های این بیمارگر در خانواده های Asteraceae (آفتابگردان، گلرنگ، کاهو، آهار، گل مینا و ژربرا)، Fabaceae (سویا، بادام زمینی، انواع لوبیا، باقلا، نخود، عدس و ماشک)، Brassicaceae (کلزا، شلغم، ترب، انواع کلم و خردل)، Solanaceae (گوجه فرنگی، بادمجان، سیب زمینی، توتون و فلفل) و Cucurbitaceae (خیار، کدو، خربزه و هندوانه) می باشد. در ایران روی محصولاتی از قبیل کلزا، آفتابگردان، تره، نخود، توت فرنگی، کاهو، خیار، گوجه فرنگی، بادمجان، شب بو، خیار درختی، توتون، کیوی، عدس، نخود ایرانی، گل اطلسی و درخت توت گزارش شده است. گل اطلسی و درخت توت گزارش شده است. پوسیدگی اسکلروتینیایی کلزا گسترش جهانی داشته و از کشورهای مختلف دنیا از جمله چین، کانادا، هند، فرانسه، آلمان، انگلستان، ایالات متحده آمریکا، برزیل، سوئد، دانمارک، فنلاند، استرالیا، ایتالیا و ... گزارش شده است. در ایران این بیماری از اوایل توسعه کشت کلزا در کشور روی آن بروز نموده و ابتدا در سال ١٣٧٨ از استان مازندران گزارش شده است. در حال حاضر این بیماری در خیلی از مناطق کشور از جمله استانهای مازندران، گلستان، گیلان، اردبیل، زنجان، خوزستان، آذربایجان غربی، قزوین و ... روی کلزا مشاهده شده است که میزان شیوع و اهمیت آن در مناطق مرطوب شمالی بیشتر می باشد. میزان آلودگی به این بیماری و خسارت آن بسته به منطقه جغرافیایی، شرایط محیطی و وضعیت مزرعه متفاوت می باشد. قارچ تولید اندامهای استراحتی به نام سختینه (اسکلروت) می کند که سبب پایداری طولانی مدت آن می گردد. این قارچ از طریق دو مکانیسم مشخص می تواند در میزبانهای مختلف ایجاد بیماری نماید. یکی از طریق جوانه زدن میسلیومی (میسلیوژنیک) اسکلروتها در خاک و تولید ریسه می باشد که با حمله به ریشه برخی میزبانها مانند آفتابگردان و هویج ایجاد پوسیدگی ریشه و طوقه و در نهایت پژمردگی می کند و در حالت دوم

اسکلروتهای آن در خاک از طریق زایشی (کاریوژنیک) جوانه زده و تولید آسکوکارپ بشقابی شکل (آپوتسیوم) می کنند و آسکوسپورهای حاصله سبب ایجاد آلودگی روی اندام های هوایی میزبان های مختلف از جمله کلزا می شود، بنابراین در کلزا آلودگی به بیماری معمولا از جمله کلزا می شود، بنابراین در کلزا آلودگی به بیماری معمولا در مرحله گلدهی و توسط آسکوسپورها صورت می گیرد. زمان شروع تشکیل آپوتسیومها و آزادسازی آسکوسپورهای قارچ در استان مازندران معمولا از آذر تا بهمن ماه می باشد ولی دوره اوج ظهور آپوتسیومها در سطح خاک در اغلب سالها در اسفند ماه تا اوایل فروردین می باشد. آسکوسپورها جهت جوانه زدن و آلوده نمودن بافتهای زنده نیاز به منبع تغذیه ای دارند که گلهای ریزش نموده این نقش را ایفا می کنند. بعد از آلوده شدن برگها، قارچ از طریق رویشی و تولید میسلیوم در اندامهای مختلف گیاه توسعه پیدا کرده و در نهایت از تجمع ریسه ها اندامهای مقاوم قارچ (اسکلروتها) در بافتهای گیاه تشکیل شده و سبب پایداری قارچ می گردد. اولین علایم بیماری مدتی بعد از شروع گلدهی ابتدا به صورت لکه های کوچک خاکستری رنگ و آبسوخته روی برگها تشکیل می شود که به تدریج لکه ها توسعه یافته و در شرایط مرطوب ریسه های سفید و پنبه ای قارچ نیز روی لکه ها تشکیل می شود. علایم از طریق دمبرگها به شاخه ها و ساقه نفوذ نموده و لکه های سفید خاکستری رنگ در آنها ایجاد می شود که در شرایط مساعد توسعه یافته و ممکن است ریسه های سفید و پنبه ای و نیز اسکلروتهای قارچ در روی آنها تشکیل شود. علائم روی اندامهای دیگر از جمله غلافها نیز ممکن است به صورت پوسیدگی سفید و تولید اسکلروت قارچ روی آنها دیده شود. بوته های آلوده در مزرعه معمولا حالت زودرسی به خود گرفته و زودتر از بوته های سالم خشک و از دور در مزرعه نمایان است. تماس اندامهای آلوده و بیمار با بخشهای سالم گیاه در طول دوره آلودگی ممکن است سبب ایجاد آلودگی ثانوی در مزرعه و توسعه علایم بیماری گردد. در انتهای فصل اسکلروتهای قارچ داخل ساقه و طوقه کلزا تشکیل شده و در زمان برداشت داخل خاک ریخته و سبب پایداری طولانی مدت قارچ عامل بیماری می گردد. با توجه به وسعت دامنه میزبانی، قدرت بقاء زیاد اسکلروتهای قارچ در خاک، انتقال اسپورهای هوازاد قارچ به فواصل دورتر از طریق باد و عدم وجود رقمهای مقاوم به بیماری، جهت کنترل آن باید تلفیقی از روشهای مختلف زراعی، شیمیایی و بیولوژیکی به کار گرفته شود که رعایت مواردی از جمله تناوب طولانی مدت با گیاهان غیر میزبان، استفاده از بذور گواهی شده و عاری از اسکلروت قارچ، حذف بقایای گیاهی و مدفون نمودن آنها، غرقاب کردن خاک به مدت حدود یک ماه (تناوب با برنج)، کنترل علفهای هرز، مصرف متعادل کودهای شیمیایی و عدم کاربرد زیاد کودهای ازته، تراکم کشت مناسب، تاریخ کاشت مناسب و کاشت ارقام متحمل توصیه می شود. مبارزه شیمیایی با بیماری معمولا در مرحله ۳۰-۲۰ درصد گلدهی و قبل از ریزش گلبرگها صورت می گیرد که تعیین زمان دقیق سمپاشی باید بر اساس پیش آگاهی و در نظر گرفتن شرایط محیطی باشد. قارچکش های مختلفی جهت کنترل بیماری پوسیدگی اسکلروتینیایی در دنیا ثبت و استفاده شده که از جمله آنها می توان بنومیل، کاربندازیم، ایپرودیون، تیوفانات متیل، پروسیمیدون، تبوکونازول و وینکلوزولین را نام برد، در ایران بیشتر از سموم تبوکونازول (فولیکور) یک لیتر در هکتار و کاربندازیم یک کیلوگرم در هکتار استفاده می شود. بیش از ۳۰ عامل کنترل بیولوژیک نیز روی این قارچ بیمارگر گزارش شده که در حال حاضر از ماده تجاری قارچ *Coniothyrium minitans* در برخی کشورها برای کنترل اسکلروتینیا استفاده می شود.

سفیدک پودری کلزا

سفیدک پودری از بیماریهای نسبتا کم اهمیت کلزا می باشد که از کشورهای مختلف دنیا از جمله فرانسه ،آلمان، هند، پاکستان، ژاپن، سوئد، ترکیه، انگلستان و آمریکا گزارش شده و در برخی مناطق کلزا کاری ایران نیز مشاهده شده است. عامل بیماری قارچ *Erysiphe cruciferarum* از آسکومیست ها می باشد. پایداری قارچ به صورت آسکوکارپ بسته (کلیستوتسیوم) روی بقایای کلزا و یا میسلیوم در سایر میزبانها است. در شرایطی که در فصل بهار پراکنش بارندگی ها کمتر باشد احتمال توسعه آن بیشتر است. علائم بیماری روی قسمتهای مختلف گیاه تشکیل می شود. در مناطق شمالی معمولا در پاییز و زمستان علائم بیماری را روی کلزا نداریم و اولین علائم آلودگی از اواخر زمستان تا اوایل بهار ابتدا به صورت نقاط سفید پودری روی برگ تشکیل گردیده و سپس این پوشش پودری در دو سطح برگ، ساقه، شاخه ها و غلاف ها توسعه می یابد. در مراحل بعد لکه های قهوه ای رنگ در زیر کلونی قارچ در محل آلودگی ایجاد می شود. در شرایط مساعد قارچ سطح تمام اندام های هوایی گیاه را می پوشاند. دمای حدود ۲۵- ۲۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۵-۵۰ درصد برای توسعه بیماری مناسب است. بارندگی های متوالی، از افزایش آن جلوگیری می کند. خسارت بیماری در اثر کاهش فتوسنتز و ساخت مواد غذایی و در نهایت کاهش محصول می باشد. اندام های جنسی (کلیستوتسیومها) قارچ در انتهای فصل در محل آلودگی تشکیل می شود که عامل بقای قارچ می باشد.

جهت مدیریت و جلوگیری از شیوع و خسارت بیماری سفیدک پودری کلزا، موارد زیر توصیه می شود:

- حذف و مدفون کردن بقایای آلوده گیاهی جهت جلوگیری از بقا قارچ نقش دارد.

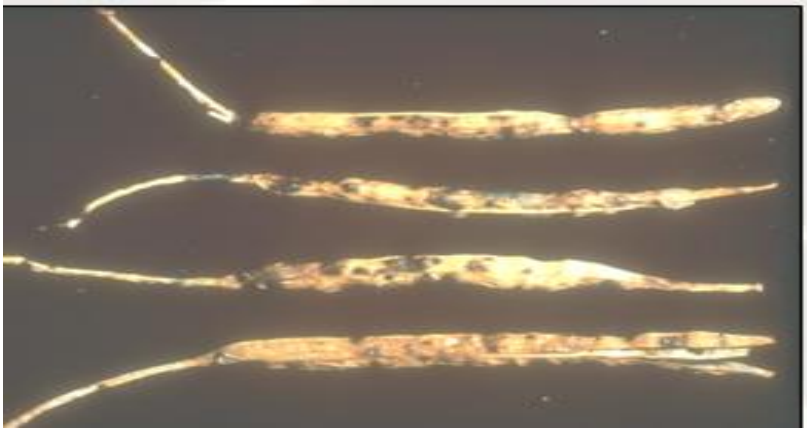
- با توجه به اینکه توسعه بیماری اغلب در بهار صورت می گیرد، کشت به موقع و استفاده از ارقام زودرس تر در کاهش آلودگی به بیماری نقش دارد.

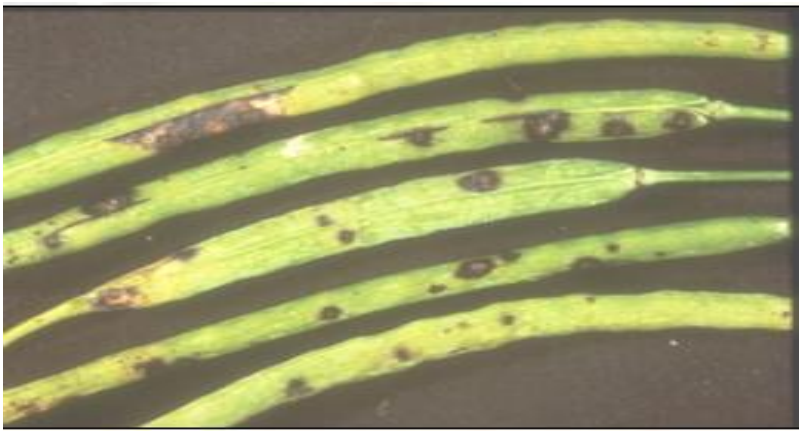
- تناوب زراعی با گیاهان غیر میزبان و کنترل علفهای هرز در کاهش بقای قارچ و کاهش بیماری نقش دارد.

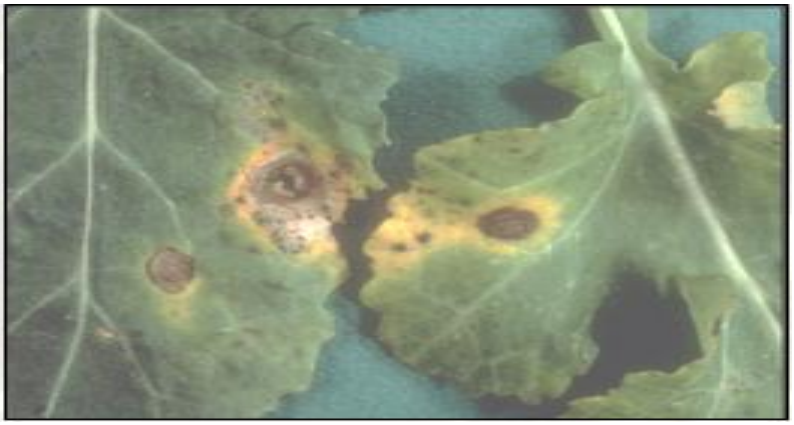
- در صورت نیاز به مبارزه شیمیایی، استفاده از قارچکش هایی مانند سموم گوگردی (سولفور WP) به نسبت ۳- ۲ در هزار و دینوکاپ (کاراتان WP) به میزان یک در هزار امکان پذیر است که با مشاهده اولین علائم بیماری، سمپاشی شروع شده و در صورت مساعد بودن شرایط، جهت توسعه بیماری، سمپاشی حدود ۱۰ روز بعد تکرار می شود. البته قارچ کش های دیگری نظیر نواریمول (تریمیدال)، کرزوکسیم متیل (استروبی)، پنکونازول (توپاس)، تبوکونازول (فولیکور) و ... نیز برای کنترل سفیدک های سطحی معرفی شده اند که طبق دستورالعمل می توان از آنها نیز استفاده نمود.

سوختگی آلترناریایی کلزا (***Alternaria* blight)**

لکه سیاه یا سوختگی آلترناریایی از بیماری های شایع کلزا در شرایط مرطوب و نسبتا گرم است. این بیماری از کشورهای مختلف مانند هند، کانادا، انگلستان، فرانسه، آلمان، هلند، لهستان، اسپانیا، سوئد، مصر و پاکستان گزارش شده است. قارچ *Alternari brassicae* (Berk) Sacc. و گونه های دیگری از این جنس عامل این بیماری هستند. اسپورهای قارچ به صورت هوازاد باعث ایجاد آلودگی و تولید علائم در قسمت های مختلف گیاه می شوند. اولین علائم بیماری ممکن است بعد از کاشت کلزا و در مرحله رزت در ماه های آبان و آذر به صورت لکه‌های سیاه روی برگهای اولیه و پایینی کلزا تشکیل شود. در طول زمستان معمولا شرایط برای توسعه بیماری مساعد نبوده و علائم آن گسترش نمی‌یابد. در سالهایی که در بهار هوا ملایم و مرطوب باشد از زمان گلدهی کلزا به تدریج آلودگی روی اندامهای مختلف گیاه از جمله برگها، ساقه ها، شاخه ها و غلافها توسط اسپورهای قارچ صورت گرفته و علائم به صورت لکه های سیاه گرد تا کشیده ظاهر می‌شود. رطوبت و دماي بالاي هوا يا دوره هاي بارندگي متناوب، توسعه بيماري را تقويت مي كند. ميزان آلودگي غلافها با مقدار بارندگي طي گلدهي رابطه‌ي مستقيم دارد. در ارقام دیررس و مزارع دیرکاشت آلودگی توسعه بیشتری دارد. آلودگی شدید غلافها ممکن است منجر به باز شدن غلافها ، ریزش دانه ها و ن نفوذ قارچ به بذر و آلودگی سطحی آن شود.







جهت کنترل بیماری اقدامات زیر توصیه می شود:

- با توجه به اینکه قارچ می تواند روی بذر نیز مستقر شود، باید از بذور سالم و گواهی شده استفاده شود و نیز ضدعفونی بذور با قارچکش می تواند از آلودگی‌های اولیه بکاهد.

- با توجه به اینکه اسپورهای قارچ روی بقایای آلوده می ماند، حذف بقایای آلوده و مدفون کردن آنها زیر خاک در کاهش بیماری موثر است.

- کشت به موقع و استفاده از ارقام زودرس می تواند توسعه علائم بیماری خصوصا در انتهای فصل را کاهش دهد.

- تناوب زراعی با گیاهان غیر میزبان و کنترل علفهای هرز نیز در کاهش بیماری نقش دارد.

- در صورت نیاز به کنترل شیمیایی می توان با شروع اولین علائم بیماری با استفاده از قارچکش هایی مانند کاپتان، ۲/۵ کیلوگرم در هکتار - تبوکونازول (فولیکور)، یک لیتر در هکتار – کلرتالونیل (داکونیل)، ۲-۱/۵ کیلوگرم درهکتار – ایپرودیون+کاربندازیم (رورال تی اس) یک کیلوگرم در هکتار و ... نسبت به مبارزه اقدام نمود. در صورتی که در بهار شرایط برای توسعه بیماری مساعد باشد، نیاز است که سمپاشی تکرار شود.

منابع:

۱- افشاري آزاد، ه. ۱۳۸۰. بيماري هاي مهم کلزا. نشر آموزش کشاورزي. ۹۹ص.

۲- عزیزی، م.، سلطانی، ا.، و خاوری خراسانی، س. ۱۳۷۸. کلزا: فیزیولوژی، زراعت، به نژادی، تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ص.

4- Roger Rimmer, S., Shattuck, V. I., and Buchwaldt, L.2007. Compendium of *Brassica* Diseases. APS press. 117p.

پوسیدگی سیاه چلیپائیان

پوسیدگی سیاه از بیماری های مهم گیاهان خانواده کروسیفر از جمله کلزا، انواع کلم، خردل، تربچه، شلغم و ... در نقاط مختلف دنیا است که در شرایط محیطی مناسب از جمله رطوبت نسبی و دمای بالا باعث بیماری می شود. برخی علفهای هرز این خانواده مانند خردل وحشی و کیسه کشیش نیز میزبان بیماری هستند. این بیماری اندام های هوایی گیاه را در مراحل مختلف رشد تحت تاثیر قرار داده و سبب کاهش کمی و کیفی محصول خصوصا در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری و در طی فصول بارانی می شود. علائم بیماری اغلب به شکل ظهور لکه های زرد و V شکل در حاشیه برگ ها می باشد که توسط رگبرگ ها احاطه شده است. با بزرگ شدن لکه ها پژمردگی بافت ها به سمت قاعده برگ توسعه یافته و لکه ها به صورت نکروز درآمده و رگبرگها نیز قهو ای تا سیاه رنگ می شود. آلودگی از طریق آوند ها به دمبرگ ها و سپس ساقه ها گسترش می یابد. اگر از دمبرگ یا ساقه آلوده مقطع طولی یا عرضی تهیه شود، بافتهای آوندی به رنگ سیاه تا قهوه ای درآمده و توده باکتریایی زرد رنگ مشاهده می شود.

عامل بیماری پوسیدگی سیاه، باکتری *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc) می باشد که زمستانگذرانی آن روی بقایای گیاهی، علف های هرز و نیز در داخل یا روی بذر آلوده می باشد. بیمارگر ممکن است تا دو سال در بقایای گیاهی موجود در خاک زنده بماند ولی به صورت آزاد بیشتر از ٦٠ روز در خاک زنده نمی ماند. یکی از منابع اصلی آلودگی به این باکتری بذرهای آلوده است که می تواند بیماری را به نقاط دوردست نیز منتقل نماید. این بیمارگر به کمک آب، باد، حشرات و ماشین آلات در داخل مزرعه یا بین مزارع پراکنده می شود. این باکتری کوتیلدون ها و برگ های جوان را از طریق منافذ طبیعی (روزنه ها) یا زخم ها، آلوده نموده و سپس بین سلول ها حرکت نموده تا به آوندهای چوبی می رسد و از طریق آنها در اندام های گیاه توسعه می یابد. وجود آب آزاد برای ایجاد آلودگی ضروری بوده و در شرایط محیطی مناسب (دمای ٢٥ تا ٣٠ درجه سانتی گراد) حدود ٧ تا ١٤ روز بعد از آلودگی علایم بیماری روی گیاه مشاهده می شود.

جهت مدیریت مطلوب این بیماری ترکیبی از اعمال زیر را می توان به کار گرفت:

۱. بذور عاری از بیماری که نسبت به این بیماری تست شده و در مناطق خشک تولید شده را استفاده کنید. اگر بذور مشکوک در اختیار دارید، جهت حذف باکتری عامل بیماری می توانید آن را با آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد و به مدت حدود ۱۵ دقیقه تیمار کنید. البته استفاده از آب گرم ممکن است مقداری روی قوه نامیه بذر ها اثر منفی داشته باشد و بنابراین می توان از برخی مواد شیمیایی مانند هیپوکلریت سدیم، پراکسید هیدروژن و استات مس یا سولفات روی اسیدی شده جهت تیمار بذر استفاده نمود.

۲. از نشاهای گواهی شده و عاری از بیماری استفاده کنید.

۳. تناوب زراعی را رعایت نمایید و جهت حذف منبع اینوکولوم بیماری روی بقایای گیاهی آلوده موجود در خاک هر ۳ تا ٤ سال یک بار اقدام به کشت گیاهان کروسیفر نمایید.

٤. جهت جلوگیری از گسترش بیماری اقدامات بهداشتی را رعایت نمایید. گیاهان کروسیفر خودرو و باقیمانده از سال قبل و نیز میزبانهای وحشی را از داخل و اطراف مزرعه حذف کنید. از کاربرد کودهای سبز حاوی بقایای گیاهان کروسیفر خودداری کنید. آبیاری بارانی نکنید. از کار کردن در مزرعه هنگام خیس بودن گیاهان خودداری کنید. از جابجایی ماشین آلات و تجهیزات از مزارع آلوده به مزارع غیر آلوده خودداری کنید. بعد از برداشت با شخم عمیق بقایای گیاهی را دفن نمایید.

۵. با کاربرد ترکیبات مسی در مزرعه می توانید مانع از توسعه بیماری شوید.

٦. در مناطق آلوده به بیماری تا حد امکان از ارقام مقاوم استفاده نمایید.

منبع:

Miller, S. A., Sahin, F. and Rowe, R. C. 2009. Black rot of crucifers. Factsheet of the Ohio State University extention.

بیماری‌های کلزا

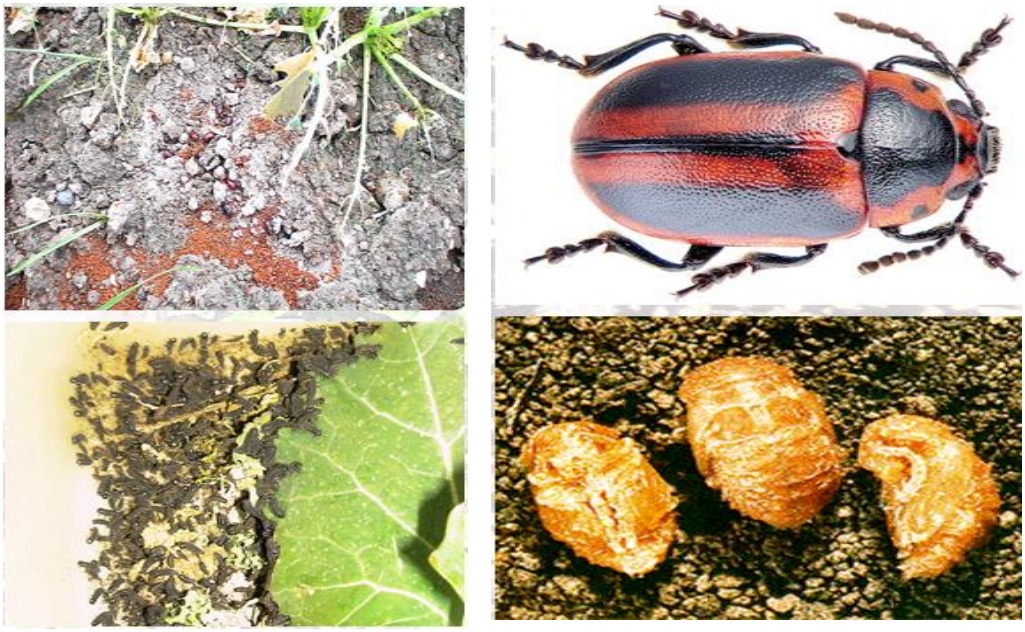
مرحله رشدی کلزا / بیماری	کوتیلدونی (A)	یک برگی (B1)	سه برگی (B3)	شش برگی (B6)	روزت (Rosette)	رشد رویشی (C1-C2)	شروع تشکیل غنچه (D1)	غنچه دهی (D2)	باز شدن غنچه‌ها (E)	شروع گلدهی (F1)	شروع غلافبندی (G1)	پایان غلافبندی (G4)	نحوه مدیریت بیماری
مرگ گیاهچه				*Rhizoctonia sp., Fusarium spp, Pythium spp*									کشت به موقع، بذر سالم، زهکش مناسب، تیمار بذر با قارچکش مناسب مانند کاربوکسین-تیرام
سفیدک داخلی			*Peronospora parasitica*										تناوب ، کشت به موقع، تیمار بذر با قارچکش مناسب مانند متالاکسیل-مانکوزب
ریشه گرزی					*Plasmodiophora brassicae*								ارقام مقاوم، تناوب، زهکش مناسب، افزودن آهک به خاک جهت بالابردن اسیدیته
ساق سیاه				*Leptosphaeria maculans*									کشت ارقام مقاوم، تناوب کشت و مدیریت بقایا، قارچکش مناسب (فلوتریافول و تیوکوتازول)
پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه									*Sclerotinia sclerotiorum*				کاشت بذر عاری از اسکلروت، تناوب، کاربرد قارچکش (تیوکوتازول و ایپرودیون-کاربندازیم)
سوختگی آلترناریایی				*Alternaria spp*									کاشت بذر سالم، تناوب کشت و مدیریت بقایا، قارچکش‌های مناسب مانند تیوکوتازول
لکه برگی سفید					*Mycosphaerella capsellae*								تناوب کشت و مدیریت بقایا، کنترل علفهای هرز میزبان
لکه برگی روشن					*Pyrenopeziza brassica*								ارقام مقاوم، تناوب کشت و مدیریت بقایا، کاربرد قارچ‌کش مناسب مانند کاربندازیم
سفیدک سطحی										*Erysiphe cruciferarum*			کشت به موقع، سمپاشی با قارچکش های گوگردی و یا کاراتان
بیماریهای ویروسی						*Beet western yellows virus, Cauliflower mosaic virus, Turnip mosaic virus*							کشت به موقع، کنترل علف‌های هرز، کنترل حشرات ناقل مثل شته‌ها
پژمردگی ورتیسیلیومی					*Verticillium dahlia*								تناوب کشت و کنترل علف های هرز میزبان

کنترل آفات و بیماری های کلزا

در شرایط حاضر در بیشتر مناطق کشور مزارع کلزا از فاز رویشی وارد فاز زایشی شده و یا بعد از مدتی دیگر به مرحله زایشی خواهد رسید و از این جهت ممکن است مورد خسارت برخی آفات و بیماری های خاص قرار گیرد که به روشهای مبارزه با تعدادی از آفات و بیماری های مهم در این مرحله اشاره می گردد: ۱-شته ها: از جمله آفاتی هستند که خسارت آنها خصوصا در مرحله غنچه دهی و گلدهی در مزارع کلزا اهمیت دارد. . این آفات با تغذیه از شیره گیاهی سبب ضعف عمومی، تغییر شکل اندام‌های مختلف، عدم تلقیح گلها، دیرسی و کاهش. محصول می‌شوند. با توجه به اینکه حمله شته‌ها به مزرعه اغلب از حاشیه و به صورت لکه‌ای می‌باشد، بهتر است جهت جلوگیری از افزایش سریع جمعیت آنها، ، مبارزه به صورت لکه‌ای و در فرصت فرصت مناسب صورت گیرد. جهت مبارزه با آفت می توان از سموم پریمیکارپ (پریمور) که شته کش اختصاصی بوده و روی دشمنان طبیعی و زنبور عسل کم خطر می باشد، به میزان ۰/۵ تا ۱ کیلوگرم در هکتار، ایمیداکلوپراید (کنفیدور) ۱-۰/۵ لیتر در هکتار، تیومتون (اکاتین) ۱/۵ لیتر در هکتار و دیازینون ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده نمود. جهت جلوگیری از ایجاد مقاومت به سموم بهتر است در نوبت های مختلف سمپاشی از سموم متفاوت استفاده شود.

۲-سوسک های گرده و گلخوار: این آفات خصوصا در مناطق کوهپایه و حاشیه جنگل از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و با تغذیه از غنچه ها و گلها باعث عدم تشکیل غلاف وکاهش محصول می شوند. جهت جلوگیری از خسارت آنها باید از کاشت مزارع پراکنده کلزا در مناطق کوهپایه ای خودداری نمود. برای مبارزه با این آفات می توان از سموم حشره کش فوزالون (زولن) ۲/۵ لیتر در هکتار، ایمیداکلوپراید (کنفیدور) ۱-۰/۵ لیتر درهکتار و دیازینون ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده نمود. **۳-پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه:** از بیماریهای مهم کلزا خصوصا در مناطق معتدل و مرطوب از جمله استان های مازندران و گلستان می باشد. در کلزا آلودگی به بیماری معمولا در مرحله گلدهی و توسط اسپورهای قارچ عامل بیماری صورت می گیرد که با ریزش گلبرگها ابتدا بیماری روی برگ بروز نموده و سپس به ساقه ها گسترش می یابد و با قطع آوندها سبب جلوگیری از انتقال آب و مواد غذایی شده و سبب خشکیدگی زودهنگام و کاهش محصول می شود. کنترل بیماری معمولا در مرحله ۳۰-۲۰ درصد گلدهی (باز شدن ۲۰-۱٤گل روی شاخه اصلی بوته ها) و در واقع هنگام شروع ریزش گلبرگها صورت می گیرد که تعیین زمان دقیق سمپاشی باید بر اساس پیش آگاهی و در نظر گرفتن شرایط محیطی باشد و بهتر است با کارشناسان منطقه ای جهت تعیین زمان سمپاشی مشورت صورت گیرد. معمولا از سموم قارچکش تبوکونازول (فولیکور) یک لیتر در هکتار و یا کاربندازیم یک کیلو در هکتار جهت مبارزه با بیماری استفاده می شود. در مزارع تنک و با رشد رویشی ضعیف نیز اغلب نیازی به سمپاشی نیست.

سوسک منداب (***Entomoscelis adonidis***)



سوسک منداب از حشرات راسته Coleoptera و خانواده Chrysomelidae می باشد که به کفشدوزک صیفی نیز معروف است. یکی از آفات گیاهان خانواده چلیپائیان (Brassicaceae) مانند کلزا، منداب، کلم، شلغم، تربچه و خردل می باشد. به چغندر قند و خشخاش نیز خسارت می زند، برخی از علف های هرز مثل ترب کوهی، کیسه کشیش و آدونیس را نیز مورد حمله قرار می دهد. حشره بالغ آن سوسکی به طول ۱۰- ۸ میلی متر، بدن به رنگ قرمز و سطح زیرین آن تیره، پشت سینه دارای یك نوار عرضی تیره و روی بالپوشها نیز دارای سه نوار طولی تیره می باشد که یکی از نوارها در حدفاصل دو بالپوش و دو نوار دیگر جانبی می باشد. شاخك ها تسبیحی و دارای ۱۱ مفصل و اندازه آن نصف طول بدن حشره است. تخمها بیضی شکل به رنگ زرد تیره تا قهوهای و اندازه آن ۱/۶×۰/۷ میلیمتر می باشد. لارو آفت بعد از رشد کامل به طول ۱۳-۱۱ میلیمتر، به رنگ خاکستری تا تیره و در سطح پشتی آن برجستگی هایی زگیل مانند دیده می شود. شفیره ها نیز به رنگ زرد کهربایی و به طول ۱۰- ۸ میلیمتر می باشد.

زمستانگذرانی آفت به صورت تخم در خاك می باشد. این حشره معمولا دارای یك نسل در سال است. حشرات بالغ تخمها را معمولا در پاییز و به صورت دسته ای روی سطح خاک تا عمق ۲-۱ سانتیمتری آن قرار می دهند. میانگین تعداد تخم هر حشره در طول دوره تخمگذاری ۸۹۵ عدد می باشد. لاروها پس از تفریخ تخم از پارانشیم برگ میزبان تغذیه عدد می باشد. لاروها پس از تفریخ تخم از پارانشیم برگ میزبان تغذیه کرده و تنها رگبرگها را باقی می گذارند. دوره لاروی آفت نسبتا طولانی و بسته به شرایط محیط ۲۴ الی ۵۴ روز می باشد. لاروهای سن آخر بعد از تغذیه و رشد کامل به داخل خاک رفته و لانه ای ایجاد می کنند و بعد از مدتی به شفیره تبدیل می شوند. دوره شفیرگی نیز حدود ۱۵ روز بوده و بعد از آن حشرات کامل خارج شده و با تغذیه از برگهای میزبان می توانند ایجاد خسارت نمایند. حشره بالغ در گرمای تابستان به حالت دیاپوز در داخل خاک به سر می برد. در مناطق شمالی کشور این آفت معمولا در طول پاییز و زمستان روی کلزا و بیشتر در مناطق کوهپایه و جنگلی دیده می شود که از اواسط پاییز ابتدا حشرات بالغ در مرحله رزت به صورت لکه ای در مزرعه مستقر شده و ضمن تغذیه اولیه شروع به تخمگذاری می کنند، پس از مدتی لاروها به تدریج از تخم خارج شده و از برگهای کلزا تغذیه می کنند. دوره تخمگذاری و خروج لاروها تدریجی بوده و معمولا تا اواخر زمستان لاروهای آفت در مزرعه مشاهده می شود. حشرات بالغ نسل جدید اغلب در اوایل بهار سال بعد ظاهر شده و روی برگها و غنچه های کلزا تغذیه می کنند. خسارت آفت روی کلزا در پاییز و در مرحله رزت کلزا بیشتر می باشد و معمولا آفت به صورت لکه ای در قسمتهای مختلف مزرعه تغذیه نموده و پیشروی می کند.

جهت **کنترل** آفت اقداماتی از جمله رعایت تناوب زراعی مناسب با گیاهان غیر میزبان، کنترل علفهای هرز، شخم پاییزه و یخ آب زمستانه در کاهش جمعیت آفت موثر است. برای مبارزه شیمیایی می توان از سموم فوزالن 35% EC (زولون) ۳-۲ لیتر، دیازینون 60% EC ۲- ۱/۵ لیتر، کلرپیریفوس 40.8% EC (دورسبان) ۲/۵-۲ لیتر و تیودیکارب 80% DF (لاروین) یک کیلو گرم در هکتار استفاده نمود. با توجه به اینکه این آفت اغلب به صورت لکه ای به مزرعه حمله می کند، بهتر است با مشاهده آلودگی در مزرعه نسبت به سمپاشی لکه ای آن اقدام نمود.

منابع:

۱. بهداد، ا. ۱۳۸۱. آفات مهم گیاهی ایران. نشر یادبود اصفهان.

۲. خانجانی، م. ۱۳۸۳. آفات گیاهان زراعی ایران. دانشگاه بوعلی سینا همدان.

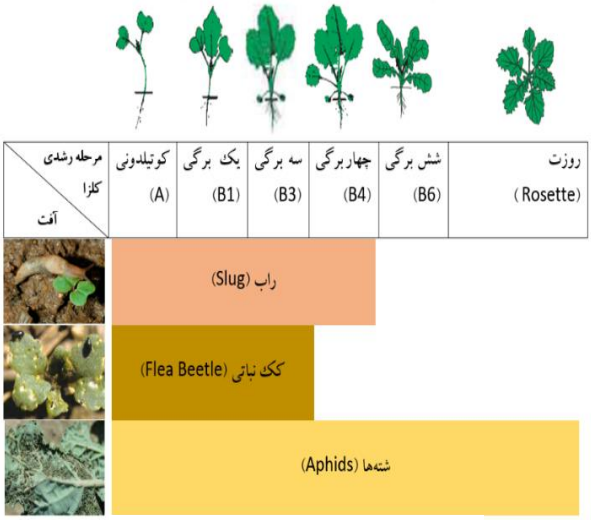
3. http://www.canolacouncil.org

4. http://www3.telus.net/conrad/insects/trnpbetl.html

مدیریت تلفیقی برخی آفات کلزا

در زراعت کلزا مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی نقش زیادی در دستیابی به عملکرد مناسب دارد. با توجه به اینکه کلزا در بیشتر مناطق کشور کشت می‌شود، مطالبی در زمینه مدیریت آفات و بیماری‌های مهم این زراعت در مراحل مختلف رشد ارائه می‌گردد. اولین نکته در ارتباط با مدیریت تلفیقی، رعایت توصیه‌های زراعی و اقدامات بهداشتی می‌باشد. اقداماتی از قبیل رعایت تناوب زراعی، انتخاب تاریخ کشت مناسب، آماده‌سازی مطلوب بستر کاشت، تهیه بذر سالم و گواهی‌شده، انتخاب رقم مناسب و سازگار با منطقه، مدیریت بقایای گیاهی، ایجاد زه‌کش، آبیاری به‌موقع و کافی نقش زیادی در کنترل اغلب آفات و بیماری گیاهی و کاهش خسارت آن‌ها دارد. آفات و بیماری‌های مختلفی در مراحل مختلف رشد کلزا به آن حمله نموده و سبب ایجاد خسارت می‌گردد که در شکل ۱ آفات مهمی که از مرحله گیاهچه تا رزت به کلزا صدمه می‌رساند درج‌شده و نحوه مبارزه با آنها نیز ذکر شده است.

راب (لیسک) از آفات مهم مراحل اولیه رشد کلزا در مناطق مرطوب می‌باشد که در صورت عدم مبارزه می‌تواند خسارت شدیدی به دنبال داشته و نیاز به واکاری مزرعه باشد. کنترل علف‌های هرز و پاکسازی اطراف مزرعه در کاهش جمعیت آن مؤثر است. بهترین شیوه مبارزه شیمیایی با این آفت استفاده از طعمه مسموم می‌باشد. طعمه‌های متالدهید شش درصد (متالان‌جی)، متیوکارب چهار درصد (مزورول) و فسفات آهن یک درصد (فریکول) به میزان ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم در هکتار برای کنترل این آفت استفاده می‌شود. اگر فقط حاشیه مزرعه آلوده به آفت باشد، می‌توان به‌صورت لکه‌ای اقدام به طعمه پاشی نمود.



شکل ۱: مراحل خسارت آفات کلزا

کک نباتی از آفاتی است که تا مرحله سه برگی کلزا خطر خسارت آن بالاست. در مناطق کوهپایه و جنگلی جمعیت آن بیشتر بوده و در کشت‌های تأخیری امکان خسارت بیشتر است. در صورتی که صدمه آفت به سبزینه گیاه از ۲۵ درصد بیشتر شود، نیاز به مبارزه شیمیایی می‌باشد. از سموم ایمیداکلوپراید ۳۵ درصد (کنفیدور) با دز ۰/۵ در هزار و دیازینون ۶۰ درصد (بازودین) با دز ۱/۵ در هزار می‌توان برای مبارزه استفاده نمود.شته‌ها در تمام مراحل رشد کلزا می‌تواند عامل خسارت در مزرعه باشد. این آفت در مراحل اولیه رشد کلزا بیشتر در پشت برگ‌ها مستقر بوده و سبب بدشکلی آنها می‌شود.

با مشاهده یک تا دو توده آفت در هر مترمربع مزرعه باید به مبارزه شیمیایی اقدام نمود. از سمومی مانند پریمیکارپ ۵۰ درصد (پریمور)، ایمیداکلوپراید ۳۵ درصد (کنفیدور) و پی متروزین ۵۰ درصد (چس) هر کدام با دز ۰/۵ در هزار می‌توان جهت مبارزه استفاده نمود.

گل جالیز در کلزا

اهمیت و دامنه میزبانی

وجود گل جالیز (*Orobanche* Sp.) در بیش از ۸۰ کشور جهان و ۱۶ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دنیا به اثبات رسیده است و ۳۶ نوع گونه از گل جالیز در ایران وجود دارد که از مهم‌ترین گونه‌های این گیاه می‌توان به *O.aegypyiaca* و *O.cernua*، *O.nana* اشاره کرد. میزان زیاد آلودگی بعضی مزارع در ایران، کشاورزان را مجبور به رهاسازی زمین مورد کشت خود می‌کند. گل جالیز، گیاهی عالی گلدار است که انگل مطلق (Haploparasite) ریشه گیاهان محسوب می‌شود. دامنه میزبانی آن در بین گیاهان دولپه‌ای گسترده است و از میزبان‌های مهم این علف هرز می‌توان به گیاهان زراعی کلزا، آفتابگردان و گلرنگ اشاره کرد.

شکل۱- مراکز شیوع علف هرز گل جالیز در جهان

یکی از نقاط قوت گل جالیز بذر آن است زیرا:

۱- بسیار ریز بوده و به راحتی توسط باد و حشرات و حیوانات جابه‌جا می‌شود

۲- پوسته اسکلرانشیمی و ضخیم بذر موجب مقاومت شدید آن به شرایط محیطی و عدم هضم آن در معده حیوانات می‌گردد.

۳- بقا و پایداری بذر گل جالیز در خاک به مدت ۱۰ تا ۱۲ سال نیز گزارش شده است.

روش‌های مبارزه با علف هرز در مزارع کلزا:

۱- در مزارع با شدت آلودگی کمتر :جمع‌آوری بقایای علف هرز گل جالیز قبل از ریزش بذور و سوزاندن آن‌ها در خارج از مزرعه.

۲- در مزارع با آلودگی بالا: با استفاده از ادوات شعله‌افکن پشت تراکتوری بقایا و بذور گل جالیز سوزانده شده تا جوانه زدن و رویش آن‌ها در سال زراعی آینده کمتر شود.

۳- انجام شخم عمیق جهت مدفون نمودن بذور باقیمانده گل جالیز در اعماق خاک و جلوگیری از پارازیت شدن آن‌ها در سطح ریشه گیاهان میزبان.

۴- در صورت امکان، کشت برنج در اراضی آلوده (جهت فراهم نمودن شرایط غرقابی برای از بین بردن قوه نامیه بذور گل جالیز).

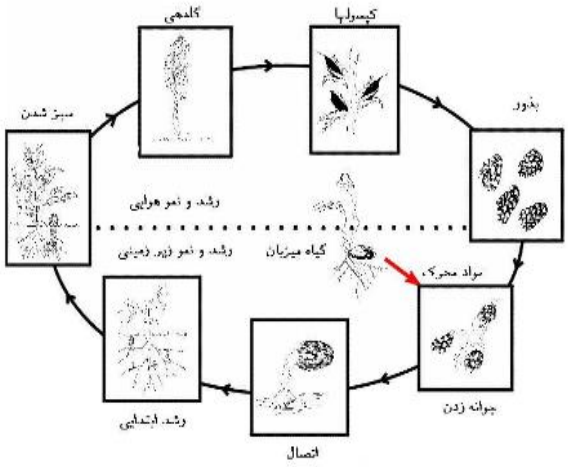
۵- در اراضی با شدت آلودگی کمتر پیشنهاد می‌گردد که محصولات زراعی میزبان (گوجه‌فرنگی، خیار، کلزا، هندوانه، کنجد و ماش)، پنج سال زراعی در این اراضی کشت نشود تا جمعیت بذور گل جالیز افزایش نیابد.

۶- کنترل علف‌های هرز محصولات زراعی به ویژه علف هرز گشنیزک *(Bifora radians)* و علف هرز هفت‌بند *(Polygonum aviculase)*.

۷- رعایت بهداشت زراعی در مزارع آلوده جهت جلوگیری از انتقال بذرهای گل جالیز به سایر مناطق.

۸- پرهیز از نگهداری و کشت بذور برداشت شده کلزا از اراضی آلوده به گل جالیز جهت سال زراعی آینده .

۹- رعایت تناوب زراعی و کشت غلات مانند گندم و جو در اراضی که سال گذشته کلزا کشت شده است.



شکل۲- چرخه زندگی گل جالیز

منابع:

لشکری، ع. م. باغستانی، و. مین باشی، م. ۱۳۸۸. بررسی مبارزه تلفیقی با گل جالیز در مزارع، مجله بوم‌شناختی و پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.

ولایی، ا. یدایی، ح. مین‌باشی، م. نظام‌آبادی، ن. ۱۳۹۷. دستورالعمل اجرایی گل جالیز(*Orobanche* Sp.)، سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت کنترل آفات. شماره: ۹۷۰۷۵۷.

Joel D. 2009. Taxonmic and evolutionary justification for considering Phelipanache as a separate genus. 10th world congress on parasitic plants. 8-10 June 2009, Kusadasi, Turkey.

Habimana, S. A., Nduwumuremyi,J. D.Chinama, R. 2014. Managemen to for obanchein field crops Are view.Journal of soil scienceand plant nutrition.42-63.

معرفی علف‌کش کلوپیرالید (لونترل)

علف‌کش انتخابي، سيستميك، از گروه پيريدين كربوكسيليك اسيد با فرمولاسيون مايع قابل حل در آب (SL) ۳۰ درصد كه با نامهای تجاری لونترل (Lontrel) و واچ (Watch) عرضه شده و در ایران در مزارع کلزا و چغندر قند استفاده می شود. این علفکش برای کنترل پس رویشی برخی علف های هرز پهن برگ یک ساله و چند ساله از تیره‌های چتریان، کاسنی، لگوم، علف هفت بند و همچنین علف های هرز تاتوره، تاجریزی، سیاه دانه و پی تی راخ به میزان ۰/٦ تا ۰/۸ لیتر در هکتار استفاده می‌گردد. استفاده از ۰/۲ لیتر سیتوگیت در هکتار تاثیر آن را افزایش می دهد. این علف کش را به صورت مخلوط با گالانت (دو لیتر در هکتار) و سوپرگالانت (۰/۷۵ تا ۱ لیتر در هکتار) نیز می‌توان استفاده نمود. برخی از محصولات زراعی از جمله آفتابگردان، سویا، نخود، لوبیا، هویج، سیب زمینی، یونجه و کاهو نسبت به باقیمانده این سم حساس بوده و بهتر است از کشت آنها تا یک سال بعد از مصرف سم خودداری نمود. در زمان مصرف علف کش های پس رویشی جهت تاثیر بهتر علف کش ها و نیز تامین بخشی از ازت مورد نیاز کلزا، می توان از کود اوره یا سولفات آمونیوم به میزان ۱/۵-۰/۵ درصد به صورت مخلوط با محلول علف کش، بسته به زمان مصرف، وضعیت مزرعه و شرایط محیط استفاده نمود که در شرایط محیطی گرمتر باید از دز کمتر و در شرایط خنک از دز بالاتر استفاده نمود. در صورت وجود شبنم زیاد روی برگها در ابتدای صبح، بعد از خشک شدن شبنم ها اقدام به سمپاشی نمایید و از عدم وقوع بارندگي تا ٦ ساعت بعد از سم‌پاشي اطمينان خاطر داشته باشيد. باد بردگی این علف‌کش ممکن است به برخي محصولات حساس(مثل لگوم‌ها) خسارت وارد نماید و در زمان سمپاشی باید مواظب مزارع اطراف باشید. نحوه اثر این علف کش از طریق اخلال در تقسیم سلولها بوده و جذب آن از طریق برگ و ریشه صورت گرفته و قابل انتقال به بخشهاي بالايي و پایینی گیاه می باشد. علائم تأثير آن در گياه نيز به صورت رشد غير متعارف، پيچيدگي و خميدگي ساقه و دمبرگ، متورم شدن ساقه و فنجاني شدن برگ‌ها، كلرزه شدن نقاط مريستمي، پژمردگي و نكروزه شدن بافتها و در نهايت مرگ گياه در عرض ۳ تا ۵ هفته می باشد.

در كشورهاي مختلف از اين علف كش علاوه بر كلزا در مزارع چغندرقند، ذرت، غلات(گندم، يولاف،جو)، خردل، پياز، كرفس، توت فرنگي و همچنين كنترل علف‌هاي هرز مراتع و اراضي غير توت فرنگي و همچنين كنترل علف‌هاي هرز مراتع و اراضي غير زراعي نيز استفاده می شود. زمان مناسب كاربرد اين علف‌كش در كلزا در مرحله ۲ تا ٦ برگي، براي چغندر قند از مرحله كوتيلدوني تا ۸ برگي و براي توت فرنگي بلافاصله بعد از برداشت و يا ۷ تا ۱۰ روز قبل از چيدن، توصيه مي‌شود.

Oilseeds research and development company

Monthly Specific journal of

Iranian North Seed Extender Center

Special issue of canola

Current Issue: 2021 Dec, Number 2
Language: Farsi (Persian)

Publisher:

Oilseeds Research & Development Company
Certification No: 88688

Director- in- charge: Ali Zamanmirabadi
Editor- in- chief: Mitra Ramezani

www.takato.ir
info@takato.ir

Phone: +981133434968
Telegram: @takatoservice
Instagram: takato.genebank