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

۳۳۴۳۴۹۶۸

فهرست عناوین:

مقدمه(اهمیت تولید دانه های روغنی): _____ ۳

پشت صحنه ی توسعه ی دابل هاپلوئیدی بر پایهی میکروسپور در Brassica napus _____ ۴

میکوپارازیتیسم: مکانیسم تریکودرما در سرکوب بیمارگرهای گیاهی(بخش دوم) _____ ۷

تحلیل ژنتیکی برخی صفات مهم زراعی در هیبریدهای ساده و دوگانه ژنوتیپ‌های بهاره کلزا ____ ۱۰

جدول توصیه کودی برخی محصولات روغنی _____ ۱۴

کشت تک گره جایگزین کشت بذر_____ ۱۷

اصلاح ژنوم دانه های روغنی _____ ۲۰

تأثیر فاصله ردیفها و دوره رقابت علفهای هرز بر رشد و عملکرد کلزا (مروری) _____ ۲۶

مقدمه(اهمیت تولید دانه های روغنی):

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 چربی‌های غیراشباع تاثیر بهتری بر سلامت انسان نسبت به مصرف چربی‌های اشباع شده دارند. اسیدهای چرب (FA) هیدروکربن‌های با زنجیره بلند هستند و چربی‌های غیر اشباع حاوی پیوندهای دوگانه کربن-کربن هستند، در حالی که در چربی های اشباع این حالت وجود ندارد. پیوند های دوگانه اجازه می‌دهد تا چربی‌های اشباع نشده در دمای اتاق مایع باقی بمانند. در مقابل، زنجیره‌های اشباع دارای تک پیوند، تمایل به جامد بودن در دمای اتاق دارند، چربی‌هایی 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 شودند 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 برخورد 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 نمایندگی‌ها 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 (۱۹۷۵) ثبت گردید. بهر حال Lichter (۱۹۸۲) 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. 2009, Geiger and Gordillo. 2009, Szarejko and Forster. 2007) بلکه کارایی انتخاب را نیز افزایش می‌دهند (Röber et al., 2005- 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[1] 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 QTL۲ به آزمایش‌های تکراردار طی چند سال و چند مکان نیاز دارد، از این رو دابل هاپلوئید جمعیتی ایده‌آل برای دستیابی 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 بصورت 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 دارد. 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 جنین زایی بسیار بالایی دارد (۲۲). تفاوت در قدرت جنینی‌زایی در تیپ‌های رشدی مختلف نیز مشاهده شده است، بعنوان نمونه تیپ بهاره‌ی B. napus در مقاسیه با تیپ زمستانه قدرت جنینی زایی 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 دهنده۳

شرایط رشد گیاهان دهنده بسیار مهم است و پیشنهاد می‌شود این گیاهان در شرایطی با حداقل تنش های محیطی کشت شوند (Ferrie, 2003). مشخص شده است، گیاهان رشد یافته در دمای پائین ۱۲/۱۰ 0C، 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 دانه گرده

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 جنینی۴ 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. InKriz 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. Polsone, 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 Brasica 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.

[4]. embryogenic microspore

میکوپارازیتیسم: مکانیسم تریکودرما در سرکوب بیمارگرهای 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. میکوپارازیتیسم 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 درنظر 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).

مایکوپارازیتیسم در سرکوب بیماری

قارچ تریکودرما با ترکیبی از میکوپارازیتیسم، 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، میکوپارازیتیسم و پاسخ دفاعی القایی کمک کنند (Zeilinger *et al*., 2016a).

تعداد مطالعات انجام شده با هدف ارزیابی نقش میکوپارازیتیسم در کنترل بیماری‌های گیاهی در مقایسه با مطالعات متعدد آزمایشگاهی، محدود است. نخستین مطالعه رفتار میکوپارازیتیسم 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 ریسه‌ها، رشد بصورت خطوط مستقیم و یا مواج، انعقاد پروتوپلاست‌ها و از دست دادن ساختارهای واکوئله بود (Weindling, 1932). در تحقیقات بعدی مشخص شد فعالیت آنتاگونیستی این گونه ناشی از تولید و ترشح گلیوتوکسین[6] 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 خیار[7] و نخودفرنگی[8] 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 ریسه پارازیت شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی و فلوروسنت، مورد مطالعه قرار گرفته است (Hashioka, 1973; Ruano-Rosa *et al*., 2016).در بررسی مکانیسم میکوپارازیتیسم، 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 میکوپارازیتیسم 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 *S. sclerotiorum* در خاک، از طریق پارازیته کردن اسکلروت‌ها، منجر به کاهش سطح مایه تلقیح قارچ بیمارگر شد (Santos and Dhingra, 1982; Trutmann and Keane, 1990). نتایج ارزیابی مقایسه بین پارازیته شدن ریسه، اسکلروت و آنتی‌بیوز نشان داد اسکلروت پارازیته شده توسط سویه تولیدکننده گلیوورین[9] گونه *T. virens* در خاک، بعنوان کارآمدترین مکانیسم سرکوب دو بیمارگر گیاهی *S. rolfsii* و *R. solani* پیشنهاد شد (Mukherjee *et al*., 1995).

شکل ۱. نمایی 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 جهش‌یافته عملکرد بهتری نسبت به جدایه والد وحشی در کنترل بیولوژیک عامل پوسیدگی یقه نخود و عدس داشت. تاثیر مثبت کاربرد این جدایه جهش‌یافته 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 جهش‌یافته‌ای از گونه *T. virens* را تولید نمود که فاقد توانایی برای پارازیته کردن هیف‌های قارچ *R. solani* بودند. این سویه‌های جهش‌یافته به اندازه سویه والد وحشی در کنترل بیولوژیک موثر بودند. در مورد مشابه، جهش‌یافته‌های فاقد توانایی بیوسنتز گلیوتوکسین نیز در کنترل بیولوژیک موثر بودند. این مشاهدات نقش میکوپارازیتیسم و آنتی‌بیوز را زیر سوال برد و مقاومت القایی را تائید نمود (Howell, 1987, 2003). با این وجود، هاول و

[9] Gliovirin-producing

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

روند 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 آن‌جایی‌که 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 عملکـرد گیاهـان روغنـی به عنوان یکی از اهداف عمده دست‌اندرکاران وزارت جهاد کشاورزی، کارشناسان و محققان در نظر گرفتـه شـده است. کلزا دارای ۴۰ تا ۴۴ درصد روغن گیاهی است که به‌دلیل 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 با۷۰ 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، به‌طوری‌که در برخی سال‌ها به‌دلیل 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 آزادگرده‌افشان 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 احتمالا با هیبریدهای تجاری وارداتی قابلیت رقابت نداشته باشند. بنابراین، ثبات تولید و توسعه سطح زیر کشت کلزا به‌صورت پایدار ایجاب می‌کند که ارقام و لاین‌های آزاد گرده 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 به‌خصوص در قالب طرح منسجم آمیزشی و آماری در دسترس نمی‌باشد.

تلاقی دای‌آلل

به مجموعه‌ای از دورگ‌های حاصل از تلاقی n لاین در کلیه ترکیبات ممکن، تلاقی دای‌آلل گویند و تجزیه این تلاقی‌ها تجزیه دای‌آلل نامیده می‌شود. تجزیه دای‌آلل اطلاعاتی از جمله ماهیت و مقدار پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌های حاصل از آنها را ارائه می‌دهد. تجزیه دای‌آلل به دو روش اصلی هیمن و گریفینگ انجام می‌شود. نظریه دای‌آلل توسط Hayman و Jinks (۱۹۵۳)، Jinks (۱۹۵۴، ۱۹۵۶) و Hayman (۱۹۵۷،۱۹۵۸،۱۹۵۴الف)، با استفاده از مفاهیم اجزای تغییرات D و H که توسط Mater عنوان شده بود، تکوین یافت. در تجزیه گرافیکی و عددی تجزیه دای‌آلل دو مرحله تجزیه واریانس و برآورد اجزای واریانس وجود دارد. در تجزیه دای‌آلل به روش Griffing (۱۹۵۶)، با استفاده از مدل آماری 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 دای‌آلل، سه گروه از مواد با نام‌های والدین، دورگ‌های F_1 و تلاقی‌های معکوس دخالت دارند و بر این اساس Griffing (۱۹۵۶)، چهار روش دای‌آلل را معرفی کرده است. Rawlings و Cockerham (۱۹۶۲ب)، هیبریدهای مضاعف را به عنوان نتاج نسل اول حاصل از تلاقی دو هیبرید F_1 غیرخویشاوند تعریف کردند و آن‌ها را به صورت $(A\times B)\times(C\times D)$ نشان دادند که در آن A، B، C و D چهار والد و $(C\times D)$ و $(A\times B)$ دو هیبرید F_1 می‌باشند. تجزیه هیبریدهای مضاعف (تجزیه کوادری‌آلل) نیاز به دو فصل زراعی، کارگر بیشتر و تعداد تلاقی زیادتر در مقایسه با تجزیه دای‌آلل و تری‌آلل 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 دای‌آلل 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 وN.A.39, N.A.14 بهترین ترکیبات کلی برای وزن دانه گیاه بود و همچنین N.A.36, N.A.38, N.A.39 و N.A.36, N.A.39, N.A.14 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 سینگل‌کراس و تری‌وی‌کراس 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 EC-766558×GDM-4, EC-766060×GDM-4, EC-766443×GDM-4 برای بهره‌برداری تجاری مورد شناسایی قرار گرفت. بر این اساس هیبریدهای سینگل کراس EC-766043×GDM-4 و EC-76643×GDM-4 به ترتیب دارای بیشترین بازده عملکرد دانه در بوته بود.

تجزیه و تحلیل ژنتیکی برای عملکرد دانه و خصوصیات ذرت با استفاده از هیبریدهای سینگل‌کراس و تری‌وی‌کراس و دابل‌کراس انجام شده است. بهترین ترکیبات شناسایی و همچنین اثرات خاص مورد نظر به ترتیب از طریق آنالیز دای‌آلل، تری‌آلل، کوادری‌آلل بدست آمد. در تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از ترکیب توانایی‌های اینبردها و سینگل‌کراس‌ها، تری‌وی‌کراس و دابل‌کراس‌ها بر اساس نتایج در سه مکان مختلف با آنالیز دای‌آلل، 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 سینگل‌کراس، تری‌وی و دابل‌کراس مورد ارزیابی قرار دادند. به ترتیب در هیبرید سینگل‌کراس بالاترین درصد جوانه‌زنی و کم‌ترین شاخص سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. در حالی‌که هیبرید دابل‌کراس ذرت، ارتفاع بلال بالاتری در مقایسه به هیبرید سینگل‌کراس و تری‌وی‌کراس داشت هیبرید سینگل‌کراس ذرت طول بلال بالاتری نسبت به تری‌وی و دابل‌کراس داشته است. در نتیجه در اوایل فصل رشد درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و کاهش شاخص سرعت جوانه‌زنی منجر به افزایش ارتفاع بلال می‌شود. در حالی‌که 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 ومولفه‌های 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 تائیدی 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 PI.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 F_2 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 Analaysis 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. Cimbining 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. Trialll 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 actin 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 برومند : کارشناس خاکشناسی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

نوع کود / نوع محصول	نیتروژنه	فسفره	پتاسه	گوگرد	روی	محلولپاشی عناصر میکرو	منبع
سویا	۳۰کیلوگرم در هنگام در خاکهای سنگین و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در خاکهای سبک در صورت ضعیف بودن خاک قبل از کاشت	۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل	۱۵۰-۱۰۰کیلوگرم در هکتار سولفات پتایسم	۲۵۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پس از مخلوط با مایه تلقیح تیوباسیلوس قبل از کاشت	۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی	در مراحل تشکیل ساقه‌های جانبی و غلاف دهی	فرجی و همکاران، ۱۳۹۵
آفتابگردان	۱۵۰-۱۰۰کیلوگرم در هکتار کود اوره در ۳ مرحله: قبل از کاشت، ۶تا ۸ برگی و مرحله ستاره سو شدن (تشکیل غنچه)	۱۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار		محلول‌پاشی 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 ۲۰-۳۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی	کود کامل میکرو با غلظت ۳ در هزار در مرحله ۶ ـ۴ برگی	شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، ۱۳۵۵؛ غفاری و همکاران،۱۳۹۹
کتان	۶۵-۴۰ کیلوگرم نیتروژن (۱۴۰-۸۵ کیلو اوره) در هر هکتار:	بسته به شرایط خاک و نوع محصول قبلی حدود ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم فسفر خالص (۲۰۰-۱۰۰ کیلو سوپرفسفات تریپل)	۷۵-۵۰ کیلوگرم پتاسیم خالص (۱۵۰-۱۰۰ کیلو سولفات پتاسیم)				فاضلی کاخکی، ۱۳۹۸؛ شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، ۱۳۹۹

	یک‌سوم آن قبل از کشت و بقیه در دو الی سه نوبت بعد از کشت						
کنجد	۱۰۰-۵۰کیلوگرم اوره در هکتاردر هنگام کاشت و یک الی دو مرحله سرک: ۵۰-۲۵ کیلو اوره هنگامی که ارتفاع بوته به 20 سانتی متر رسیده باشد و قبل از گلدهی	کیلوگرم ۲۰۰ تا 150 آمونیوم به صورت فسفات پایه	100کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به صورت پایه. در مرحله پرشدن کپسول‌ها نیز استفاده از پتاس مفید است		محلول‌پاشی در مرحله شروع گلدهی	محلول‌پاشی قبل از مرحله گلدهی	مدرس و همکاران، ۱۳۹۸؛ منصوری، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال
گلرنگ	به طورکلی ازت خالص مورد نیاز گلرنگ به مقدار۸۰ کیلوگرم است که از این مقدار ۵۰ کیلوگرم آن به عنوان کود پایه،۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مرحله ساقه‌دهی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مرحله غنچه‌دهی مصرف شود.	۵۰ کیلوگرم فسفراز منبع کودی سوپرفسفات تریپل یا فسفات آمونیوم	در صورت نیاز میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار				دستورالعمل فنی کشت دانه روغنی گلرنگ، ۹۵-۹۶؛ جباری و همکاران، ۱۳۹۸-۱۳۹۹؛ زراعت دانه روغنی گلرنگ، ۱۳۹۶

منابع:

۱) دستورالعمل فنی کشت دانه روغنی گلرنگ، ۹۵-۹۶ اداره کل پنبه، دانه های روغنی وگیاهان صنعتی، موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال وبذر-بخش تحقیقات دانه های روغنی.

۲) دستورالعمل زراعت کتان. ۱۳۹۹. مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر، شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

۳) زراعت آفتابگردان. ۱۳۵۵. شرکت توسعه کشت دانه‌های 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.، رییسی، س.، کیانی، ع.، یونس‌آبادی، م.، صادق‌نژاد، ح.، کیا، ش.، باقری، م.، کاظمی‌طلاچی، م.، هزارجریبی، ا.، موسی‌خانی، ع.، سوخت‌سرایی، ن. ۱۳۹۵. تولید سویا در استان گلستان. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

۷) غفاری، م.، رحمانپور، س.، پورداد، س.، نورقلی‌پور، 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.، نظرنژاد، غ.، شوری، ن. ۱۳۹۸. دستورالعمل فنی مدیریت آفات، بیماری ها و علف های هرز کنجد 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 تکنیک های مختلف کشت بافت در جهت تکثیر فلفل و تولید گیاهانی با کیفیت بالا و عاری ازعوامل 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 قسمت های مختلف گیاه، از جمله: جوانه‌های انتهایی، جوانه‌های جانبی، ساقه، هیپوکوتیل و کوتیلدون گزارش شده است ولی اکثرروش‌های ریزازدیادی فلفل (*C. baccatum, C. frutescens and C.*) وابسته به رقم بوده و در مورد برخی از ارقام دیگر کارایی چندانی نداشته است (Agrawal, al et 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 مقطراستریل، به مدت ۲۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم (۲۰ ٪) به همراه یک قطره توین ۲۰ ٪ قرار گرفتند. در مرحله بعد بذرها سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. برای جوانه‌زنی، بذرها در یک ارلن حاوی ۵۰ میلی‌لیترمحیط پایه استریل کشت داده شده، در اتاق رشد تحت فتوپریود ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۲۴۰۰ لوکس و دمای 24C° به مدت ۵ هفته نگهداری شدند.

کشت تک گره

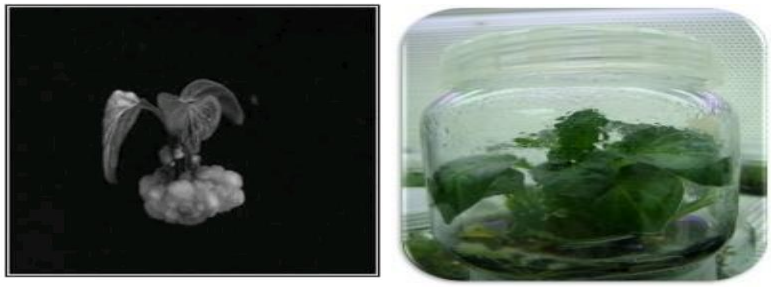
ظروف حاوی گیاهچه‌های ۵-۴ هفته‌ای (با اندازه تقریبی ۱/۵ -۱ سانتی‌متر) حاصل از کشت بذرها در شرایط استریل از ارلن خارج و ساقه آنها به شیوهای برش داده شود که هر ریزنمونه حاصل دارای یک گره باشد. سپس هر ۵ ریزنمونه به صورت عمودی در ظروف کشت حاوی ۵۰ میلی‌لیتراز محیط پایه MS حاوی غلظت‌های متفاوت از تنظیم کننده‌های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

محیط کشت باید دارای سه درصد ساکارز، ۶ گرم در لیتر آگار و۴/ ٪ زغال فعال باشد. pH محیط در ۵/۸ تنظیم شده، عمل سترون‌سازی آنها در اتوکلاو با فشار دو یک اتمسفر و دمای 121 C° برای مدت ۲۰ دقیقه انجام گردد. ریزنمونه های 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 نور ی ۳۰۰۰ لوکس برای مدت ۲۰ روز نگه‌داری شدند. در مرحله بعد، گیاهچه‌های سازگار شده به گلخانه منتقل گردیده، تحت شرایط درجه حرارت شب ۱۲ درجه سانتی گراد، طول روز ۱۶ ساعت و طول شب ۸ ساعت قرار گرفتند.

این پروتکل قابل بهینه سازی برای انواع گیاهان از جمله سبزیجات می‌با شد.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 تک گره 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 ۹۰-۷۰ ٪ 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 نیزتولید 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 تک گره در گوجه فرنگی

گیاه گوجه فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Miller. گیاهی علفی یک ساله متعلق به خانواده سیب زمینی می با شد که با میانگین تولید بیش از ۶،۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۱ به عنوان یک گیاه مهم از نظر اقت صادی و بعد از گندم، دومین محصول کشاورزی ایران می باشد. این گیاه به صورت بسیار گسترده به عنوان سبزی تازه یا چاشنی و در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و صنعتی بکار می رود. رقم های مختلف گوجه فرنگی به دلیل ویژگی های منحصر به فرد این گونه برای سایر فعالیت های د ست ورزی ژنتیکی از جمله تولید واکسن خوراکی می با شد. علاوه بر این، از آنجا که روش تکثیر این گیاه از طریق بذر بوده و تکثیر گوجه‌فرنگی در ایران از طریق کاشت بذور وارداتی با قیمت بالا و محدودیت های متفاوت، صورت می‌گیرد؛ ضرورت ا ستفاده از تکنیک کشت بافت به عنوان رو شی سریع و زود بازده و غیر وابسته به ژنوتیپ، به منظور تولید و تکثیر این گیاه افزایش می یابد. در باززایی مستقیم ترکیبات هورمونی بدست آمده از سه نوع سایتوکینین BAP ، Kin و Zea در ترکیب با دو نوع اکسین NAA و IAA و ریزنمونه های هیپوکوتیل، کوتیلدون و برگ استفاده شد. در مرحله ساقه دار کردن جوانه ها، ریزنمونه ها درون شیشه مربایی حاوی ۳۰ میلی گرم محیط واکشت شدند. در خصوص بررسی تأثیر تیمارهای هورمونی بر ریشه زایی، ساقه های حاصل از باززایی، ساقه های 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. گیاهچه های 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 بذور و پایین بودن درصد جوانه‌زنی بذور، از مشکلات اصلی تکثیر گل مغربی می‌با شد. لذا این پژوهش با هدف برر سی ریزازدیادی با ا ستفاده 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 سایتوکنین 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 محتلف کشت بافت برای ریزازدیادی آنها استفاده کرد. **همچنین از این طریق می‌توان برای ثابت نگه‌داشتن هتروزیگوتی در واریته‌های هیبرید استفاده کرد**. با ا ستفاده 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 نکوئی، م. ۱۳۸۹. ریزازدیادی گیاه فلفل دلمه‌ای در شرایط کشت درون شیشه‌ای . پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور ABRII) ،)اصفهان، ایران

۳- صادقی، ن. مرتضایی نژاد، ف. ۱۳۹۴. ریزازدیادی گیاه گل مغربی با استفاده از قلمه‌ی تک گره. کنفرانس بین المللی پژوهش های 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 annuum L. cv. Mathania). Plant Cell Tissue Organ Culture 16: 47-55.

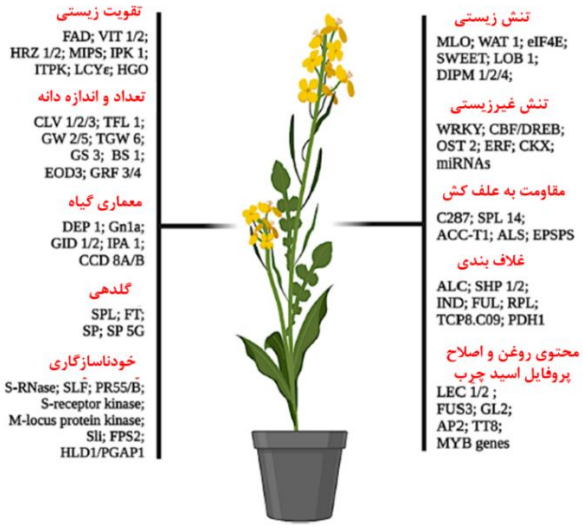
5- Phillips, G. C. Hubstenberger, J. F. 1985 Organogenesis in pepper tissue cultures. Plant Cell Tissue Organ Culture 4: 261-269.

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 آنتی اکسیدانت‌های 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 شده‌است، 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 شده‌است (Zaidi et al. 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 پلیوتروپیک 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 oxidese/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 تنش های غیر زیستی، تجاری سازی و معرفی شده‌اند.

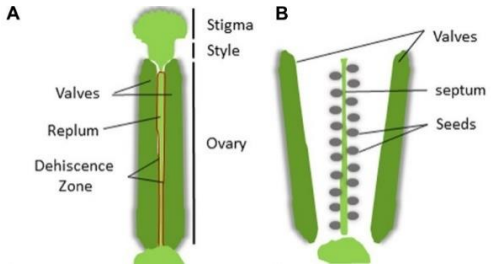
ایجاد مقاومت به علفکش

ازآنجاییکه 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) (EPSPS) و استولاکتات سینتاز (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 شده‌است (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 lnd منجر به تولید غلاف کاملاً ناشکوفا در آرابیدوپسیس شد (Liljegren et al. 2000) . همچنین ویرایش

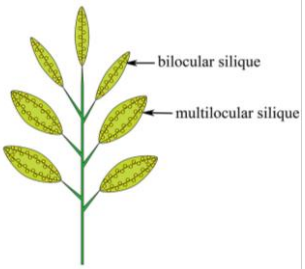
ALC منجر به ایجاد مقاومت بیشتر در ریزش دانه کلزا شد (Braatz et al. 2017). به طور کلی، بهینه سازی همولوگ هر یک از ژن‌هایی که با شکستن غلاف در سایر محصولات مرتبط است، می‌تواند شکستگی غلاف در محصولات دانه‌های روغنی را به حداقل برساند (شکل ۱).



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

تنظیم ژن های 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 کنترل‌کننده 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 etal, 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 تأثیر 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 ، هومولوگ‌های Flowering Locus T (FT) و فاکتور رونویسی Squamosa Promoter Binding Protein-like (SPL)، تولید تعداد بذر 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

غنی سازی 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، آنتی اکسیدانت‌ها و نشاسته انجام گرفته است. در روش‌های بیوتکنولوژیکی ژن(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 بهره برداری 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 بذر 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 باانواع وحشی هستند. اهلی‌سازی 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., Liguo, 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. 16117 63113
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/ nbha5 02126 78
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., Kunpeng, 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. Liljegren, 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/ 35008 089
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/ ijms2 30950 62
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. Bulked 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/ scien ce. aaz20 46

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. tibte ch. 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. biote chadv. 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 و مدیریت به موقع علفهای هرز می تواند تا حد زیادی مانع از کاهش عملکرد چشمگیر در کلزا شود. در این مقاله به بررسی تاثیر 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 کنجاله آن جهت مصرف دام دارای ۳۸ تا ۴۰ درصد پروتئین می باشد. 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 ارز و تامین نیازهای روغن وجود دارد. یکی از مهمترین محدودیت برای افزایش بهره وری 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 می گذارد (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 تاثیرگذاری 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

(*et al.*, 2006; Haddadchi and Gerivani, 2009). 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 می یابد. 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 سانتی‌متر، ۱۸ سانتی‌متر، ۲۴ سانتی‌متر) 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 سانتی‌متر بود در حالی که حداکثر ارتفاع بوته (۱۲۱,۷ سانتی متر) در فاصله ردیف‌های بیشتر (۲۴ سانتی‌متر) ثبت شد. به طور کلی و با توجه به تحقیقات انجام شده بر روی تاثیر 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 سانتی‌متر در شرایط وجود علف های هرز در طول فصل رشد گزارش کردند که نشان دهنده تاثیر 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 علف های 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.

منابع

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.
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.
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 varities of rapeseed (*Brassica campestris* L). Bangladesh J. Bot. 45(5), 963-969.

Oilseeds Research and Development Company

Quarterly journal of

Seed Developers Center of Northern Iran

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 takato.genebank www.takato.ir www.ordc.ir