

فصلنامه اختصاصی مرکز توسعه دهندگان بذر شمال ایران (INSEC)

سال دوم، شماره ۱۰، اردیبهشت ۱۴۰۲

صاحب امتیاز: شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

مدیر مسئول: علی زمان میرآبادی
سردبیر: میترا رمضانی



www.takato.ir
www.ordc.ir



@takatoservice



[takato.genebank](https://www.instagram.com/takato.genebank)



۳۳۴۳۴۹۶۸

- ۳ _____: (اهمیت تولید دانه های روغنی):
- ۴ _____ *Brassica napus* در پایی میکروسپور
- ۷ _____ میکوپارازیتیسیم: مکانیسم تریکودرما در سرکوب بیماری‌های گیاهی (بخش دوم)
- ۱۰ _____ تحلیل ژنتیکی برخی صفات مهم زراعی در هیبریدهای ساده و دوگانه ژنوتیپ‌های بهاره کلزا
- ۱۴ _____ جدول توصیه کودی برخی محصولات روغنی
- ۱۷ _____ کشت تک گره جایگزین کشت بذر
- ۲۰ _____ اصلاح ژنوم دانه های روغنی
- ۲۶ _____ تأثیر فاصله ردیفها و دوره رقابت علفهای هرز بر رشد و عملکرد کلزا (مروری)

در تامین امنیت غذای جهانی و امنیت انرژی زیستی تا سال ۲۰۵۰، افزایش عملکرد محصولات زراعی است. برای برآورده کردن این تقاضا، عملکرد محصولات زراعی باید تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۳ میلیارد تن افزایش یابد (در مقایسه با ۲٫۱ میلیارد تنی که در حال حاضر تولید می شود). در حالیکه متاسفانه، نرخ فعلی بهبود عملکرد سالانه برای محصولات عمده چندان زیاد نیست و بسیار پایین تر از مقادیر لازم برای دستیابی به اهداف برآورد شده است (نرخ رشد تولید حداقل ۰٫۸-۱٫۲٪ است). به همین ترتیب وضعیت برای محصولات روغنی مانند آفتابگردان، سویا و کلزا چندان مطلوب نیست. روغن و چربی ها معمولاً ۲۰ تا ۳۵ درصد کالری مورد نیاز مصرف یک انسان بزرگسال با سن متوسط و شرایط جسمانی سالم را تشکیل می دهند. مجموعه تحقیقات مختلف نشان می دهد که مصرف چربی های غیراشباع تاثیر بهتری بر سلامت انسان نسبت به مصرف چربی های اشباع شده دارند. اسیدهای چرب (FA) هیدروکربن های با زنجیره بلند هستند و چربی های غیر اشباع حاوی پیوندهای دوگانه کربن-کربن هستند، در حالی که در چربی های اشباع این حالت وجود ندارد. پیوند های دوگانه اجازه می دهد تا چربی های اشباع نشده در دمای اتاق مایع باقی بمانند. در مقابل، زنجیره های اشباع دارای تک پیوند، تمایل به جامد بودن در دمای اتاق دارند، چربی هایی که اثرات مضر آنها بر سلامت قلب و عروق و افزایش التهاب به اثبات رسیده است. بدن انسان قادر به سنتز اسید اولئیک (امگا ۹) است. اما برای این رخداد نیازمند تامین دو اسید چرب ضروری است که می بایست به طور مستقیم از منابع غذایی حاصل شوند که شامل آلفا-لینولنیک اسید (اسید چرب امگا ۳) و اسید لینولئیک (امگا ۶) است. نسبت صحیح مصرف چربی های امگا ۳، امگا ۶ و امگا ۹ بسیار مهم است. برای این هدف چندین منبع چربی تامین کننده این اسیدهای چرب وجود دارد مانند روغن ماهی و دانه های روغنی. در سالهای اخیر توجه به تولید محصولات زراعی روغنی به دلیل ویژگی های منحصر به فرد این محصولات افزایش یافته است. محصولاتی که می توانند خطر ابتلا به بیماری های قلبی عروقی، فشار خون بالا و چندین نوع سرطان و التهاب مضر را کاسته و حتی باعث بهبود سلامتی مادر در دوران بارداری گردد. بنابراین توجه به تولید و ارتقا شاخص های کمی و کیفی محصولات روغنی از اهمیت زیادی برای آیندگان برخوردار خواهد بود. با توجه به کمی سطح زیر کشت محصولات روغنی و کاهش معنی دار آن در دو دهه اخیر به نسبت افزایش جمعیت کشور، بیش از پیش می بایست به تولید محصولات روغنی توجه نمود.

علی زمان میرآبادی

مدیر هماهنگی در امور اجرایی نمایندگی ها و دفاتر

زمستان ۱۴۰۱

پشت صحنه‌ی توسعه‌ی دابل هاپلوئیدی بر پایه‌ی میکروسپور در *Brassica napus*

Behind the scenes of microspore-based double haploid development in *Brassica napus*

رضا وجدان: کارشناس به نژادی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

دابل هاپلوئیدی چیست؟

گیاهان دابل هاپلوئید، همانند گیاهان دیپلوئید طبیعی دو مجموعه کروموزوم دارند. اما تفاوت اصلی آنها در این است که دابل هاپلوئیدها (در این مثال دابل هاپلوئید حاصل از کشت میکروسپور) از دانه گرده‌ی هاپلوئید (بدون باروری) و کشت شده بر روی محیط کشت بوجود آمدند. ژنوم هاپلوئید دانه گرده بطریق شیمیایی دو برابر شده و گیاهی با ژنوم هموزیگوس کامل بوجود می‌آورد. معمولاً ماده‌ی شیمیایی و سمی کلشی سین برای دو برابر کردن کروموزوم و تبدیل گیاه هاپلوئید عقیم به گیاه دابل هاپلوئید بارور استفاده می‌شود. بنابراین این گیاهان در هر مکان ژنی هموزیگوس هستند و ظرفیت بالایی از ترکیبات فنوتیپی متفاوت را دارا می‌باشند. تکنیک تولید چنین گیاهانی از دانه‌ی گرده، تحت عناوینی نظیر کشت میکروسپور، جنین‌زایی گرده یا آندروژنز خوانده می‌شود. نخستین گزارش موفقیت آمیز کشت بساک در براسیکا توسط Keller و همکاران (1975) و Thomas و Wenzel (1975) ثبت گردید. بهر حال Lichter (1982) نخستین سیستم کشت برای تولید گیاهان دابل هاپلوئید از میکروسپور را ارائه نمود. در اواخر دهه‌ی ۸۰ میلادی مطالعات بر روی کلزا (*Brassica napus*) نشان داد که جنین‌ها را می‌توان با کارایی بالا بوسیله‌ی کشت میکروسپور در محیط کشت عاری از هورمون و بدون مرحله‌ی کالوس تولید نمود (Pechan and Keller. 1988, Keller et al., 1987).

اهمیت دابل هاپلوئیدی در برنامه اصلاح نباتات گیاهی

در اصلاح نباتات کلاسیک برای دستیابی به لاین‌های تقریباً خالص (۹۹٫۲٪) برای صفات مورد نظر در حدود هشت نسل خودگشنی نیاز است. این در حالیست که در تکنیک دابل هاپلوئیدی طی یک نسل به هموزیگوسیتی ۱۰۰٪ می‌رسیم (شکل ۱). انتخاب گیاه از جمعیت دابل هاپلوئید بی‌نهایت ارزشمند و موثر است، زیرا لاین‌ها بطور کامل خالص هستند و نیازی به نسل‌های پیاپی خودگشنی ندارند. لاین‌های دابل هاپلوئید نه تنها چرخه‌ی اصلاحی را کوتاه می‌کنند (Chang and Coe, 2007, Geiger and Gordillo, 2009, Szarejko and Forster, 2009, Geiger, 2009, Röber et al., 2005) بلکه کارایی انتخاب را نیز افزایش می‌دهند (Geiger and Gordillo, 2009, Geiger, 2009) بعلاوه دیگر نیازی به خودگشنی و انتخاب جهت نگهداری لاین‌های اصلاحی نمی‌باشد.

دابل هاپلوئید در مطالعه‌ی ژنتیک، توسعه‌ی مارکرهای مولکولی و ترانسفورماسیون

لاین‌های دابل هاپلوئید در مطالعه‌ی ژنتیک صفات مورد نظر با راندمان بالایی بکار گرفته می‌شوند. در جمعیت F2 حاصل از تلاقی سنتی دو والد و صفتی که با تک ژن غالب کنترل می‌شود، نسبت ژنوتیپی بصورت ۱:۲:۱ که به ترتیب هموزیگوس غالب، هتروزیگوس و هموزیگوس مغلوب تفکیک می‌شوند، ولی همان صفت در جمعیت دابل هاپلوئید با نسبت ۱:۱ بترتیب برای هموزیگوس غالب و هموزیگوس مغلوب تفکیک خواهد شد. در مورد صفات چند ژنی، این تکنیک توانست نوترکیبی‌های ژنتیکی را برای هموزیگوسیتی در تعداد زیادی مکان ژنی طی یک نسل ایجاد نماید. بنابراین این روش مزیت بکارگیری جمعیتی کوچکتر را برای مطالعه‌ی صفات کمی بهمراه دارد. در ساخت نقشه‌ی ژنتیکی، جمعیت‌های در حال تفرق شامل یکی از جمعیت‌های: F2، تلاقی برگشتی یا NILS یا دابل هاپلوئید هستند. دابل هاپلوئیدها لاین‌های اصلاحی حقیقی ۱ هستند که در برنامه‌ی توسعه‌ی

1. True-breeding line

مارکری بطور مکرر قابل استفاده‌اند، این در حالیست که در جوامع F2 یا تلاقی برگشتی در هر نسل تفکیک صورت می‌گیرد. مطالعه‌ی صفات پیچیده بمنظور شناسایی QTL² به آزمایش‌های تکراردار طی چند سال و چند مکان نیاز دارد، از این رو دابل هاپلوئید جمعیتی ایده‌آل برای دستبازی به این هدف است. مزیت اصلی دابل هاپلوئیدی در استفاده از مارکرهای غالب، انتخاب گیاهان هموزیگوس ۱۰۰٪ از جوامع در حال تفرق می‌باشد، حال آنکه در جمعیت F2 تفکیک صفت غالب به صورت یک سوم غالب هموزیگوس، دو سوم هتروزیگوس می‌باشد. بنابراین نرخ موفقیت استفاده از مارکر غالب برای انتخاب گیاهان هموزیگوس غالب در جوامع F2 تنها ۳۳٪ می‌باشد.

در ترانسفورماسیون ژنتیکی، میکروسپورهای هاپلوئید را می‌توان قبل از فرایند دو برابر کردن کروموزوم‌ها که سبب تثبیت پایداری هموزیگوسیتی می‌شود، مورد هدف انتقال ژن قرار داد. ژن مقاومت به خشکی (HVA1) بطور موفقیت آمیزی به گندم نان هاپلوئید منتقل شده و بعد از دیپلوئید شدن هموزیگوسیتی ژن توانسته اند آن را وارد گیاه و تثبیت نمایند (Chauhan and Khurana, 2011).

سفری بسوی دابل هاپلوئیدی در کلزا

باززایی میکروسپور در جنس براسیکا تحت تاثیر عوامل زیادی قرار دارد، نظیر شرایط رشد گیاهان دهنده، ژنوتیپ، پیش تیمار، مواد بکار رفته در محیط کشت، مرحله‌ی زندگی دانه گرده، بعلاوه شرایط کشت میکروسپور (Ferrie, 2003). هر یک از عوامل نامبرده در باززایی میکروسپور تاثیر گذارند و به منظور افزایش بهره برداری می‌بایست هر یک از آنها بهینه سازی گردند. در ادامه برخی از این عوامل بطور خلاصه شرح داده خواهد شد.

ژنوتیپ‌ها برای تولید دابل هاپلوئید

کلزا (*Brassica napus*) در مقایسه با سایر گونه‌های خانواده‌ی براسیکا پاسخ بهتری برای تولید لاین‌های دابل هاپلوئید می‌دهد (۲۲). ولی تفاوت‌های ژنتیکی در میکروسپورهای گرفته شده برای تولید دابل هاپلوئیدی در یک گونه نیز گزارش گردیده است. برای مثال *B. napus cv Topas* قدرت جنین‌زایی بسیار بالایی دارد (۲۲). تفاوت در قدرت جنین‌زایی در تیپ‌های رشدی مختلف نیز مشاهده شده است، بعنوان نمونه تیپ بهاره‌ی *B. napus* در مقایسه با تیپ زمستانه قدرت جنین‌زایی بالاتری دارد (Kott et al., 1988 - Huang et al., 1990). ژنوتیپ‌هایی که پاسخ ضعیفی به کشت میکروسپور می‌دهند، دارای تنوع گسترده‌ای در مراحل مختلف میوز هستند (Kott et al., 1988).

شرایط رشد گیاهان دهنده ۳

شرایط رشد گیاهان دهنده بسیار مهم است و پیشنهاد می‌شود این گیاهان در شرایطی با حداقل تنش‌های محیطی کشت شوند (Ferrie, 2003). مشخص شده است، گیاهان رشد یافته در دمای پائین ۱۰/۱۲°C، یک هفته قبل از جداسازی میکروسپور برای *B. napus* بهترین وضعیت را ایجاد می‌نماید (۱۹). در اغلب موارد برای کشت میکروسپور، گیاهان دهنده در اتاق رشد پرورش یافتند. بطوریکه کارایی جنین‌زایی در گیاهان رشد کرده در گلخانه و مزرعه کاهش یافته است (Ferrie, 2003).

تیمار سرما

تیمار سرمایی جوانه‌های گل، فرایند جنین‌زایی را تحریک می‌نماید و کیفیت جنین را نیز بهبود می‌بخشد (Gu et al., 2004). همچنین گزارش شده است، تیمار سرمایی در کشت میکروسپور *B. rapa* تاثیر کمتری دارد و در *B. oleracea* تاثیر منفی

2. Quantitative trait loci

3. Donor plants growing condition

می‌گذارد. در تیمار سرمایی، غنچه‌های گل مناسب برای کشت میکروسپور در چهار درجه سانتی گراد بمدت ۲-۴ روز در محیط کشت مایع با ۱۳٪ سوکروز و در تاریکی قرار می‌گیرند (Gu et al., 2004).

انتخاب غنچه و مرحله‌ی تکاملی دانه‌گرده

اندازه‌ی غنچه همبستگی مستقیمی با مرحله‌ی میوزی دانه‌های گرده دارد. اما این همبستگی برای ژنوتیپ‌ها و گونه‌های مختلف متفاوت است. تمایز میان مقدار بزرگ‌تر و کوچک‌تر میکروسپور جنینی ۴ از اندازه‌ی غنچه امکان پذیر است، ولی پیش بینی واقعی تولید جنین امکان پذیر نیست (Pechan and Keller, 1988). طی فرایند میوز، با استفاده از رنگ آمیزی هماتوکسیلین می‌توان مرحله‌ی رشدی میکروسپور را تشخیص داد. غنچه‌ها در اواسط مرحله‌ی تک هسته‌ای کامل‌ترین اندازه را برای تولید دابل هاپلوئید دارند (Kontowski and Friedt, 1994-Ferrie, 2003). در این مرحله میکروسپورها شکل گرد دارند و هسته در وسط سلول قرار دارد (Ferrie and Caswell, 2011). گزارش شده است که در مراحل جلوتر ممکن است میکروسپورها ترکیبات سمی و مهارکننده در طی کشت میکروسپور آزاد کنند که کارایی تولید دابل هاپلوئید از میکروسپور را کاهش می‌دهد (Kott et al., 1988, 2004).

منابع:

1. Chang, MT and Coe, EH. 2009. Doubled haploids. In:Kriz AL, Larkins A (eds). *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. 63. *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 127-142.
2. Chauhan, H and Khurana, P. 2011. Use of doubled haploid technology for development of stable drought tolerant bread wheat (*Triticum aestivum* L.) transgenics. *Plant Biotechnol J*. 9:408-17.
3. Ferrie, A. 2003. Microspore culture of Brassica species. *Doubled Haploid Production in Crop Plants*. 65:205-215.
4. Ferrie, AMR and Caswell, KL. 2011. Isolated microspore culture techniques and recent progress for haploid and doubled haploid plant production. *Plant Cell Tiss. Organ Cult*. 104:301-309.
5. Geiger, HH and Gordillo, GA. 2009. Doubled haploids in hybrid maize breeding. *Maydica*. 54:485-499.
6. Geiger, HH. 2009. Doubled haploids. *InJ*. 21: 641-659.
7. Gu, HH, Hagberg, P and Zhou, WJ. 2004. Cold pretreatment enhances microspore embryogenesis in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant Growth Regulation*. 42:137-143.
8. Huang, B, Bird, S, Kemble, R, Simmonds, D, Keller, W. and Miki, B. 1990. Effects of culture density, conditioned medium and feeder cultures on microspore embryogenesis in *Brassica napus* L. cv. Topas. *Plant Cell Rep*. 8:594-7.
9. Keller, WA, Arnison, PG. and Cardy, BJ. 1987. Haploids from gametophytic cells recent developments and future prospects. 14: 223-241.
10. Keller, WA, Rajhathy, T. and Lacapra, J. 1975. In vitro production of plants from pollen in *Brassica campestris*. *Can. J. Genet. Cytol*. 17:655-666.
11. Kontowski, S. and Friedt, W. 1994. Genotypic effects on microspore culture in a breeding program for high-erucic acid content of *Brassica napus*. *GCIRC Bull*. 10:30-38.
12. Kott, LS, Polsoni, L, Ellis, B. and Beversdorf, WD. 1988. Autotoxicity in isolated microspore cultures of *Brassica napus*. *Can. J. Bot*. 66:1665-1670.
13. Kott, LS, Polsoni, L. and Beversdorf, WD. 1988. Cytological aspects of isolated microspore culture of *Brassica napus*. *Can. J. Bot*. 66:1658-1664.
14. Lichter, R. 1982. Induction of haploid plants from isolated pollen of *Brassica napus*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*. 105:427-434.
15. Pechan, PM. and Keller, WA. 1988. Identification of potentially embryogenic microspores in *Brassica napus*. *Plant Physiol*. 74:377-384.
16. Pechan, PM. and Keller, WA. 1988. Identification of potentially embryogenic microspores in *Brassica napus*. *Plant Physiol*. 74:377-384.
17. Röber, FK, Gordillo, GA. and Geiger, HH. 2005. In vivo haploid induction in maize-Performance of new inducers and significance of doubled haploid lines in hybrid breeding. *Maydica*. 50:275-283.
18. Szarejko, I. and Forster, BP. 2007. Doubled haploidy and induced mutation. *Euphytica*. 158:359-370.
19. Thomas, E. and Wenzel, G. 1975. Embryogenesis from microspores of *Brassica napus*. *Z. Pflanzenzücht*. 74:77-81.

میکوپارازیتیسیم: مکانیسم تریکودرما در سرکوب بیماری‌های گیاهی (بخش دوم)

Mycoparasitism as a mechanism of Trichoderma mediated suppression of plant diseases

آیدین حسن زاده: کارشناس گیاهپزشکی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

گونه‌های قارچ تریکودرما بطور گسترده بعنوان عوامل کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. میکوپارازیتیسیم یک ویژگی اجدادی در تریکودرما است و یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های کاهش مایه تلقیح بیمارگر است. این فرآیند فیزیولوژیکی پیچیده شامل تولید آنزیم‌ها و متابولیت‌های ثانویه متنوع بوده و می‌بایست از منظر رقابت میکروبی بررسی شود. گونه‌های تریکودرما بطور سنتی بعنوان میکوپارازیت‌های نکروتروف در نظر گرفته شده‌اند، با این وجود، شواهدی وجود دارد که حداقل در برخی موارد، گونه‌های این قارچ به مانند همی‌بیوتروف‌ها رفتار کرده و سبب بروز آسیب جزئی به دیواره سلولی میزبان می‌شوند و برای مدت قابل توجهی در سلول میزبان حضور دارند. در این مقاله مروری، جنبه‌های مختلف قارچ تریکودرما به عنوان یک میکوپارازیت، مباحث تکاملی، ژنومیکس و تعامل با قارچ‌های غیرهدف، بررسی شده است (Mukherjee et al., 2022).

مایکوپارازیتیسیم در سرکوب بیماری

قارچ تریکودرما با ترکیبی از میکوپارازیتیسیم، آنتی‌بیوز، القا پاسخ دفاعی (IDR)⁵ و رقابت، به سرکوب دیگر عوامل قارچی کمک می‌نماید (Sharma et al., 2017). گونه‌های تریکودرما بعنوان عوامل کنترل زیستی می‌توانند به سرعت در ناحیه اطراف بذر (Spermosphere) و ریشه (Rhizosphere)، کلنی‌سازی نموده و بدین طریق از حمله بیمارگرها به بذر و ریشه جلوگیری کنند.

در آنتی‌بیوز، متابولیت‌های ثانویه و یا آنزیم‌های ترشح شده توسط گونه‌های تریکودرما، از جوانه‌زنی و یا رشد بیمارگر ممانعت می‌کنند (Howell, 2003; Viterbo et al., 2001). همچنین، تولید این متابولیت‌ها می‌تواند به قارچ در رقابت، میکوپارازیتیسیم و پاسخ دفاعی القایی کمک کنند (Zeilinger et al., 2016a).

تعداد مطالعات انجام شده با هدف ارزیابی نقش میکوپارازیتیسیم در کنترل بیماری‌های گیاهی در مقایسه با مطالعات متعدد آزمایشگاهی، محدود است. نخستین مطالعه رفتار میکوپارازیتیسیم بر روی گونه *Trichoderma virens* (که در گذشته بعنوان گونه *T. lignorum* توصیف شده است)، در مقابل گونه بیمارگر *Rhizoctonia solani* صورت گرفت که این رفتار شامل پیچیدگی به دور ریشه‌ها، رشد بصورت خطوط مستقیم و یا مواج، انعقاد پروتوپلاست‌ها و از دست دادن ساختارهای واکنش بود (Weindling, 1932). در تحقیقات بعدی مشخص شد فعالیت آنتاگونیستی این گونه ناشی از تولید و ترشح گلیوتوکسین⁶ است که یک ترکیب کشنده می‌باشد (Weindling, 1934; Weindling and Emerson, 1936) و کارایی این جدایه برای سرکوب *R. solani* در مطالعات گلخانه‌ای تایید شد (Weindling and Fawcett, 1936). در مطالعات گلخانه‌ای، سرکوب دو بیمارگر گیاهی *R. solani* و *Globisporangium (Pythium) debaryanum* در خیار⁷ و نخودفرنگی⁸ بواسطه فعالیت آنتی‌بیوتیکی گونه *T. virens* تایید شده است (Allen and Haenseler, 1935). در تحقیقات متعدد،

⁵ Induced Defense Response

⁶ Gliotoxin

⁷ *Cucumis sativus*

⁸ *Pisum sativum*

ساختار ریشه پارازیت شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی و فلوروسنت، مورد مطالعه قرار گرفته است (Hashioka, 1973; Ruano-Rosa et al., 2016). در بررسی مکانیسم میکوپارازیتسیسم، گونه *T. hamatum* بصورت تیمار بذر و با هدف کنترل زیستی گونه‌های بیمارگر *Pythium spp.* و *R. solani* استفاده شد (Harman et al., 1980). بر این اساس، این گونه تریکودرما بعنوان یک میکوپارازیتسیسم توانمند، هیچگونه فعالیت آنزیمی در برابر عوامل بیماریزای مورد مطالعه، نشان نداد. در مطالعه مشابه، کاربرد یک جدایه از گونه *T. harzianum* در خاک منجر به سرکوب بیماری ناشی از *R. solani* و *Sclerotium rolfsii* در شرایط مزرعه شد (Elad et al., 1980). بکارگیری گونه *T. koningii* علیه *Sclerotium rolfsii* در خاک، از طریق پارازیت‌کردن اسکلروت‌ها، منجر به کاهش سطح مایه تلقیح قارچ بیمارگر شد (Santos and Dhingra, 1982; Trutmann and Keane, 1990). نتایج ارزیابی مقایسه بین پارازیت‌شدن ریشه، اسکلروت و آنتی‌بیوز نشان داد اسکلروت پارازیت‌شده توسط سویه تولیدکننده گلیوورین^۹ گونه *T. virens* در خاک، بعنوان کارآمدترین مکانیسم سرکوب دو بیمارگر گیاهی *R. solani* و *S. rolfsii* پیشنهاد شد (Mukherjee et al., 1995).



شکل ۱. نمایشی از کنترل بیولوژیک *Sclerotium rolfsii* عامل بیماری پوسیدگی یقه نخود با استفاده از *Trichoderma virens* G2 بصورت تیمار بذر (Raipur, India, 2020e21; Photo courtesy: Dr. BP Tripathi and Dr. Anil (Kotasthane).

در پژوهش دیگر، با استفاده از جهش‌زایی ناشی از اشعه گاما، یک جدایه جهش یافته از قارچ تریکودرما بدست آمد که توانایی تولید متابولیت‌های ثانویه در آن افزایش یافت (Mukherjee et al., 2019). در آزمایشات گلخانه‌ای، این جدایه جهش یافته عملکرد بهتری نسبت به جدایه والد وحشی در کنترل بیولوژیک عامل پوسیدگی یقه نخود و عدس داشت. تاثیر مثبت کاربرد این جدایه جهش یافته بصورت تیمار بذر علیه عامل بیماری پوسیدگی یقه نخود در سطح مزرعه، در شکل ۱ نشان داده شده است. هاول (۱۹۸۷)، با تاباندن اشعه فرابنفش، سویه‌های جهش یافته‌ای از گونه *T. virens* را تولید نمود که فاقد توانایی برای پارازیت‌کردن هیف‌های قارچ *R. solani* بودند. این سویه‌های جهش یافته به اندازه سویه والد وحشی در کنترل بیولوژیک موثر بودند. در مورد مشابه، جهش یافته‌های فاقد توانایی بیوسنتز گلیوتوکسین نیز در کنترل بیولوژیک موثر بودند. این مشاهدات نقش میکوپارازیتسیسم و آنتی‌بیوز را زیر سوال برد و مقاومت القایی را تأیید نمود (Howell, 1987, 2003). با این وجود، هاول و

⁹ Gliovirin-producing

همکاران (۱۹۸۷)، پارازیته شدن اسکروتها توسط *T. virens* را بعنوان اثربخشی فعالیت بیولوژیک آن در کنترل بیمارگر در نظر گرفتند.

ادامه دارد ...

منابع:

1. Allen, M.C., Haenseler, C.M., 1935. Antagonistic action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other soil fungi. *Phytopathology* 25, 244-252.
2. Elad, Y., Chet, I. and Katan, J., 1980. *Trichoderma harzianum*: A biocontrol agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70(2), pp.119-121.
3. Harman, G.E., Chet, I. and Baker, R., 1980. *Trichoderma hamatum* effects on seed and seedling disease induced in radish and pea by *Pythium* spp. or *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70(12), pp.1167-1172.
4. Hashioka, Y., 1973. Scanning electronmicroscopy on the mycoparasites, *Trichoderma*, *Gliocladium* and *Acremonium*. *Hiratsuka Naohide Hakushi koku kinen rombunshu Kinokokenkyujo, Tottori, Japan*.
5. Howell, C.R., 1987. Relevance of mycoparasitism in the biological control of *Rhizoctonia solani* by *Gliocladium virens*. *Phytopathology*, 77(7), pp.992-994.
6. Howell, C.R., 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant disease*, 87(1), pp.4-10.
7. Mukherjee, P.K., Mukhopadhyay, A.N., Sarmah, D.K. and Shrestha, S.M., 1995. Comparative antagonistic properties of *Gliocladium virens* and *Trichoderma harzianum* on *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*—its relevance to understanding the mechanisms of biocontrol. *Journal of Phytopathology*, 143(5), pp.275-279.
8. Mukherjee, P.K., Mehetre, S.T., Sherkhane, P.D., Muthukathan, G., Ghosh, A., Kotasthane, A.S., Khare, N., Rathod, P., Sharma, K.K., Nath, R. and Tewari, A.K., 2019. A novel seed-dressing formulation based on an improved mutant strain of *Trichoderma virens*, and its field evaluation. *Frontiers in Microbiology*, 10, p.1910.
9. Mukherjee, P.K., Mendoza-Mendoza, A., Zeilinger, S. and Horwitz, B.A., 2022. Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. *Fungal Biology Reviews*, 39, pp.15-33.
10. Ruano-Rosa, D., Prieto, P., Rincón, A.M., Gómez-Rodríguez, M.V., Valderrama, R., Barroso, J.B. and Mercado-Blanco, J., 2016. Fate of *Trichoderma harzianum* in the olive rhizosphere: time course of the root colonization process and interaction with the fungal pathogen *Verticillium dahliae*. *BioControl*, 61(3), pp.269-282.
11. Santos, A.D., and Dhingra, O.D., 1982. Pathogenicity of *Trichoderma* spp. on the sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Botany*, 60(4), pp.472-475.
12. Sharma, V., Salwan, R. and Sharma, P.N., 2017. The comparative mechanistic aspects of *Trichoderma* and probiotics: scope for future research. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 100, pp.84-96.
13. Trutmann, P., and Keane, P.J., 1990. *Trichoderma koningii* as a biological control agent for *Sclerotinia sclerotiorum* in Southern Australia. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(1), pp.43-50.
14. Viterbo, A., Haran, S., Friesem, D., Ramot, O. and Chet, I., 2001. Antifungal activity of a novel endochitinase gene (chit36) from *Trichoderma harzianum* Rifai TM. *FEMS Microbiology letters*, 200(2), pp.169-174.
15. Weindling, R., 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. *Phytopathology*, 22(8), pp.837-845.
16. Weindling, R., 1934. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology* 24, 1153-1179.
17. Weindling, R., Emerson, O., 1936. The isolation of a toxic substance from the culture filtrate of *Trichoderma*. *Phytopathology* 26, 1068-1070.
18. Weindling, R., Fawcett, H., 1936. Experiments in the control of *Rhizoctonia* damping-off of citrus seedlings. *Hilgardia* 10, 1-16. Zeilinger, S.,
19. Gruber, S., Bansal, R. and Mukherjee, P.K., 2016. Secondary metabolism in *Trichoderma*—chemistry meets genomics. *Fungal biology reviews*, 30(2), pp.74-90.

تحلیل ژنتیکی برخی صفات مهم زراعی در هیبریدهای ساده و دوگانه ژنوتیپ‌های بهاره کلزا

Genetic analysis of some important agronomic traits in single cross and double cross hybrids of spring oilseeds genotypes

الهام شهرکی مقدم: کارشناس تحقیقات نمایندگی گلستان

مقدمه

رشد افزایش جمعیت انسانها به گونه‌ای است که پیش‌بینی می‌شود با نرخ رشد فعلی، جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به ۱۴/۴ میلیارد نفر خواهد رسید. بخش عمده این افزایش در کشورهای در حال توسعه رخ خواهد داد. با افزایش جمعیت جهان نیاز به مواد غذایی از جمله غلات و دانه‌های روغنی نیز رو به افزایش است. از یک طرف، رشد جمعیت جهان و به دنبال آن بهبود سطح تغذیه از طریق جایگزین شدن مصرف روغن‌های گیاهی به جای روغن‌های حیوانی و از طرف دیگر توسعه دامداری‌ها، مرغداری‌ها و افزایش تقاضا برای مصرف کنجاله و نیز لزوم استفاده از روغن‌های نباتی در تولید سوخت‌های پاک (بیودیزل)، منجر به توسعه کشت دانه‌های روغنی شده و مقدار تولید آن را به صورت فزاینده‌ای در دنیا و ایران افزایش داده است (Nath et al., 2016). دانه‌های روغنی با دارا بودن ذخایر غنی از اسید چرب و سرشار از پروتئین (Przybylski et al., 2005)، بعد از غلات به عنوان دومین منبع تولید انرژی در تغذیه انسان مطرح می‌باشند (Arrutia et al., 2020). از آنجایی که قسمت عمده روغن مورد نیاز کشور از خارج وارد شده و هر ساله مقدار قابل توجهی از بودجه کشور صرف خرید روغن می‌شود، افزایش سطح زیرکشت و همچنین افزایش عملکرد گیاهان روغنی به عنوان یکی از اهداف عمده دست‌اندرکاران وزارت جهاد کشاورزی، کارشناسان و محققان در نظر گرفته شده است. کلزا دارای ۴۰ تا ۴۴ درصد روغن گیاهی است که به دلیل کارایی بالای مصرف آب و تحمل خشکی و نیز تا حدی تحمل به شوری، در زراعت مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای دارد و بعد از نخل روغنی و سویا به‌عنوان سومین منبع مهم روغن خوراکی در جهان می‌باشد. ویژگی‌های خاص کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط جهان سبب شده است که کشت این گیاه به شدت توسعه یابد (Basalma, 2008). بطوری‌که، در سال ۲۰۱۹ مجموع سطح زیر کشت کلزا در جهان بالغ بر ۳۴ میلیون هکتار و مقدار دانه تولید شده در همان سال برابر با ۷۰ میلیون تن بود. قاره آسیا، اروپا، آمریکا، اقیانوسیه و آفریقا به ترتیب ۳۴/۲٪، ۳۲/۹٪، ۲۹/۳٪، ۳/۴٪ و ۰/۲٪ از مجموع سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. کشورهای کانادا، چین، هند، فرانسه، اکراین، آلمان، استرالیا، لهستان، روسیه و انگلستان به ترتیب با مجموع سطح زیرکشت ۱۸/۶۵، ۱۳/۴۸، ۹/۲۵، ۳/۵۲، ۳/۲۸، ۲/۸۳، ۲/۳۶، ۲/۲۷، ۲/۰۶ و ۱/۷۵ میلیون هکتار از جمله ۱۰ کشور تولیدکننده برتر کلزا در جهان بودند (FAO, 2021). در سال زراعی مشابه (۱۳۹۷)، سطح زیر کشت کلزا در ایران برابر با ۱۴۰ هزار هکتار با تولید ۲۹۰ هزار تن دانه بود (FAO, 2021) که استان گلستان با سطح زیر کشت ۵۷ هزار هکتار با تولید ۱۱۴ هزار تن دانه سهم عمده‌ای در تولید این محصول داشت (مدیریت بهبود تولیدات گیاهی استان گلستان، ۱۳۹۷). افزایش تولید دانه‌های روغنی و تامین نیاز کشور به روغن خوراکی و کاهش واردات، از جمله عواملی هستند که گسترش برنامه‌های تحقیقات به‌نژادی کلزا را ضروری ساخته است. در مناطق گرم و معتدل پتانسیل زیادی برای گسترش سطح کشت کلزا وجود دارد و بیشترین امید به افزایش سطح کشت کلزا در سال‌های آینده در مناطق گرم و معتدل کشور می‌باشد. خصوصیات منحصر به فرد کلزا از قبیل تناوب با غلات و در نتیجه کنترل بهتر بیماری‌ها، علف‌های هرز و کاهش مصرف علفکش‌ها، کشت پاییزه و استفاده بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز در فصل نزولات آسمانی سبب گردیده تا برنامه‌ریزی برای توسعه این گیاه زراعی در منطقه و استان روز به روز شتاب بیشتری به خود گیرد (Campbell et al., 2016; Friedt et al., 2018).

پتانسیل عملکرد بالای کلزا، درآمدزایی بالای کشاورز را فراهم کرده است. استان گلستان سالانه حدوداً با بیش از ۵۰ هزار هکتار اراضی کلزا کاری در شرایط آبی و دیم همواره به عنوان یکی از مراکز مهم کشت کلزا در ناحیه شمال کشور مورد توجه می‌باشد. این منطقه نیز با مشکلات و موانع بسیاری در زمینه تولید کلزا مواجه است، که از جمله می‌توان به تنش‌های زیستی، غیرزیستی و به‌ویژه عدم تنوع در ارقام هیبرید و آزاد گرده‌افشان کلزا اشاره کرد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۹). کمیت و کیفیت روغن کلزا متاثر از عوامل محیطی و ژنتیکی می‌باشد و جهت دستیابی به پتانسیل بالای عملکرد دانه و روغن، بهبود مسائل به‌نژادی کلزا امری ضروری به نظر می‌رسد (Khajali and Slominski, 2012). در حال حاضر، عمده مناطق کشت کلزا با استفاده از ارقام هیبرید

می‌باشد که با توجه به هیبرید و وارداتی بودن والدین آن، ریسک بسیار بالایی به دلیل وابستگی به یک رقم، متوجه کلزا کاران منطقه می‌باشد، به طوری که در برخی سال‌ها به دلیل عدم تامین بذر به مقدار کافی، کشاورزان مجبور به تهیه بذوری با کیفیت پایین می‌شوند و در نتیجه این موضوع خسارت بسیار بالایی به کشاورزان وارد خواهد کرد. این در حالی است که ایجاد ارقام آزادگرده افشان پرمحصول با سازگاری و پایداری عملکرد بالا می‌تواند در جلوگیری از این خسارت‌ها و تهدیدها بسیار موثر باشد. در حال حاضر هر چند گزارش‌هایی مبتنی بر موفقیت در تولید هیبرید در ایران ارائه شده است، اما تولید آن‌ها در سطح تجاری اتفاق نیفتاده است و احتمالاً با هیبریدهای تجاری وارداتی قابلیت رقابت نداشته باشند. بنابراین، ثبات تولید و توسعه سطح زیر کشت کلزا به صورت پایدار ایجاب می‌کند که ارقام و لاین‌های آزادگرده افشان جدید با عملکرد بالاتر و خواص مطلوب زراعی از جمله زودرسی و مقاومت/تحمل به بیماری‌ها بطور مستمر در شرایط زارعین بررسی و به تنوع ارقام موجود اضافه گردد. برای دستیابی به این هدف می‌توان با استفاده از دورگ‌گیری (تلاقی) ساده و دوگانه و بهره‌گیری از صفات مطلوب در نسل‌های در حال تفکیک و انتخاب و خالص‌سازی لاین‌ها نه تنها در نهایت به ژنوتیپ‌های جدید پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی مناطق مورد کشت دست یافت، بلکه بستری مناسب برای ایجاد لاین‌ها/والدین برتر برای تولید هیبرید در ایران ایجاد کرد. برای رسیدن به این هدف نیاز به تنوع ژنتیکی گسترده‌ای است که در حال حاضر به دلیل تحریم‌ها و حقوق مادی و معنوی بذور ارقام تجاری شرکت‌های تولیدکننده در سرتاسر جهان، دستیابی به آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. در نتیجه جهت افزایش تنوع ژنتیکی و ایجاد لاین‌هایی با ویژگی‌های برتر نسبت بر ارقام وارداتی بررسی پارامترهای ژنتیکی نتاج نسل‌های اولیه حاصل از تلاقی‌های ساده و دوگانه ارقام و لاین‌های برتر حائز اهمیت فراوانی است. در زمینه بررسی نتاج اولیه تلاقی‌های ساده مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است اما اطلاعات جامعی در مورد ویژگی‌های نسل اولیه تلاقی‌های دوگانه به خصوص در قالب طرح منسجم آمیزشی و آماری در دسترس نمی‌باشد.

تلاقی دای آلل

به مجموعه‌ای از دورگ‌های حاصل از تلاقی n لاین در کلیه ترکیبات ممکن، تلاقی دای آلل گویند و تجزیه این تلاقی‌ها تجزیه دای آلل نامیده می‌شود. تجزیه دای آلل اطلاعاتی از جمله ماهیت و مقدار پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌های حاصل از آنها را ارائه می‌دهد. تجزیه دای آلل به دو روش اصلی هیمن و گریفینگ انجام می‌شود. نظریه دای آلل توسط Hayman و Jinks (۱۹۵۳)، Jinks (۱۹۵۴)، و Hayman (۱۹۵۴، ۱۹۵۸، ۱۹۵۷، الف)، با استفاده از مفاهیم اجزای تغییرات D و H که توسط Mater عنوان شده بود، تکوین یافت. در تجزیه گرافیکی و عددی تجزیه دای آلل دو مرحله تجزیه واریانس و برآورد اجزای واریانس وجود دارد. در تجزیه دای آلل به روش Griffing (۱۹۵۶)، با استفاده از مدل آماري مناسب اجزای واریانس ناشی از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برآورد و سپس این واریانس‌ها بر اساس فرض‌های خاصی به اجزای ژنتیکی مانند واریانس افزایشی و غالبیت تفسیر می‌شوند. در تجزیه دای آلل، سه گروه از مواد با نام‌های والدین، دورگ‌های F_1 و تلاقی‌های معکوس دخالت دارند و بر این اساس Griffing (۱۹۵۶)، چهار روش دای آلل را معرفی کرده است. Rawlings و Cockerham (۱۹۶۲ ب)، هیبریدهای مضاعف را به عنوان نتاج نسل اول حاصل از تلاقی دو هیبرید F_1 غیرخویشاوند تعریف کردند و آن‌ها را به صورت $(C \times D) \times (A \times B)$ نشان دادند که در آن A, B, C, D چهار والد و $(C \times D)$ و $(A \times B)$ دو هیبرید F_1 می‌باشند. تجزیه هیبریدهای مضاعف (تجزیه کوادری آلل) نیاز به دو فصل زراعی، کارگر بیشتر و تعداد تلاقی زیادتر در مقایسه با تجزیه دای آلل و تری آلل دارد. اما در مقایسه با دیگر طرح‌های آمیزشی مزایای بیشتری دارد. این روش برآوردهای بیشتری از اجزای برخوردار از ماهیت اپیستازی و نیز اطلاعاتی در باره اثرات ترتیب والدین در ترکیب‌های مضاعف فراهم می‌کند.

Marijanovic و همکاران (۲۰۰۷) پارامترهای ژنتیکی GCA و SCA پنج رقم کلزا و همچنین نحوه وراثت ارتفاع گیاه، ارتفاع تا اولین شاخه جانبی، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد دانه در بوته در مطالعه‌ای مورد بررسی قرار دادند. هتروزیس مثبت برای ارتفاع گیاه، ارتفاع تا اولین شاخه جانبی، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد دانه مشاهده کردند. Abdelsatar و همکاران (۲۰۲۰) برای تعیین هتروزیس و رفتار ژنتیکی صفات زراعی از شش ژنوتیپ کلزا با استفاده از طرح نیمه دای آلل استفاده کردند. والدین و تلاقی‌های آن‌ها را با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار دادند. انحراف از غالبیت برای اکثر صفات مورد مطالعه مشاهده کردند. GGE Biplot نشان داد که N.A.36, N.A.39, N.A.14 و N.A.39 بهترین ترکیبات کلی برای وزن دانه گیاه بود و همچنین N.A.36, N.A.38, N.A.39, N.A.14 و N.A.36 بهترین ترکیبات برای محتوی روغن دانه

کلزا بودند. در چهار تلاقی، تلاقی‌های برتر نسبت به والدین برای وزن بذر گیاه و محتوی روغن بذر مشاهده کردند. در مطالعه دیگری صفات مربوط به عملکرد، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در گیاه و وزن هزار دانه برای هیبریدهای سینگل کراس و تری‌وی کراس کلزا مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات با هتروزیس مثبت در این مطالعه مشاهده کردند. در بسیاری از هیبریدها برای صفات ارتفاع بوته، طول شاخه و تعداد دانه در شاخه، هتروزیس مثبت مستقل از مشاهدات و نوع هیبرید مشاهده گردید و صفات تعداد شاخه‌ها و وزن هزار دانه هیبریدها، هتروزیس معنی‌دار مثبت و منفی را نشان دادند (Joanna wolko et al., 2019).

Kapadia و همکاران (۲۰۱۹) برآورد هتروزیس برای صفات مرتبط با عملکرد دانه در بوته را در هیبریدهای سینگل کراس گیاه کلزا مورد بررسی قرار دادند. هیبرید $GDM-4 \times EC-766558$, $GDM-4 \times EC-766060$, $GDM-4 \times EC-766443$ برای بهره‌برداری تجاری مورد شناسایی قرار گرفت. بر این اساس هیبریدهای سینگل کراس $GDM-4 \times EC-766043$ و $GDM-4 \times EC-76643$ به ترتیب دارای بیشترین بازده عملکرد دانه در بوته بود.

تجزیه و تحلیل ژنتیکی برای عملکرد دانه و خصوصیات ذرت با استفاده از هیبریدهای سینگل کراس و تری‌وی کراس و دابل کراس انجام شده است. بهترین ترکیبات شناسایی و همچنین اثرات خاص مورد نظر به ترتیب از طریق آنالیز دای‌آل، تری‌آل، کوادری‌آل بدست آمد. در تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از ترکیب توانایی‌های اینبردها و سینگل کراس‌ها، تری‌وی کراس و دابل کراس‌ها بر اساس نتایج در سه مکان مختلف با آنالیز دای‌آل، پتانسیل بالای هیبرید تلاقی چندگانه گزارش گردید (Sumalini et al., 2016, 2018 & 2019).

Oluwaranti و همکاران (۲۰۱۸) انواع مختلف هیبرید ذرت را برای کیفیت دانه و صفات زراعی و تعیین ارتباط بین آن‌ها با استفاده از هیبرید سینگل کراس، تری‌وی و دابل کراس مورد ارزیابی قرار دادند. به ترتیب در هیبرید سینگل کراس بالاترین درصد جوانه‌زنی و کم‌ترین شاخص سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. در حالی که هیبرید دابل کراس ذرت، ارتفاع بلال بالاتری در مقایسه به هیبرید سینگل کراس و تری‌وی کراس داشت هیبرید سینگل کراس ذرت طول بلال بالاتری نسبت به تری‌وی و دابل کراس داشته است. در نتیجه در اوایل فصل رشد درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و کاهش شاخص سرعت جوانه‌زنی منجر به افزایش ارتفاع بلال می‌شود. در حالی که در اواخر فصل، وزن شاخه خشک کاهش یافت و وزن ریشه‌تر باعث افزایش تعداد بلال می‌شود. با توجه به برتری روش‌های گرافیکی از نظر تفسیر سریع‌تر و ساده‌تر اطلاعات ژنتیکی استفاده از این روش‌ها در تحقیقات برای دستیابی به اهداف ژنتیکی توصیه می‌شود. از طرفی گراف‌های ارائه شده ترکیب پذیری عمومی والدین و ترکیب پذیری خصوصی هیبریدها را همزمان بررسی می‌کنند که اعتبار آن را دو چندان می‌کند. ترکیب پذیری عمومی و خصوصی ژن‌ها، هتروزیس صفات، نحوه عمل ژن‌ها و سایر پارامترها و مولفه‌های ژنتیکی با تغییر شرایط محیطی تغییر کرده و به همین دلیل ارائه استراتژی‌های مناسب برای بهبود ژنتیکی هر یک از صفات در شرایط محیطی مختلف ضروری به نظر می‌رسد که خود تأییدی بر ضرورت انجام این گونه تحقیقات می‌باشد. وجود تنوع ژنتیکی شرط لازم و ضروری برای موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی می‌باشد بنابراین موسسات تحقیقات کشاورزی می‌توانند از نتایج و اطلاعات این تحقیق در انتخاب روش مناسب اصلاح و همچنین انتخاب والدین و دورگ‌های مطلوب در برنامه‌های اصلاحی استفاده کنند.

منابع:

1. Abdelsatar, M.A., Mourad, K.A. and Ibrahim, S.A., The Genetic System Controlling Agronomic Traits In Canola. Seed, 1(1). Aksel, R. and Johnson, L.P.V. 1963. Analysis of a diallel cross: A worked example. Advancing Frontiers Pl. Science, 2:37-53.
2. Arrutia, F., Binner, E., Williams, P. and Waldron, K.W., 2020. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science & Technology.
3. Basalma, D., 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) cultivars. Res. J. Agric. Biol. Sci, 4(2), 120-125.
4. Campbell, L., Rempel, C.B. and Wanasundara, J.P., 2016. Canola/rapeseed protein: Future opportunities and directions Workshop proceedings of IRC 2015.
5. FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
6. Friedt, W., Tu, J. and Fu, T., 2018. Academic and economic importance of *Brassica napus* rapeseed. In The *Brassica napus* genome (pp. 1-20). Springer, Cham.

7. Griffing, B. 1956a. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. J. Biot. Sci.* 9:463-493.
8. Hayman, B.I., 1954a. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39: 789-809.
9. Hayman, B.I., 1957. Interaction, heterosis and diallel crosses. *Genetics*, 42(3), p.336.
10. Hayman, B.I., 1958. The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. *Heredity*, 12:371-390.
11. Jinks, J.L. 1956. The F₂ and backcross generations from a set of diallel crosses. *Heredity*, 10:1-30.
12. Jinks, J.L. and Hayman, B.I. 1953. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Crop. Newsletter*, 27:48-54.
13. Jinks, J.L., 1954. The analysis of continuous variation in diallel crosses of *Nicotiana rustica* L. cultivars. *Genetics*, 39(6), 767-788.
14. Kapadia, V.N., 2020. Estimation of heterosis for yield related traits for single cross hybrids of Brassica species. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 1766-1773.
15. Khajali, F. and Slominski, B.A., 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry science*, 91(10), 2564-2575.
16. Marjanović-Jeromela, A., Marinković, R. and Miladinović, D., 2007. Combining abilities of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. *Genetika*, 39(1), 53-62.
17. Nath, N.C.D., Jung, I.S., Kim, S.W. and Lee, J.J., 2016. Optimization of hierarchical light-scattering layers in TiO₂ photoelectrodes of dye-sensitized solar cells. *Solar Energy*, 134, 399-405.
18. Oluwaranti, A., Badmus, O.T., Awoniyi, S.O., Akintola, A.M., Bankole, O.O. and Awosanmi, F.E., 2018. Comparative Analysis of Physiological Seed Quality and Field Performance of Single, Three-Way And Double-Cross Hybrids of Tropical Maize Germplasm. *Ife Journal of Agriculture*, 30(3), 83-98.
19. Przybylski, R., Mag, T., Eskin, N.A.M. and McDonald, B.E., 2005. Canola oil. *Bailey's industrial oil and fat products*. Rawlings, J.O. and Cockerham, C.C. 1962. Triallel analysis. *Crop Sci.*, 2:228-231.
20. Rawlings, J.O. and Cockerham, C.C, 1962b. Analysis of double cross hybrid populations. *Biometrics*, 18:229-244.
21. Sumalini K, Pradeep T, Sravani D, 2016. Combining ability analysis over environments in Diallel crosses of Maize (*Zea mays* L.). *MADRAS Agric J.*, 103:297-303.
22. Sumalini K, Pradeep T, Sravani D, 2019. Triallel analysis for grain yield and its components over pooled environments in Maize (*Zea mays* L.). *Maydica* 64:1-10.
23. Sumalini K, Pradeep T, Sravani D, Rajanikanth E, Narendar Reddy S, 2018. Gene action and order effects in double cross hybrids of Maize (*Zea mays* L.). for grain yield under diverse agroclimatic zones of Telangana. *The Bioscan* 13:761-768.
24. Wolko, J., Dobrzycka, A., Bocianowski, J. and Bartkowiak-Broda, I., 2019. Estimation of heterosis for yield-related traits for single cross and three-way cross hybrids of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Euphytica*, 215(10), 156.

جدول توصیه کودی برخی محصولات روغنی

مهری پرومند : کارشناس خاکشناسی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

منبع	محلولپاشی عناصر میکرو	روی	گوگرد	پتاسه	فسفره	نیتروژنه	نوع کود نوع محصول
فرجی و همکاران، ۱۳۹۵	در مراحل تشکیل ساقه‌های جانبی و غلاف دهی	۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی	۲۵۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پس از مخلوط با مایه تلقیح تیوباسیلوس قبل از کاشت	۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل	۳۰ کیلوگرم در هنگام در خاکهای سنگین و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در خاکهای سبک در صورت ضعیف بودن خاک قبل از کاشت	سویا
شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، ۱۳۵۵؛ غفاری و همکاران، ۱۳۹۹	کود کامل میکرو با غلظت ۳ در هزار در مرحله ۶-۴ برگی	محلول پاشی ۳ تا ۵ در هزار سولفات روی می‌تواند در دو مرحله ۶ تا ۷ برگی و دیگری قبل از غنچه دهی و مصرف خاکی قبل از کاشت ۲۰- ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی		۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در ۳ مرحله: قبل از کاشت، ۶ تا ۸ برگی و مرحله ستاره سو شدن (تشکیل غنچه)	آفتابگردان
فاضلی کاخکی، ۱۳۹۸؛ شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، ۱۳۹۹				۷۵-۵۰ کیلوگرم پتاسیم خالص (۱۵۰-۱۰۰ کیلو سولفات پتاسیم)	بسته به شرایط خاک و نوع محصول قبلی حدود ۱۰۰- ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص (۲۰۰-۱۰۰ کیلو سوپرفسفات تریپل)	۴۰-۶۵ کیلوگرم نیتروژن (۸۵-۱۴۰ کیلو اوره) در هر هکتار:	کتان

						یک سوم آن قبل از کشت و بقیه در دو الی سه نوبت بعد از کشت	
مدرس و همکاران، ۱۳۹۸؛ منصورى، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال	محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی	محلول پاشی در مرحله شروع گلدهی	100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به صورت پایه. در مرحله پرشدن کپسول ها نیز استفاده از پتاس مفید است	کیلوگرم ۲۰۰ تا ۱۵۰ آمونیوم به صورت فسفات پایه	۵۰-۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در هنگام کاشت و یک الی دو مرحله سرک: ۲۵-۵۰ کیلو اوره هنگامی که ارتفاع بوته به ۲۰ سانتی متر رسیده باشد و قبل از گلدهی	کنجد	
دستورالعمل فنی کشت دانه روغنی گلرنگ، ۹۵-۹۶؛ جباری و همکاران، ۱۳۹۸-۱۳۹۹؛ زراعت دانه روغنی گلرنگ، ۱۳۹۶			در صورت نیاز میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار	۵۰ کیلوگرم فسفراز منبع کودی سوپرفسفات تریپل یا فسفات آمونیوم	به طور کلی ازت خالص مورد نیاز گلرنگ به مقدار ۸۰ کیلوگرم است که از این مقدار ۵۰ کیلوگرم آن به عنوان کود پایه، ۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مرحله ساقه دهی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مرحله غنچه دهی مصرف شود.	گلرنگ	

منابع:

- (۱) دستورالعمل فنی کشت دانه روغنی گلرنگ، ۹۵-۹۶ اداره کل پنبه، دانه های روغنی و گیاهان صنعتی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر-بخش تحقیقات دانه های روغنی.
- (۲) دستورالعمل زراعت کتان. ۱۳۹۹. مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر، شرکت توسعه کشت دانه های روغنی
- (۳) زراعت آفتابگردان. ۱۳۵۵. شرکت توسعه کشت دانه های روغنی. ۹۹ صفحه.
- (۴) زراعت دانه روغنی گلرنگ، ۱۳۹۶. مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اصفهان اتحادیه شرکتهای تعاونی تولید روستایی استان اصفهان
- (۵) فاضلی کاخکی، ف.، مؤیدی، ع. ۱۳۹۸. زراعت گیاه کتان (راهنمای جامع مدیریت تولید). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- (۶) فرجی، ا.، ریسی، س.، کیانی، ع.، یونس آبادی، م.، صادق نژاد، ح.، کیا، ش.، باقری، م.، کاظمی طلاچی، م.، هزارجریبی، ا.، موسی خانی، ع.، سوخت سرایی، ن. ۱۳۹۵. تولید سویا در استان گلستان. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
- (۷) غفاری، م.، رحمانپور، س.، پورداد، س.، نورقلی پور، ف.، ایوانی، ا.، صفری، م. ۱۳۹۹. دستورالعمل فنی تولید آفتابگردان. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
- (۸) مدرس نجف آبادی، س.، گودرزی، آ.، باقری، ع.، عسکری سیاهوئی، م.، نظر نژاد، غ.، شوری، ن. ۱۳۹۸. دستورالعمل فنی مدیریت آفات، بیماری ها و علف های هرز کنگد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان

کشت تک گره جایگزین کشت بذر

Single node cultivation as an alternative for seed cultivation

علی محمد عزیزی: کارشناس به نژادی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

دیاد فلفل در ایران معمولاً از طریق کاشت بذرهای وارداتی از دیگر کشورها صورت می‌گیرد که این بذرها، با قیمت بالا وارد شده، ضمن تحمیل هزینه بر اقتصاد، کشور را با مشکلات و محدودیت‌های وارداتی نیز مواجه می‌کند. به همین جهت، استفاده از تکنیک‌های مختلف کشت بافت در جهت تکثیر فلفل و تولید گیاهانی با کیفیت بالا و عاری از عوامل بیماری‌زا می‌تواند گامی مهم در جهت رفع مشکلات موجود در مسیر تولید و تکثیر آن، کاهش هزینه‌های اولیه کشت و کار این گیاه، ترغیب تولیدکنندگان به سرمایه‌گذاری در این زمینه و در نهایت، ایجاد زمینه مناسب اشتغال کشاورزی گردد (اطرشی، ۱۳۸۹).

تاکنون پژوهشگران مختلفی در سطح دنیا تلاش کرده‌اند تا از طریق تکنیک‌های مختلف کشت بافت، روش مناسب و مقرون به صرفه‌ای برای ازدیاد فلفل دلمه‌ای پیدا کنند (Phillips, 1996; Hussain et al., 1999). استفاده از تکنیک کشت بافت از قسمت‌های مختلف گیاه، از جمله: جوانه‌های انتهایی، جوانه‌های جانبی، ساقه، هیپوکوتیل و کوتیلدون گزارش شده است ولی اکثر روش‌های ریزازدیادی فلفل (*C. baccatum*, *C. frutescens* and *C.*) وابسته به رقم بوده و در مورد برخی از ارقام دیگر کارایی چندانی نداشته است (Agrawal, et al 1989).

آماده سازی و کشت بذرها

در ابتدا به منظور ضدعفونی نمودن سطحی، بذور به مدت ۶۰ ثانیه در الکل (۹۶٪) غوطه‌ور گردیده، پس از سه بار شستشو با آب مقطر استریل، به مدت ۲۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم (۲۰٪) به همراه یک قطره تویین ۲۰٪ قرار گرفتند. در مرحله بعد بذرها سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. برای جوانه‌زنی، بذرها در یک ارلن حاوی ۵۰ میلی‌لیتر محیط پایه استریل کشت داده شده، در اتاق رشد تحت فتوپریود ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۲۴۰۰ لوکس و دمای ۲۴°C به مدت ۵ هفته نگهداری شدند.

کشت تک گره

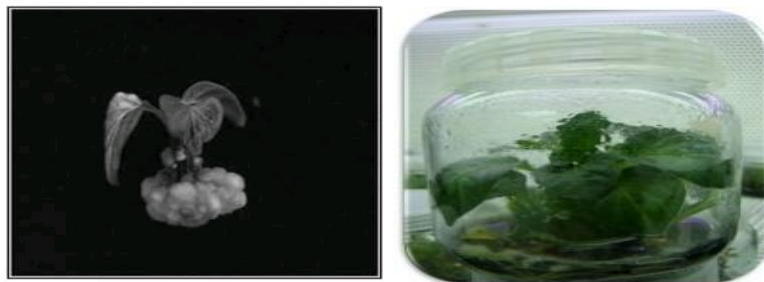
ظروف حاوی گیاهچه‌های ۴-۵ هفته‌ای (با اندازه تقریبی ۱/۵ - ۱ سانتی‌متر) حاصل از کشت بذرها در شرایط استریل از ارلن خارج و ساقه آنها را به شیوه‌ای برش داده شود که هر ریزنمونه حاصل دارای یک گره باشد. سپس هر ۵ ریزنمونه به صورت عمودی در ظروف کشت حاوی ۵۰ میلی‌لیتر از محیط پایه MS حاوی غلظت‌های متفاوت از تنظیم کننده‌های مختلف رشد گیاهی واکشت شدند.

محیط کشت باید دارای سه درصد ساکارز، ۶ گرم در لیتر آگار و ۴٪ زغال فعال باشد. pH محیط در ۵/۸ تنظیم شده، عمل سترون‌سازی آنها در اتوکلاو با فشار دو یک اتمسفر و دمای ۱۲۱°C برای مدت ۲۰ دقیقه انجام گردد. ریزنمونه‌های کشت شده در اتاق رشد با شرایط ذکر شده در بالا و به مدت ۴ هفته نگهداری شدند. پس از آن که گیاهچه‌ها به حد مطلوب رشد خود رسیدند، برای انجام دور بعدی کشت تک‌گره استفاده شدند و یا مقاوم‌سازی شده و به گلخانه انتقال داده شدند (شکل ۱).

سازگارسازی و انتقال به گلخانه

قبل از کشت گیاهچه‌های حاصل در شرایط گلخانه، عمل سازگاری آنها در فیتوترون صورت گرفت. برای این کار، تحت شرایط رطوبت نسبی ۷۵ درصد، دمای 25°C و شرایط نوری 3000 لوکس برای مدت ۲۰ روز نگهداری شدند. در مرحله بعد، گیاهچه‌های سازگار شده به گلخانه منتقل گردیده، تحت شرایط درجه حرارت شب ۱۲ درجه سانتی‌گراد، طول روز ۱۶ ساعت و طول شب ۸ ساعت قرار گرفتند.

این پروتکل قابل بهینه‌سازی برای انواع گیاهان از جمله سبزیجات می‌باشد. کاربرد این روش در مواقعی که از لحاظ اقتصادی قابل توجیه باشد بسیار سودمند می‌باشد. در ادامه مواردی از کاربرد آن در دیگر گیاهان را بررسی می‌کنیم.



شکل ۱- رشد مناسب ریزنمونه‌ی فلفل حاصل از کشت تک‌گره در محیط باززایی حاوی زغال فعال با ترکیب هورمونی BAP، ۳۰ روز پس از کشت

ریزنمونه‌های باززایی شده پس از ریشه‌زایی در محیط حاوی IBA، جهت مقاوم‌سازی به فیتوترون و سپس به محیط گلخانه منتقل شدند. حدود ۷۰-۹۰٪ از گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت در گلخانه ماندگاری خوبی نشان داده و رشد مطلوبی داشتند. گیاهان رشد یافته پس از طی مراحل رویشی گل داده و میوه نیز تولید نمودند. در مجموع، روش به‌کار گرفته شده در این تحقیق که از طریق کشت ساقه دارای تک‌گره از گیاهان حاصل از بذر یا حاصل از تک‌گره‌های با واکشت متوالی صورت گرفت، روش مناسبی جهت ریزازدیادی و کشت انبوه این رقم است (اطرشی، ۱۳۸۹).

کشت تک‌گره در گوجه فرنگی

گیاه گوجه فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Miller گیاهی علفی یک‌ساله متعلق به خانواده سیب زمینی می‌باشد که با میانگین تولید بیش از ۶٫۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۱ به عنوان یک گیاه مهم از نظر اقتصادی و بعد از گندم، دومین محصول کشاورزی ایران می‌باشد. این گیاه به صورت بسیار گسترده به عنوان سبزی تازه یا چاشنی و در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و صنعتی بکار می‌رود. رقم‌های مختلف گوجه فرنگی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد این گونه برای سایر فعالیت‌های دست‌ورزی ژنتیکی از جمله تولید واکسن خوراکی می‌باشد. علاوه بر این، از آنجا که روش تکثیر این گیاه از طریق بذر بوده و تکثیر گوجه فرنگی در ایران از طریق کاشت بذور وارداتی با قیمت بالا و محدودیت‌های متفاوت، صورت می‌گیرد؛ ضرورت استفاده از تکنیک کشت بافت به عنوان روشی سریع و زودبازده و غیر وابسته به ژنوتیپ، به منظور تولید و تکثیر این گیاه افزایش می‌یابد. در باززایی مستقیم ترکیبات هورمونی بدست آمده از سه نوع سایتوکینین BAP، Zea و Kin در ترکیب با دو نوع اکسین NAA و IAA و ریزنمونه‌های هیپوکوتیل، کوتیلدون و برگ استفاده شد. در مرحله ساقه‌دار کردن جوانه‌ها، ریزنمونه‌ها درون شیشه‌های مربایی حاوی ۳۰ میلی‌گرم محیط واکشت شدند. در خصوص بررسی تأثیر تیمارهای هورمونی بر ریشه‌زایی، ساقه‌های حاصل از باززایی، ساقه‌های بدون ریشه به محیط‌های حاوی تیمارهای ریشه‌زایی

حاوی غلظت‌های مختلف IAA و IBA انتقال پیدا کردند. نتایج نشان داد که سایتوکینین Kin و اکسین NAA هیچ‌گونه اثر مثبتی بر القای باززایی ندارند، در حالی که ترکیب سایتوکینین BAP با اکسین IAA تأثیر چشمگیری بر القای باززایی و مرحله طویل‌سازی ساقه‌ها دارند. سایتوکینین Zea نیز تأثیر مثبتی بر باززایی گذاشته است. از میان سه ریزنمونه، برگ بهترین ریزنمونه جهت القای باززایی می باشد. ساقه‌ها به هم‌هی تیمارهای ریشه زایی پاسخ مثبت دادند. گیاهچه‌های حاصل با موفقیت با شرایط محیطی سازگار شده و به گلخانه منتقل گردیدند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هم‌سو با نتایج دیگر محققان، برای تکثیر بهینه گیاه گوجه‌فرنگی، باززایی مستقیم متدی کارآمد و با سرعت عمل بالاتر و درجه اطمینان بالا می‌باشد (اطرشی، ۱۳۹۴).

کشت تک گره در گیاه گل مغربی

تعداد کم بذر، ریز بودن بذر، قوه نامیه پایین، خواب بالای بذر و پایین بودن درصد جوانه‌زنی بذر، از مشکلات اصلی تکثیر گل مغربی می‌باشد. لذا این پژوهش با هدف برر سی ریزازدیادی با استفاده از ریزنمونه قلمه گره و تغییر نوع و میزان هورمون گیاهی انجام شد. نتایج حاکی از آن است که گل مغربی صورتی دارای هورمونهای داخلی فراوان بوده و نیاز به غلظتهای کمی از هورمون به خصوص هورمونهای گروه سایتوکینین جهت ریزازدیادی دارد (صادقی، ۱۳۹۴).

نتیجه گیری

در ارقام و گونه‌های گیاهی که در آنها تکثیر از طریق بذر دشوار است، می توان از روش‌های مختلف کشت بافت برای ریزازدیادی آنها استفاده کرد. همچنین از این طریق می توان برای ثابت نگه‌داشتن هتروزیگوتی در وارپته‌های هیبرید استفاده کرد. با استفاده از روش کشت تک گره در صورت پاسخ دهی در گیاه مربوطه و مناسب بودن محیط کشت میتوان مشکل تفرق صفات که در نسل F1 به بعد، در ارقام هیبرید مواجه آن هستیم را رفع کنیم. استفاده از این روش به علت تولید گیاهچه‌های سالم و عاری از ویروس و کاهش تفرق در تعدادی از گیاهان زراعی اجرا شده است. مشکل عمده در این روش وجود هزینه‌های اولیه برای ساخت محیط و تجهیزات لازم می‌باشد.

منابع:

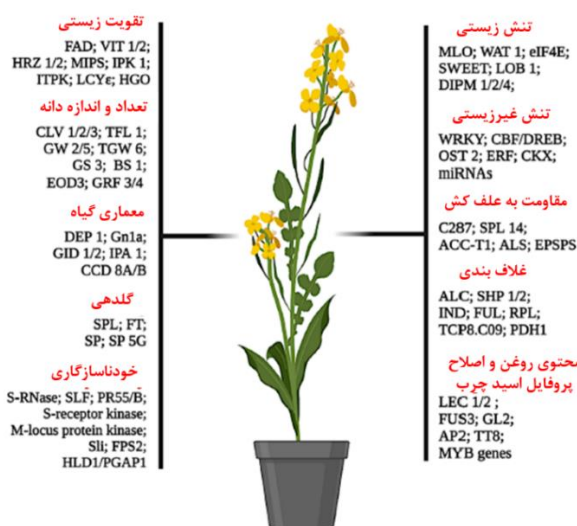
- ۱- اطرشی، م. نورمحمدی، ن. مرادی، ک. ۱۳۹۴. تهیهی پروتکل تولید انبوه گوجه فرنگی با استفاده از تکنیک کشت تک گره. کرج: پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران. شماره ثبت ۴۳۱۹۷
- ۲- اطرشی، م. مرادی، ک. خیام نکویی، م. ۱۳۸۹. ریزازدیادی گیاه فلفل دلمه‌ای در شرایط کشت درون شیشه‌ای. پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور (ABRIL)، اصفهان، ایران
- ۳- صادقی، ن. مرتضایی نژاد، ف. ۱۳۹۴. ریزازدیادی گیاه گل مغربی با استفاده از قلمه‌ی تک گره. کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در علوم کشاورزی و محیط زیست، ص ۱۰.

- 4- Agrawal, S., Chandra, N. and Kothari, S. L. (1989) Plant regeneration in tissue cultures of pepper (*Capsicum annum* L. cv. Mathania). *Plant Cell Tissue Organ Culture* 16: 47-55.
- 5- Phillips, G. C. Hubstenberger, J. F. 1985 Organogenesis in pepper tissue cultures. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 4: 261-269.
- 6- Hussain, S., Jain, A. Kothari, S. L. 1999 Phenylacetic acid improves bud elongation and in vitro plant regeneration efficiency in *Capsicum annum* L. *Plant Cell Reports* 19: 64- 68.

اصلاح ژنوم دانه‌های روغنی

Genome editing of oilseeds crops

سارا کبیرنتاج: کارشناس بیوتکنولوژی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی



افزایش محتوی روغن دانه و تغییر کیفیت آن

از آنجایی که دانه‌های روغنی عمدتاً به منظور روغن بذر کشت می‌شوند، هدف اصلی اصلاحی این محصولات افزایش تولید روغن در واحد سطح است. این امر عمدتاً با افزایش عملکرد دانه و همچنین میزان روغن حاصل می‌شود. با این حال، سنتز و تجمع روغن‌ها توسط شبکه‌های ژنی پیچیده کنترل می‌شود و تعامل دقیق بین این شبکه‌ها هنوز نامشخص است و نیاز به درک بیشتر دارد. با این وجود، اطلاعات قابل توجهی در مورد کنترل ژنتیکی تشکیل روغن در دانه و ژن‌های دخیل در این فرآیند وجود دارد. روغن‌ها اساساً به عنوان تری گلیسرول (TAG) ذخیره می‌شوند و ژن‌های کلیدی دخیل در تجمع روغن مانند ژن‌های مسیر آنزیمی Kennedy، سنتازهای اسید چرب، اولئوزین‌ها و همچنین فاکتورهای رونویسی مانند WRKY، LEC1، LEC2، و FUS3 با استفاده از رویکردهای مختلف از جمله ایجاد لاین‌های تراریخته که این ژن‌ها را بیش بیان یا خاموش می‌کنند، شناسایی و از لحاظ عملکردی اعتبارسنجی شده‌اند. تحقیقات نشان می‌دهد هنگامی که ژن‌هایی مانند PEPC1 و PEPEC2A که نقش منفی در بیوسنتز لیپید دارند خاموش شدند، محتوای روغن دانه پنبه به ترتیب ۷/۳ و ۱۶/۷ درصد افزایش یافت. این ژن‌ها می‌توانند اهداف ویرایش ژنوم جهت افزایش محتوای روغن باشند.

کیفیت روغن، که در درجه اول بر اساس مشخصات اسیدهای چرب و آنتی‌اکسیدانت‌های موجود در روغن تعیین می‌شود، نیز اهداف برنامه‌های اصلاح نژادی خاص هستند (Subedi et al. 2020a). گزارش‌هایی از توسعه چنین لاین‌هایی در محصولات دانه‌های روغنی از طریق رویکردهای مختلف از جمله ویرایش ژنوم وجود دارد. همچنین از مهندسی متابولیک ژن‌ها از سایر منابع گیاهی نیز برای تغییر محتوای روغن و مشخصات اسیدهای چرب در محصولات دانه‌های روغنی مانند براسیکا، گلرنگ، پنبه، بادام زمینی و کاملینا استفاده شده است.

افزایش مقاومت به تنش‌های زیستی

عوامل بیماری‌زا منجر به کاهش ۲۰ تا ۴۰ درصد از عملکرد گیاهان در سطح جهان می‌شوند. گیاهان دارای مجموعه‌ای از ژن‌ها به نام ژن‌های حساسیت (S-genes) هستند که آنها را برای حمله عامل بیماری‌زا مستعد می‌کند. در واقع محصولات ژن S برای استقرار اولیه، رشد و تکثیر پاتوژن‌های گیاهی ضروری هستند، از این رو، اختلال در این ژن‌ها می‌تواند سازگاری میزبان-

پاتوژن را از بین برده و گیاهان را در برابر عمل بیماری زا مقاوم کنند. این راهکار با استفاده از خاموشی یا حذف ژن نشان داده شده است، به عنوان مثال، حذف ژن مقاومت به قارچ پودری در گونه‌های گیاهی مانند گندم، انگور و گوجه فرنگی منجر به ایجاد مقاومت در این گیاهان شده است (Zaidi et al. 2018). به غیر از ژن‌های S، ژن‌های زیادی وجود دارند که می‌توانند برای مقاومت در برابر بیماری‌ها هدف قرار گیرند. با این حال، اثرات پلئوتروپیک و اینکه تا چه حد این ژن‌های S شناسایی شده در محصولات مدل از نظر عملکردی در سایر محصولات دانه‌های روغنی حفظ می‌شوند، سوالاتی بی‌پاسخ هستند و تنها پس از پرداختن به این مسائل می‌توان از آنها به عنوان اهدافی برای ویرایش ژنوم در محصولات دانه‌های روغنی استفاده کرد. بنابراین، این احتمال وجود دارد که هدف‌گیری با واسطه CRISPR/Cas برای همولوگ‌های ژن‌های S منجر به ایجاد مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا در محصولات دانه‌های روغنی شود (Ali et al. 2022). تاکنون پنبه و ذرت مقاوم به آفات به صورت تجاری معرفی شده اند.

افزایش مقاومت به تنش‌های غیرزیستی

تلاش‌های زیادی برای ویرایش ژن‌های آبشاری سیگنالینگ برای پاسخ به تنش غیرزیستی در محصولات مدل انجام شده است. برای مثال ویرایش ژن کدکننده Open Stomata 2، یک پمپ پروتون در *Arabidopsis* باعث افزایش تحمل به خشکی شد (Joshi et al. 2020). همچنین دستکاری سطح سیتوکینین با خاموش‌سازی ژن cytokinin oxidase/dehydrogenase (CKX) در ریشه بسیاری از گیاهان زراعی منجر به افزایش مقاومت به خشکی شد (Zalabak et al. 2013). چندین توالی تنظیمی سیس به عنوان تنظیم کننده‌های منفی تحمل استرس غیرزیستی عمل می‌کنند. فاکتورهای رونویسی (TFs) مانند WRKY (GhWRKY17، GmWRKY13، و ZmWRKY17)، فاکتور پاسخگو اتیلن (ERF) و CBF/DREB، به این توالی‌ها متصل می‌شوند و تحمل استرس غیرزیستی را تنظیم می‌کنند. حضور این چنین توالی‌ها در براسیکا، پنبه و بادام زمینی نیز مشخص شده است و بنابراین پتانسیل ایجاد مقاومت در گیاهان مذکور را دارند. تا کنون از میان دانه‌های روغنی، ذرت و سویا مقاوم به تنش‌های غیر زیستی، تجاری سازی و معرفی شده‌اند.

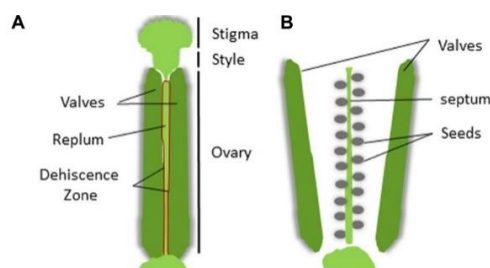
ایجاد مقاومت به علفکش

از آنجاییکه کنترل دستی علف‌های هرز هزینه بر و زمان بر است کاربرد علف‌کش در صورت وجود ژنوتیپ‌های متحمل به علف‌کش در دانه‌های روغنی، جایگزین مناسبی است. از آنجایی که بیشتر علف‌کش‌ها آنزیم‌های خاص درگیر در مسیرهای متابولیسم اسیدهای آمینه را مهار می‌کنند، اگر آنزیم‌های هدف به گونه‌ای اصلاح شوند که علف‌کش‌ها بر روی آنها اثر نگذارند، گیاهان به علف‌کش‌ها متحمل می‌شوند. تاکنون موتانت‌های متعددی از آنزیم‌های هدف در محصولات مختلف گزارش شده‌اند و با استفاده از آن‌ها به عنوان ژن‌هایی که تحمل علف‌کش را ایجاد می‌کنند، مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. سیستم CRISPR/Cas9 با ویرایش ژن‌های کلیدی مانند 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) (ALS) با موفقیت برای معرفی تحمل علف‌کش در محصولات مدل مانند برنج، گندم، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، براسیکا و هندوانه استفاده شده است. تا کنون دانه‌های روغنی کلزا، پنبه، کتان، ذرت و سویا برای این صفت تجاری سازی شده‌اند (Isaaa.org).

به حداقل رساندن آسیب شکستن غلاف

شکستگی غلاف باعث کاهش عملکرد قبل و حین برداشت در محصولات دانه‌های روغنی مانند سویا، کنجد و کلزا می‌شود بنابراین به حداقل رساندن تلفات خرد شدن غلاف یک هدف مهم در اصلاح محصولات دانه‌های روغنی است. شبکه ژنتیکی که در ناحیه dehiscence غلاف بیان می‌شود در *Arabidopsis* به خوبی شناسایی شده است (شکل ۲). فاکتورهای رونویسی Shatterproof 1 (shp1) و Shatterproof 2 (shp2) فاکتورهای رونویسی پایین دستی یعنی Indehiscent (Ind) و Alcatraz (ALC) در ناحیه dehiscence را کنترل می‌کنند. مطالعات نشان داد جهش در ژن‌های shp1، shp2 و Ind منجر به تولید غلاف کاملاً ناشکوفاً در آرابیدوپسیس شد (Liljgren et al. 2000). همچنین ویرایش

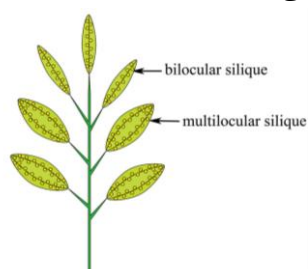
ALC منجر به ایجاد مقاومت بیشتر در ریزش دانه کلزا شد (Braatz et al. 2017). به طور کلی، بهینه سازی همولوگ هر یک از ژن‌هایی که با شکستن غلاف در سایر محصولات مرتبط است، می‌تواند شکستگی غلاف در محصولات دانه‌های روغنی را به حداقل برساند (شکل ۱).



ناحیه dehiscence در شکل A به رنگ قرمز نشان داده شده است (Dadrik and Callahan, 2014)

تنظیم ژن‌های مربوط به اندازه و تعداد دانه

دستکاری صفاتی مانند انشعاب گل آذین، ساختار غلاف، اندازه و تعداد دانه‌های تولید شده توسط گیاه تاثیر زیادی بر روی مقدار بذر تولیدی در دانه‌های روغنی خواهد داشت. برای مثال فنوتیپ غلاف چند حفره ای با ویرایش دقیق همولوگ‌های ژن‌های مرتبط با رشد CLV 1/2/3 در کلزا حاصل شده است (شکل ۳) (Yang et al. 2018). به طور مشابه، ویرایش ژن BnnEOD3 منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف کلزا شد (Khan et al. 2020). حذف ژن Big seeds 1 (BS1)، یک تنظیم کننده منفی اندازه اندام های گیاهی به طور محسوسی اندازه دانه در گیاهان لگومیناسه مانند سویا را افزایش داده است (Ge et al. 2016). بنابراین، اگر همولوگ ژن‌های کنترل کننده منفی اندازه دانه مختل شود، زمینه زیادی برای افزایش اندازه بذور دانه‌های روغنی، به ویژه در محصولاتی مانند کنجد و خردل وجود دارد.



غلاف چند حفره ایی (Chow et al, 2023)

اصلاح ژن‌های مربوط به معماری گیاهی

اصل موفقیت انقلاب سبز، معماری گیاهی بوده است چرا که ساختار محصولات زراعی بر بسیاری از صفات مهم کشاورزی به ویژه عملکرد تاثیر می‌گذارد. موضوع اصلی در چنین دستکاری‌هایی تغییر معماری گیاه با افزایش یا کاهش تعداد شاخه‌ها، تغییر ارتفاع، انواع شاخه‌دار پایینی یا بالایی، کاهش دوره رشدی و غیره است. برای مثال در کرچک، نیاز به توسعه معماری گیاهی مناسب برای برداشت مکانیکی وجود دارد. در سایر محصولات زراعی مانند کنجد، عدم وجود انواع شاخه دار با ساقه مستقیم به منظور کاشت با تراکم بالا الزامی است. ژن‌هایی در گیاهان گزارش شده است که معماری گیاه را تغییر می‌دهند. هورمون گیاهی جیبرلیک اسید (GA) نقش حیاتی در رشد و نمو دارد. GA بر تجزیه پروتئین DELLA تاثیر می‌گذارد که به نوبه خود توسط دو پروتئین، یعنی گیرنده جیبرلین GID 1 (Gibberellin Insensitive Dwarf 1) و پروتئین F-box GID 2 (Gibberellin Insensitive Dwarf 2) تنظیم می‌شود. از دست دادن عملکرد GID 1 و GID 2 در گیاه برنج تعداد بیشتری از شاخه‌ها و برگ‌ها را ایجاد کرده است (Wu et al. 2020). در یک مطالعه جالب در گیاه کرچک، ژن کاندید درگیر

در کوتولگی شناسایی شده است (Wang et al. 2021). هر یک از این ژن‌های هدف را می‌توان برای اصلاح معماری گیاه از طریق ویرایش ژنوم استفاده کرد.

عادات گلدهی

مدت زمان گلدهی و همچنین عادات گلدهی محدود و نامحدود در گیاهان زراعی بسیار حیاتی هستند چراکه آنها را قادر می‌سازد تا در فصل‌ها و سیستم‌های مختلف زراعی قابل کشت باشند. در بررسی القای گلدهی زودرس، ویرایش دو ژن *Self-Pruning* (SP) و *Self-Pruning 5G (SP 5G)* که به عنوان مهارکننده گل عمل می‌کنند، منجر به ایجاد ژنوتیپ‌های زودرس در گوجه فرنگی شد (Soyk et al. 2017). جالب توجه است که در جهش‌یافته‌های دوتایی *GmFT2a/GmFT5a* گیاه سویا، همولوگ‌های *Flowering Locus T (FT)* و فاکتور رونویسی *Squamosa Promoter Binding Protein-like (SPL)*، تولید تعداد بذری بیشتری (۲۵۰٪) در مقایسه با نوع وحشی در شرایط روز کوتاه نشان دادند. اما بررسی مشابه در *B. napus* و *B. juncea* نتایج متفاوتی را نشان دادند بود. بنابراین، ارزیابی تجربی دقیق ژن‌های هدف در سیستم‌های مختلف بسیار مهم است.

تقویت زیستی

غنی‌سازی محصولات غذایی به کمک افزایش فراهمی زیستی به روشی بسیار موثر می‌تواند منجر به بهبود سوء تغذیه جمعیت انسانی شوند. تقویت زیستی محصولات تجاری از طریق اصلاح نژاد، بیوتکنولوژی و شیوه‌های کشاورزی مورد توجه قرار می‌گیرند. تقویت زیستی محصولات به کمک انتقال ژن به منظور اصلاح میزان ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب ضروری و اسیدهای آمینه، آنتی‌اکسیدانت‌ها و نشاسته انجام گرفته است. در روش‌های بیوتکنولوژیکی ژن‌های (های) دخیل در افزایش مقدار مواد مغذی یا فراهمی زیستی آنها، مورد دستکاری ژنتیکی قرار گرفته است. ژن *Fatty Acid Desaturase (FAD)* آنزیمی را رمزگذاری می‌کند که اسید اولئیک با ارزش بالا را به اسید لینولئیک محصول کم ارزش تبدیل می‌کند. محققان از این ژن در گیاه کاملینا، بادام زمینی، سویا، پنبه، برنج و براسیکا برای تولید محصولات تجاری با اسید اولئیک بالا بهره‌برداری کرده‌اند (Chen et al. 2021; Siddique 2022). همچنین محققین با جهش در ژن *homogentisate dioxygenase* (HGO) موفق به افزایش میزان ویتامین E در گیاه سویا شده‌اند (Stacey et al. 2016). اینوزیتول-۳-فسفات سنتاز (MIPS)، اینوزیتول-۱،۳،۴،۵،۶-پنتاکیس فسفات ۲-کیناز (IPK) و اینوزیتول تری فسفات کیناز (ITPK) منجر به افزایش ریزمغذی‌هایی مانند روی، کلسیم، فسفات و منیزیم در سویا شدند (Jianing et al. 2022; Siddique 2022). با شناسایی ژن‌های موثر در تقویت زیستی دانه‌های روغنی، راه‌های متعددی جهت ویرایش ژنوم و بهبود ارزش غذایی این محصولات وجود خواهد داشت.

خود ناسازگاری

گرده افشانی و لقاح منجر به تولید بذری می‌شود که بخش اقتصادی‌های روغنی را تشکیل می‌دهد. خود ناسازگاری (SI) ایجاد لاین‌های اینبرد را مختل می‌کند بنابراین شکستن خودناسازگاری یک هدف اصلاحی در محصولات دانه‌های روغنی مانند نیجر و براسیکا محسوب می‌شود. خودسازگاری (SC) با ویرایش برخی از ژن‌های حیاتی مانند *S-RNase*، پروتئین *F-box (SLF)*، *PR55/B*، گیرنده S کیناز و *M-locus* پروتئین کیناز در سیب زمینی، کلم و کلزا به خوبی حاصل شده‌است (Shin et al. 2022). دانش کنونی ویرایش ژن، امکان غلبه بر *SI/SC* در محصولات دانه‌های روغنی برای ایجاد نژادهای جدید را افزایش داده‌اند.

اهلی کردن گیاهان وحشی دانه‌های روغنی

خویشاوندان وحشی گیاهان زراعی گنجینه‌ای از بسیاری از صفات مهم زراعی را تشکیل می‌دهند، اما به دلیل وجود چند ویژگی نامطلوب از جمله طبیعت وحشی و علفی، شاخص برداشت کمتر و غیره برای کشت انبوه مناسب نیستند. جهت مناسب سازی

این ارقام برای کشت گسترده، دانشمندان شروع به اصلاح صفات و اهلی سازی آنها با استفاده از ابزارهای ویرایش ژنومی کرده اند که منجر به توسعه واریانت‌ها یا ژنوتیپ‌های جدیدی می‌شود که دارای ویژگی‌های زراعی مطلوب و موردنیاز در مقایسه با انواع وحشی هستند. اهلی سازی گوجه‌فرنگی وحشی روز خنثی با ویرایش ژن SELF-PRUNING 5G (SP5G) منجر به ایجاد عادت رشد و گل‌دهی سریع شد (Soyk et al. 2017). اهلی شدن دانه‌های روغنی مانند بادام زمینی، آفتابگردان و گلرنگ ممکن است با جهش در ژن SP5G در خویشاوندان وحشی این گیاهان انجام شود. برای ایجاد ارقام تازه اهلی‌شده، ممکن است بتوان ژن‌هایی را هدف قرار داد که به بقا، گسترش و ویژگی‌هایی مانند خرد شدن غلاف، معماری گیاه، اندازه و تعداد دانه، گلدهی و دوره نوری مرتبط هستند.

1. CLAVATA1 mutation causes multilocularity in , Plant Direct, 10.1002/pld3.476, 7, 1. Qurban, A., Q., Chenjie, Y., Amjad, H., Mohsin, Ali., Sunny, Ahmar., Muhammad Aamir, Sohail., Muhammad, R., Muhammad Furqan, A., Dyaaaldin, A., Xiukang, W., Muhammad, Imran., Hakim, M., Lei, Z. 2022. Genome engineering technology for durable disease resistance: recent progress and future outlooks for sustainable agriculture. Front Plant Sci. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.860281>
2. Braatz, J., Harloff, H., Mascher, M., Stein, N., Himmelbach, A., Jung, C. 2017. CRISPR-Cas9 Targeted Mutagenesis Leads to Simultaneous Modification of Different Homoeologous Gene Copies in Polyploid Oilseed Rape (*Brassica napus*), *Plant Physiology*, Volume 174, Issue 2, June 2017, Pages 935–942, <https://doi.org/10.1104/pp.17.00426>
3. Yizhen, C., Mingchuan, F., Hao, L., Ligu, W., Renzhong, L., Zhanji, L., Xianlong, Z., Shuangxia, J. 2012. High-oleic acid content, nontransgenic allotetraploid cotton (*Gossypium hirsutum* L.) generated by knockout of GhFAD2 genes with CRISPR/Cas9 system. *Plant Biotechnol J* 19:424–426. <https://doi.org/10.1111/pbi.13507>
4. Dardick, C., Callahan, A.M. 2014. Evolution of the fruit endocarp: molecular mechanisms underlying adaptations in seed protection and dispersal strategies. *Frontiers in Plant Science*. 5. DOI=10.3389/fpls.2014.00284
5. Liangfa, G., Jianbin, Y., Hongliang, W., Rujin, C. 2016. Increasing seed size and quality by manipulating BIG SEEDS1 in legume species. *Proc Natl Acad Sci* 113:12414–12419. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611763113>
6. Hiu, TC., Timmy, K., Rebecca, A. 2023. Mosher, A novel
7. Wenzhi, J., Huanbin, Z., Honghao, B., Michael, F., Bing, Y., Donald, P.W. 2022. CRISPR/Cas9 applications for improvement of soybeans, current scenarios, and future perspectives. *Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca* 50:12678. <https://doi.org/10.15835/nbha50212678>
8. Joshi, R.K., Bharat, S.S., Mishra, R. 2020. Engineering drought tolerance in plants through CRISPR/Cas genome editing. *3 Biotech* 10:400. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02390-3>
9. Muhammad, H.U.K., Limin, H., Miaoshan, Z., Yungu, Z., Shahid, U.K., Sunny, A., Olalekan, A., Kungpeng, Z., Chuchuan, F., Yongming, Z. 2020. Targeted mutagenesis of EOD3 gene in *Brassica napus* L. regulates seed production. *J Cell Physiol* 236:1996–2007. <https://doi.org/10.1002/jcp.29986>
10. Liljgren, S.J., Ditta G.S., Eshed, Y., Savidge, Beth., Bowman J.L., Y, Martin. 2000. SHATTERPROOF MADS-box genes control seed dispersal in *Arabidopsis*. *Nature* 404:766–770. <https://doi.org/10.1038/35008089>
11. Shin, N.R., Shin, Y.H., Kim, H.S., Park, Y.D. 2022. Function analysis of the PR55/B gene related to self-incompatibility in Chinese cabbage using CRISPR/Cas9. *Int J Mol Sci* 23:5062. <https://doi.org/10.3390/ijms23095062>
12. Siddique, S. 2022. Role of CRISPR/Cas9 in soybean (*Glycine max* L) quality improvement. In: *Soybean - recent advances in research and applications*. IntechOpen
13. Sebastian, S., Niels, A.M., Soon, J.P., Inga, S., Ke, J., Ryosuke, H., Lei, Z., Joyce, V.E., José, M.J., Zachary, B.L. 2017. Variation in the flowering gene SELF PRUNING 5G promotes day-neutrality and early yield in tomato. *Nat Genet* 49:162–168. <https://doi.org/10.1038/ng.3733>
14. Minviluz, G.S., Rebecca, E.C., Hanh, T.N., Yaya, C., Shirley, S., Cuong, T.N., Nongnat, P., Kerry, M.C., Yan, L., Joe, F., Josef, B., Phat, T.D., David, A.S., Thomas, E.C., Edgar, B.C., Gary, S. 2016. Identification of homogentisate dioxygenase as a target for vitamin E biofortification in oilseeds. *Plant Physiol* 172:1506–1518. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00941>
15. Udaya, S., Kethmi, N.J., Xue, P., Jocelyn, O., Guanqun, C., Nora, A.F., Stacy, D.S. 2020. The potential of genome editing for improving seed oil content and fatty acid composition in oilseed crops. *Lipids Lipd*. <https://doi.org/10.1002/lipd.12249>
16. Zaiqing, W., Anmin, Y.u., Fei, L., Wei, X., Bing, H., Xiaomao, C., Aizhong, L. 2021. Bulk segregant analysis reveals candidate genes responsible for dwarf formation in woody oilseed crop castor bean. *Sci Rep* 11:6277. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85644-1>
17. Minshu, Y., Xiaozhen, Z., Haoran, S., Jingrong, S., Chen, L., Yufang, S., Shiqing, L. 2020. Enhanced sustainable green revolution yield via nitrogen-responsive chromatin modulation in rice. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aaz2046>

18. Yang, Y., Zhu, K., Li, H., Han, S., Meng, Q., Khan, S.U., Fan, C., Xie, K., Zhou, Y. (2018) Precise editing of CLAVATA genes in *Brassica napus* L. regulates multilocular silique development. *Plant Biotechnol J* 16:1322–1335. <https://doi.org/10.1111/pbi.12872>
19. Zaidi, S.S.A., Mukhtar, M.S., Mansoor, S. 2018. Genome editing: targeting susceptibility genes for plant disease resistance. *Trends Biotechnol* 36:898–906. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.04.005>
20. David, Z., Hana, P., Mária, Š., Katarína, M., Ivo, F., Petr, Ga. 2013. Genetic engineering of cytokinin metabolism: prospective way to improve agricultural traits of crop plants. *Biotechnol Adv* 31:97–117. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.12.003>

تأثیر فاصله ردیف‌ها و دوره رقابت علف‌های هرز بر رشد و عملکرد کلزا (مروری)

Impact of Row Spacing and Weed Competition Period on Growth and Yield of Rapeseed; A Review

صلاح معتمدی: کارشناس به زراعی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

دانه های روغنی برای غذای انسان بسیار مهم بوده و علف‌های هرز مهمترین مسئله تولید محصولات کشاورزی هستند. بهترین راه برای افزایش تولید دانه‌های روغنی، اتخاذ مدیریت بهتر علف‌های هرز در محصولات زراعی و تغذیه محصول است. تولید دانه‌های روغنی به همان میزانی که در زراعت غلات اتفاق افتاده، افزایش نیافته است. کلزا به دلیل داشتن مقدار مناسب و بالای روغن، در میان دانه‌های روغنی محصول ارزشمندی است اما با مشکلات و رقابت شدید علف‌های هرز برای مواد مغذی و رطوبت مواجه است که در نتیجه این رقابت، عملکرد بالقوه خود را از دست می‌دهد. مدیریت زراعی از قبیل رعایت فاصله کاشت و مدیریت به موقع علف‌های هرز می‌تواند تا حد زیادی مانع از کاهش عملکرد چشمگیر در کلزا شود. در این مقاله به بررسی تأثیر فاصله ردیف و دوره رقابت علف‌های هرز بر رشد و عملکرد کلزا و همچنین ارزیابی بهترین فاصله ردیف کاشت و استراتژی‌های مدیریت برای کنترل علف‌های هرز و افزایش تولید پرداخته شده است.

کلزا حدود ۴۰ تا ۴۶ درصد روغن دارد و علاوه بر این کنگاله آن جهت مصرف دام دارای ۳۸ تا ۴۰ درصد پروتئین می‌باشد. این دانه روغنی دارای مقدار زیادی از اسیدهای آمینه همراه لیزین، متیونین و سیستئین است (Amjad, 2014). بنابراین، نیاز شدیدی به تمرکز بر تولید بیشتر این محصول روغنی به منظور حفظ ارزش و تأمین نیازهای روغن وجود دارد. یکی از مهمترین محدودیت برای افزایش بهره‌وری دانه‌های روغنی، شیوه‌های نامناسب کنترل علف‌های هرز است. بهترین راه برای افزایش تولید کلزا، اتخاذ مدیریت بهتر علف‌های هرز در محصولات زراعی و تغذیه محصول است (Singh and Verma, 1993). کلزا با مشکلات و رقابت شدید علف‌های هرز برای جذب مواد مغذی و رطوبت مواجه است که در نتیجه این رقابت، حدود ۲۰ تا ۶۰ درصد از عملکرد بالقوه آن از بین می‌رود. (Singh, 1992). تداخل علف‌های هرز و رقابت آنها با گیاه هدف یکی از عوامل کلیدی بوده که با هم بر عملکرد و کیفیت محصولات تأثیر می‌گذارد (Hager et al., 2002). علاوه بر این، مدت زمان رقابت علف‌های هرز نیز عامل اصلی تأثیرگذار بر کیفیت تولید محصول است (Asif et al., 2020). تراکم بذر، جهت ردیف و فاصله ردیف‌ها از اهمیت زیادی در میان عملیات زراعی، پویایی و تداخل در تأثیرگذاری بر علف‌های هرز برخوردار است (Matloob et al., 2015).

۱. تأثیر فاصله ردیف بر رشد و عملکرد کلزا

فاصله ردیف مناسب برای کشت محصول، یکی از عوامل مهم کشاورزی بوده و تأثیرات زیادی بر عملکرد و اجزای مختلف آن دارد. (Diepenbrock, 2000). بسیاری از دانشمندان گزارش کردند که فاصله ردیف‌های کمتر منجر به حداکثر عملکرد دانه نسبت به فاصله ردیف بیشتر می‌شود. گیاهانی که در ردیف‌های وسیع‌تر رشد می‌کنند ممکن است به طور مؤثر از عوامل رشد طبیعی مانند نور، آب و مواد مغذی استفاده نکنند، با این حال، کاشت محصول در ردیف‌های با فاصله بسیار کمتر ممکن است منجر به رقابت شدید بین ردیف‌ها و در روی ردیف‌ها شود. بنابراین، استفاده مناسب از فاصله ردیف‌های کشت به منظور افزایش بهره‌وری گیاه و استفاده بهینه از منابع طبیعی بسیار ضروری است. جمعیت گیاهی از جمله فاکتورهای کلیدی است که میزان تشعشع جذب شده به هر گیاه را نشان می‌دهد. در خردل، فاصله ردیف‌ها به طور قابل توجهی در سراسر جهان بسته به رقم، سیستم تولید و شرایط محیطی حاکم بر یک منطقه خاص، متفاوت است. حفظ فاصله ردیف مناسب یک عامل حیاتی برای بهبود رشد محصول و زمان ضروری برای بسته شدن تاج پوشش، همراه با بالاترین زیست توده و عملکرد دانه است (Svecnjak

(Haddadchi and Gerivani, 2009; *et al.*, 2006). در محصول کلزا، فاصله ردیف‌های باریک (کمتر) یا جمعیت بیشتر گیاه نیز برای تنظیم رشد گونه‌های علف‌های هرز تعیین کننده می‌باشد (O'Donovan, 1994). موریسون و همکاران (۱۹۹۰) ثابت کردند که ارتفاع بوته با افزایش فاصله ردیف در کلزا افزایش می‌یابد. یزدی و همکاران (۲۰۰۷) یک آزمایش مزرعه‌ای را برای بررسی تأثیر فاصله ردیف (۱۲ سانتی متر، ۱۸ سانتی متر، ۲۴ سانتی متر) بر عملکرد کلزا (*Brassica napus*) اجرا کردند. آنها حداکثر عملکرد دانه (۳۳۰۹,۴۴ کیلوگرم در هکتار) را در فاصله ردیف باریک ۱۲ سانتی متر ثبت کردند. شاهین و ولی‌الله (۲۰۰۹) به منظور بررسی تأثیر فاصله ردیف‌های مختلف (۱۲ سانتی متر، ۱۸ سانتی متر، ۲۴ سانتی متر) بر رشد و عملکرد (*Brassica napus*) در ایران، تحقیقات میدانی انجام دادند. آنها دریافتند که عملکرد دانه بالاتر (۳۵۲۰ کیلوگرم در هکتار) در فاصله ردیف‌های باریک ۱۲ سانتی متر بود در حالی که حداکثر ارتفاع بوته (۱۲۱,۷ سانتی متر) در فاصله ردیف‌های بیشتر (۲۴ سانتی متر) ثبت شد. به طور کلی و با توجه به تحقیقات انجام شده بر روی تأثیر فاصله ردیف بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر چه فاصله بین ردیف‌ها در کاشت این گیاه کمتر باشد می‌تواند منجر به افزایش عملکرد شود.

۲. تأثیر دوره رقابت علف‌های هرز بر رشد و عملکرد کلزا

دوره تداخل علف‌های هرز با محصول کلزا یکی از عوامل حیاتی بوده که میزان کاهش عملکرد را تعیین می‌کند. تداخل علف‌های هرز با محصولات در دوره‌های مختلف رشد مشابه نیست. بنابراین، توانایی رقابت علف‌های هرز در چرخه زندگی متفاوت است. کاهش مداخله علف‌های هرز و افزایش فواصل بدون علف‌های هرز منجر به عملکرد و اجزای عملکرد بالاتر می‌شود (Singh *et al.*, 1993). به خوبی مشخص است که با افزایش مدت زمان رقابت، عملکرد محصولات مختلف کاهش می‌یابد و بالعکس. علف‌های هرز باعث کاهش قابل توجه عملکرد از ۱۵ تا ۳۰ درصد تا یک فاجعه کامل در عملکرد خردل تحت رقابت شدید می‌شوند. دوره بحرانی برای رقابت علف‌های هرز ۱۵ تا ۴۰ روز پس از کاشت در خردل است (Singh, 1992).

Mekki و همکاران (۲۰۱۰) یک آزمایش مزرعه‌ای را بر روی برخی از تکنیک‌های کنترل علف‌های هرز در کلزا در خاک‌های شنی تازه احیا شده در کشور مصر انجام دادند. آنها وزن خشک علف‌های هرز را ۶۴,۶۰ گرم در متر مربع در شرایط وجود علف‌های هرز در کرت در طول فصل رشد ثبت کردند و با انجام دو سری وجین در دوره رشد ۲۱ و ۳۵ روزه، وزن خشک علف‌های هرز ۳۶,۶۵ گرم در متر مربع در زمان ۶۰ روز از دوره رشدی کلزا بود.

Akhter و همکاران (۲۰۱۶) یک آزمایش مزرعه‌ای را برای بررسی استراتژی‌های مختلف کنترل علف‌های هرز را که بر رشد و عملکرد شلغم روغنی (*Brassica campestris*) در بنگلادش تأثیر می‌گذارد، برنامه‌ریزی و انجام دادند. بر اساس نتایج این آزمایش، آنها حداکثر ارتفاع بوته را ۱۰۱,۹۴ سانتی متر در دو سری وجین و کمترین آن را ۹۶,۹۲ سانتی متر در شرایط وجود علف‌های هرز در طول فصل رشد گزارش کردند که نشان دهنده تأثیر منفی علف‌های هرز بر روی رشد رویشی بوته‌های مورد بررسی بود. همچنین بیشترین میزان شاخه‌دهی در بوته در شرایط انجام دو سری وجین و کمترین آنها نیز در شرایط عدم وجین و وجود علف‌های هرز مشاهده شد.

نتیجه

از بررسی فوق می‌توان نتیجه گرفت که در محصول کلزا، فاصله ردیف‌های کمتر یا جمعیت بیشتر گیاهان، مفیدترین راه برای تنظیم رشد گونه‌های علف هرز است. دوره بحرانی برای رقابت علف‌های هرز ۱۵ تا ۴۰ روز پس از کاشت در خردل است. و همچنین، در شرایط بدون علف‌های هرز در فصل رشد، ۳۹,۹ درصد تولید بذر بیشتر در گونه خردل هندی (*Brassica juncea*) انجام می‌شود.

1. Amjad, M. (2014). Oil seed crops of Pakistan. Pakistan Agricultural Research Council Islamabad, (PARC). 1-59.
2. Siag, R. K., Kumar, S., Verma, B. L., and Singh, V. (1993). Effect of irrigation schedule on yield, water use and oil content of toria (*Brassica napus var napus*). Indian J. Agron. 38(1), 42-44.
3. Singh, S. S., (1992). Effect of fertilizer application and weed control on the yield of mustard (*Brassica juncea*). Indian J. Agron. 37, 196–198.
4. Hager, G. A., Wax, M. L., and Bollero, A. G. (2002). Common water hemp (*Amaranthus rudis*) interference in soybean. Weed Sci. 50, 607-610. [https://doi.org/10.1614/00431745\(2002\)050\[0607:CWARII\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/00431745(2002)050[0607:CWARII]2.0.CO;2).
5. Asif, M., Aziz, A., Nadeem, M. A., Safdar, M. E., Ali, A., Akhtar, N., Raza, A., Adnan, M., and Hanif, M.S. (2020). Assessing the Agronomic Consequences of Delayed Removal of Parthenium from Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Int. J. Agric. Biol.* 24(4), 737-742. DOI: 10.17957/IJAB/15.1497.
6. Matloob, A., Khaliq, A., and Chauhan, B. S. (2015). Weeds of direct-seeded rice in Asia: problems and opportunities. In *Advances in agronomy* 130, 291-336. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.003>.
7. Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research* 67, 35-49. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00082-4).
8. Haddadchi, G. R., and Gerivani, Z. (2009). Effects of phenolic extracts of canola (*Brassica napus* L.) on germination and physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) seedlings. *Int. J. Plant Prod.* 3(1), 63-74.
9. Svecnjak, Z., Varga, B., & Butorac, J. (2006). Yield components of apical and subapical ear contributing to the grain yield responses of prolific maize at high and low plant populations. *J. Agron. Crop Sci.* 192, 37-42. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00188.x>.
10. Donovan, J. T. (1994). Canola (*Brassica rapa*) plant density influences Tartary buck wheat (*Fagopyrum tataricum*) interference, biomass, and seed yield. *Weed Sci.* 42, 385–389.
11. Shahin, Y., and Valiollah, R. (2009). Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Cent. Eur. Agric* 10(1), 115-121.
12. Yazdi, F. S., Amini, I., and Ramea, V. (2007). Evaluation of row spacing and seed rates effects on yield, yield components and seed oil in spring canola (*Brassica napus* L.) cultivar. *Crop Sci.* 189(4), 250-254.
13. Morrison, M. J., Vetty, M. C., and Scarth, R. (1990). Effect of altering plant density on growth characteristics of summer rape, *Can. J. Plant Sci.* 70, 139-149. <https://doi.org/10.4141/cjps90-016>.
14. Singh, R. P., and Kumar, A. (1993). Effects of varieties and planting geometry levels on late sown mustard. *Indian J. Agric. Sci.* 60(6), 392-395.
15. Mekki, B. B., Sharara, F. A. A., and El-Rokiek, K. G. (2010). Effect of weed control treatments on yield and seed quality of some canola cultivars and associated weeds in newly reclaimed sandy soils. *Am. Eurasian. J. Agric. Environ. Sci.* 7(2), 202-209.
16. Akhter, M. T., Mannan, M. A., Kundu, P. B., and Paul, N. K. (2016). Effect of sowing time and weed management on the yield and yield components of three varieties of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Bangladesh J. Bot.* 45(5), 963-969.



Oilseeds Research and Development Company

Quarterly journal of

Iranian North Seed Extender Center (INSEC)

Current Issue: Number 10, April 2023

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

Fax: +981133434968



[takatoservice](https://t.me/takatoservice)



[takato.genebank](https://www.instagram.com/takato.genebank)



www.takato.ir
www.ordc.ir