شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

فصلنامه اختصاصی مرکز توسعه دهندگان بذر شمال ایران(INSEC)

صاحب امتیاز: : شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

سال دوم شماره ۸، آذر ۱۴۰۱

مدیر مسئول: علی زمان میرآبادی

سر دبیر:میترا رمضانی

@takatoservice

۰۱۱۳۳۴۳۴۹۶۸

www.takato.ir

takato. genebank

info@takato.ir

www.ordc

فهرست

مقدمه ۲

راهکارهایی برای بهبود استقرار کلزا (آماده سازی خاک، کاشت و رشد اولیه) ۳

استفاده از خویشاوندان وحشی و گونه های سازگار نسبت به شرایط آب و هوایی در محصولات ۸

کاملینا یک گیاه دانه روغنی و دارویی..... ۱۳

هاپلوئیدی و مزیتهای کشت میکروسپور..... ۱۸

محرک های رشد و کاربرد آنها در کشاورزی..... ۲٤

جلبک ها، منبعی تجدید ناپذیر در کشاورزی ۳۱

کاربرد تریکودرما به عنوان یک عامل بیولوژیک و محرک رشد در سویا..... ۳۵

سنک بذرخوار کلزا (*NYSIUS CYMOIDES*) ۳۹

مقدمه

نگاهی به شرایط زراعی استانهای شمالی کشور در توسعه کشت دانه های روغنی حاکی از کاهش سطح توسعه این محصولات در آینده می باشد که در این خصوص لازم است به روز آوری برنامه های توسعه این محصولات مد نظر قرار گیرد. آن چیزی که در فرایند توسعه محصولات روغنی بسیار حائز اهمیت است عدم مدیریت یکپارچه اجرایی در توسعه محصولاتی نظیر سویا، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ در کشور می باشد .

گرم شدن زمین و افزایش تنش های محیطی در تولید محصولات روغنی و جمعیت آفات مقاوم رو به فرونی است، مواد غذایی خاک رو به کاهش و اندوخته لازم برای تغذیه گیاهان محدود شده است. خطر پذیری تولید دانه های روغنی رو به افزایش و از رغبت کشاورزان به تولید این محصولات کاسته شده است. قیمت نهاده های کشاورزی افزایش و میزان آب دسترس برای تولید این زراعتها تنزل پیدا کرده است. تنوع ارقام زراعی مورد نیاز کشاورزان تغییری نکرده و برنامه های جدی، در توسعه این محصولات وجود ندارد. ترویج محصولات روغنی از گردونه برنامه های آموزشی خارج و بودجه های تحقیقاتی موثر برای طرحهای کاربردی محدود شده است. عوامل فوق در کنار سایر عوامل مربوط به مدیریت بازرگانی و اقتصادی دانه های روغنی از عوامل مهم کاهش توسعه محصولات روغنی بوده است .

حل مشکلات فوق، با مدیریت یکپارچه تولید محصولات روغنی توسط بخش خصوصی و با نظارت و حمایت دولت امکانپذیر است. حدود ۱۶ سالی از واگذاری مسئولیت تخصصی شرکت توسعه کشت دانه های روغنی به شرکتها دولتی می گذرد که در این مدت نه تنها نتایج مثبتی حاصل نشد بلکه بسیاری از سرمایه های کشور شامل سرمایه های عظیم انسانی، تجهیزاتی و خدمات به هدر رفته است. طرحها، برنامه ها، نشست ها و گفتگوهای بسیاری بین دولتمردان و کارشناسان دولتی انجام گردید، اما موفقیتی حاصل نگردید. دلیل این عدم موفقیت، بی توجهی به نقش بخش خصوصی و بکارگیری از این ظرفیت موجود در کشور در حوزه دانه های روغنی است .

از تاسیس شرکت توسعه کشت دانه های روغنی قریب به ۵۵ سال می گذرد، علی رغم محدودیت های ایجاد شده برای این شرکت از حدود ۱۶ سال قبل و همچنین کاهش توانایی این شرکت در حوزه عملیات و ارائه خدمات فنی و اجرایی در کشور، در طول این مدت این مجموعه با همه مشکلات موجود توانست با تقویت زیرساختهای تحقیقاتی، آموزشی در کنار توسعه خدمات فنی و مهندسی، حضور و بقا خود را در مجموعه های خدماتی حوزه کشاورزی حفظ نماید و به نظر می رسد این شرکت می تواند در چشم انداز در پیش رو و در سالهای نزدیک مجددا نقش موثر خود را نه تنها در حوزه دانه های روغنی بلکه در توسعه سایر محصولات زراعی و باغی و ... ایفا نماید. امید است که مسئولان دلسوز و متعهد به این کشور در راستای وظایف اولیه و تعریف شده خود در حوزه پشتیبانی از شرکتهای دانش بنیان و خصوصی، نقش موثر خود را به درستی و با حمایت از این مجموعه ها ایفا کنند.

علی زمان میرآبادی

مدیر تحقیقات و آموزش و رییس نمایندگیهای استانهای گلستان و مازندران شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

پاییز ۱۴۰۱

راهکارهایی برای بهبود استقرار کلزا (آماده سازی خاک، کاشت و رشد اولیه)

صلاح معتمدی
کارشناس به زراعی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر
شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

Strategies to improve field establishment of canola

مقدمه:

استقرار خوب گیاهان در مزرعه، پایه و اساس یک محصول مولد را فراهم می‌کند. دستیابی به جمعیت مناسب بوته سبب تشکیل یک تاج پوشش موثر برای جذب نور، رقابت با علف های هرز و یک سیستم ریشه موثر برای جذب آب و مواد مغذی را ایجاد می‌کند. کلزا (*Brassica napus* L.)، به عنوان سومین محصول دانه روغنی در جهان، ممکن است در برخی مناطق امکان توسعه آن فراهم نشود و یا پتانسیل عملکرد ان محدود باشد و یا هزینه‌های زراعی برای کنترل علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات در ان منطقه اقتصادی نباشد که در این حالت استقرار یک محصول را با مشکل روبرو می سازد. استقرار، اولین مرحله از چرخه حیات محصول است و برای تولید موفق محصول ضروری است. استقرار با جوانه زنی بذر شروع می شود طی این مرحله که با ظهور و رشد طولی گیاهچه از خاک بوده شروع می شود و در ادامه با ایجاد یک سایبان برای جذب نور و توسعه شبکه ریشه ای برای جذب حداکثری آب و مواد مغذی پیشرفت می کند (Wani et al., 2009). سه عامل اصلی در موفقیت (یا عدم موفقیت) استقرار کلزا نقش دارند: ۱- خصوصیات ژنتیکی بذر و گیاهچه مانند توانایی جوانه زنی، کیفیت بذر و تیمارها، ازدیاد طول هیپوکوتیل، رشد و نمو ریشه و اندام هوایی. این صفات کاملاً مستقل نیستند و به شدت توسط صفات ژنتیکی و محیطی/مادری در طول بلوغ بذر، ذخیره سازی و جذب بذر تنظیم می‌شوند (Soltani et al., 2019). ۲- اقدامات زراعی از جمله شرایط کاشت (تاریخ کاشت، عمق کاشت و غیره)، آماده سازی بستر بذر (محتوای رطوبت، وضعیت خاک، تماس خاک با بذر، علف های هرز رقابتی)، در دسترس بودن مواد مغذی به ویژه نیتروژن و فسفر (Kirkegaard et al., 2020;Mc Donald et al.,2019; McMaster et al.,2018) و ۳- گستردگی سیستم‌های کشت (Lamichhane et al., 2018).

اندازه بذر

اندازه بذر با سرعت جوانه‌زنی در کلزا رابطه مثبت دارد و احتمالاً به این دلیل است که بذرهای بزرگتر می‌توانند انرژی و سایر منابع ذخیره شده بیشتری را برای جنین در حال رشد فراهم کنند. در نتیجه، کشاورزان اغلب بذرهای خود مصرفی خود را بر اساس اندازه درجه‌بندی می کنند تا با انتخاب بذور با اندازه بزرگتر بتوانند استقرار گیاه را در مزرعه تضمین کنند. . بذور ارقام هیبرید، در مقایسه با ارقام گرده افشانی آزاد (OP) درصد سبز شدن یکنواختری را نشان می‌دهند که ممکن است به دلیل اندازه بذر بزرگتر و همچنین هتروزیس ارقام هیبرید باشد (French et al., 2016; Hanson et al., 2008; et al., McMaster 2016) .Berill,2018 همچنین به نظر می‌رسد که تلاش‌های اصلاحی برای توسعه ارقام با روغن بالا و ترکیبات ضد تغذیه‌ای کم (یعنی اسید اروسیک صفر و گلوکوزینولات کمتر) منجر به کاهش قدرت جوانه‌زنی و افزایش زمان جوانه‌زنی شده است (Hatzig et al., 2018). در نهایت، تصور می‌شود که رنگدانه بذر نیز در قدرت جوانه‌زنی نقش دارد. دانه‌های تیره‌تر نفوذپذیری کمتری در پوسته بذر دارند و اغلب باعث می‌شود در مقایسه با دانه‌های رنگ روشن‌تر، ضعیف‌تر و کندتر جوانه بزنند (Debeaujon et al., 2000). با این حال دانه‌های زرد

نیز در آزمایش‌های پیری مصنوعی سریع‌تر خراب می‌شوند و بیشتر مستعد حمله میکروبی و جوانه‌زنی زودرس هستند (Auger et al., 2010).

سرعت جوانه‌زنی و ازدیاد طول ریشه‌چه

جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بیشتر بذرهای کاشته شده برای استقرار موفقیت‌آمیز در هر گونه گیاهی بسیار مهم است (Finch-savage and Bassel, 2016). ریشه اولین عضوی است که از جوانه زدن بذر کلزا بیرون می‌آید (Hatzig e al., 2015).

قدرت جوانه‌زنی

بذر تازه کاشته شده در شرایط بهینه آزمایشگاهی لزوماً پتانسیل آن را برای جوانه‌زدن و ظهور در شرایط مزرعه منعکس نمی‌کند. اصطلاح بنیه جوانه‌زنی (که به عنوان بنیه بذر نیز نامیده می‌شود) ویژگی‌هایی را نشان می‌دهد که به بذر اجازه می‌دهد تا تحت طیف وسیعی از شرایط جوانه بزند و با موفقیت ظاهر شود (Finch-savage and Bassel, 2016). قدرت جوانه‌زنی توسط دو پارامتر جوانه‌زنی بذر (سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی) تعیین شده و با رشد اولیه گیاهچه با توجه به میزان ذخیره بذر مشخص می‌شود. روش‌های آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری بنیه بذر شامل آزمایش‌های زوال کنترل شده (Tesnier et al., 2002)،آزمایش‌های شروع سرد (Elliott et al., 2007) و سرعت جوانه‌زنی یا زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی تحت تیمارهای تنش (Boter et al., 2019; Hatzig et al., 2015; Zhang et al., 2015) می باشد. تنش سرما در طول جوانه‌زنی می‌تواند برای محصولات کلزا در کانادا و چین و مناطق مشابه مشکل‌ساز باشد. Luo et al. (2019) تغییرات قابل توجهی را برای قدرت جوانه‌زنی در شرایط تنش سرما در میان ۱۰۹ رقم کلزای نیمه بهاره گزارش کرد. این بررسی نشان داد که محتوای روغن بذر و کیفیت روغن ارتباط کمی با قدرت جوانه‌زنی داشتند که نشان می‌دهد سایر عوامل ژنتیکی تاثیر بیشتری بر بنیه جوانه‌زنی داشتند.

صفات هیپوکوتیل

بعد از ریشه زنی هیپوکوتیل اندام بعدی است که از دانه خارج می‌شود. این مرحله قبل از سبز شدن برای اینکه گیاهچه بتواند به نور خورشید برسد و فتوسنتز را شروع کند بسیار مهم است. کلزا جوانه‌زنی اپیژال را نشان می‌دهد، که کاشت بذر را به عمقی که از حداکثر طول هیپوکوتیل تجاوز نمی‌کند، محدود می‌کند (Rebetzke et al., 2007). بنابراین کاشت در شرایط دمایی، استحکام خاک و رطوبت مطلوب برای استقرار توده بذر در کلزا نسبت به محصولات هیپوژیل مانند غلات یا حبوبات، حیاتی‌تر است. هیپوکوتیل کوتاه ارقام کلزا، وقتی بذرها در زیر عمق ۳۰-۱۵ میلی متری خاک کاشته می‌شوند، ظهور گیاهچه و بنیه گیاهچه را کاهش می‌دهد (Brill et al., 2016) یک راه بالقوه برای بهبود استقرار کلزا در این زمینه، توسعه ارقامی با ظرفیت ایجاد هیپوکوتیل‌های بلندتر و قوی‌تر است، تا بذر بتواند گیاهچه را با کاشت عمیق‌تر به سطح خاک برساند.

کیفیت بذر

کیفیت بذر و محیط هر دو تأثیر مهمی بر استقرار کلزا دارند. Gusta et al. (2004) در کانادا، مشاهده کردند که بذرهای برداشت شده از کلزای دیرتر کاشت شده، در مقایسه با بذرهای برداشت شده از محصولات زود کاشت، سرعت سبز شدن و تراکم نهایی بوته را کاهش دادند. بذر ذخیره شده توسط کشاورز بسته به شرایط و مدت زمان نگهداری آن بین فصول می تواند کیفیت متغیری داشته باشد (Elias and Copeland, 1994).

پوشش‌دار کردن بذر

نشان داده شده است که استفاده از برخی پوشش‌های دانه در کلزا باعث بهبود استقرار در برخی شرایط می‌شود. با این حال، نگرانی در مورد تأثیر برخی از مواد شیمیایی مانند نئونیکوتینوئیدها بر روی گونه‌های غیر هدف وجود دارد (Ecott and Bilsborrow, 2019).

پرایمینگ بذر

پرایمینگ بذر فرآیندی است که طی آن بذرها با آبرسانی مجدد کنترل شده برای افزایش سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی به حالت متابولیسم پیش از جوانه‌زنی القا می‌شوند (Paparella et al., 2015). این مورد در استفاده از محصولا باغی رایج است منتهی در محصولات زراعی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک کاربرد امیدوارکننده برای پرایمینگ بذر، آماده‌سازی بذر برای شرایط رشد استرس‌زا مانند خشکی است. پرایم کردن بذرهای کلزا با استفاده از محلول‌های اسید جیبرلیک و ملاتونین باعث کاهش از دست دادن کلروفیل و تنش اکسیداتیو و افزایش عملکرد کلزا در شرایط خشکی در آزمایش‌های گلدانی و مزرعه‌ای شد (Khan et al., 2020).

ویژگی‌های بستر بذر

دما، رطوبت خاک و در دسترس بودن مواد مغذی عواملی هستند که بر سرعت جوانه‌زنی بیشتر گونه‌های گیاهی تأثیر می‌گذارند (Deurr et al., ۲۰۱۵). این عوامل ممکن است بر توانایی جوانه‌زنی بذر و همچنین ماهیت و شدت بسیاری از بیماری منتقل شونده از خاک تاثیر بگذارد (You et al., 2017). جوانه‌زنی کلزا می‌تواند در طیف وسیعی از دما (دمای بهینه بین ۱۲ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد) رخ دهد دمای پایین اثر مخربی بر جوانه‌زنی کلزا دارد و ممکن است در حرکت ترکیبات ذخیره بذر اختلال ایجاد کند (Derakhshan et al., 2019). در نهایت، در دسترس بودن مواد مغذی (به ویژه نیتروژن و فسفر) ممکن است بر کلزا تأثیر بگذارد (Ukrainetz, 1974).

خاک‌ورزی و آماده‌سازی بستر بذر

یکی از شایع‌ترین دلایل عدم جوانه‌زدن بذر، تماس ضعیف بذر با خاک است که می‌تواند تابعی از آماده‌سازی ضعیف بستر بذر و یا شرایط بد کاشت باشد. در واقع، تا حد امکان، بستر بذر باید یکنواخت با آماده‌سازی خوب و همچنین گرم و مرطوب باشد. در پایان، عوامل زراعی احتمالاً از طریق تأثیر آنها بر این شرایط خاص خاک، عمل می‌کنند. در بیشتر موارد بقایای گیاهی نیز برای اطمینان از پوشیده ماندن خاک برای کاهش فرسایش و افزایش حفاظت از آب نگهداری می‌شوند (Ecott and Bilsborrow, 2019).

تاریخ کاشت

دمای خاک و در دسترس بودن رطوبت خاک را می توان با انتخاب مناسب تاریخ کاشت و تاثیر آن بر جوانه زنی مناسب بذرها تعیین کرد و در نتیجه، دستکاری تاریخ کاشت می‌تواند یک عمل کارآمد برای کمک به گیاهان زراعی برای فرار بهتر از تنش‌های غیر زنده یا زیستی باشد. با این حال، پاسخ خاص به تاریخ کاشت به مکان و سیستم کشاورزی بستگی دارد (Amjad and White, 2009; Harries and Seymour, 2016; Kirkegaard et al., 2020).

منابع:

1. Amjad, M., White, P., 2009. Agronomic performance of new open-pollinated and hybrid canola cultivars to time of sowing in Western Australia. In: "16th Australian Research Assembly on *Brassicas*", Ballarat Victoria.
2. Auger, B., Marnet, N., Gautier, V., Maia-Grondard, A., Leprince, F., Renard, M., Guyot, S., Nesi, N., Routaboul, J.-M., 2010. A detailed survey of seed coat flavonoids in developing seeds of *Brassica napus* L. J. Agric. Food Chem. 58, 6246–6256.
3. Boter, M., Calleja-Cabrera, J., Carrera-Castan˜o, G., Wagner, G., Hatzig, S.V., Abbadi, A., Snowdon, R.J., Pernas Ochoa, M., On˜ate-Sa´nchez, L., 2019. An integrative approach to analyze seed germination in *Brassica napus*. Front. Plant Sci. 10, 1342.
4. Brill, R.D., Jenkins, M.L., Gardner, M.J., Lilley, J.M., Orchard, B.A., 2016. Optimising canola establishment and yield in south-eastern Australia with hybrids and large seed. Crop Pasture Sci. 67, 409–418.
5. Brill, R.D., Jenkins, M.L., Gardner, M.J., Lilley, J.M., Orchard, B.A., 2018. Optimising canola establishment and yield in south-eastern Australia with hybrids and large seed. Crop Pasture Sci. 67, 409–418.
6. D€urr, C., Dickie, J., Yang, X.-Y., Pritchard, H., 2015. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. Agric. For. Meteorol. 200, 222–232.
7. Debeaujon, I., L_eon-Kloosterziel, K.M., Koornneef, M., 2000. Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis*. Plant Physiol. 122, 403–414.
8. Derakhshan, A., Bakhshandeh, A., Siadat, S.A.-A., Moradi-Telavat, M.-R., Andarzian, S.B., 2018. Quantifying the germination response of spring canola (*Brassica napus* L.) to temperature. Ind. Crop. Prod. 122, 195–201.
9. Elias, S., Copeland, L., 1994. The effect of storage conditions on canola (*Brassica napus* L.) seed quality. J. Seed Technol., 21–29.
10. Elliott, R.H., Mann, L.W., Johnson, E.N., Brandt, S., Vera, C., Kutcher, H.R., Lafond, G., May, W.E., 2007. Vigor tests for evaluating establishment of canola under different growing conditions and tillage practices. Seed Technol. 29, 21–36.
11. Finch-Savage, W.E., Bassel, G.W., 2016. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. J. Exp. Bot. 67, 567–591.
12. Gusta, L., Johnson, E., Nesbitt, N., Kirkland, K., 2004. Effect of seeding date on canola seed quality. Can. J. Plant Sci. 84, 463–471.
13. Hanson, B.K., Johnson, B.L., Henson, R.A., Riveland, N.R., 2008. Seeding rate, seeding depth, and cultivar influence on spring canola performance in the Northern Great Plains. Agron. J. 100, 1339–1346.
14. Harries, M., Seymour, M., 2016. Canola variety by time of sowing in the Northern Region. In: Crop Updates. GIWA, Perth.
15. Hatzig, S., Breuer, F., Nesi, N., Ducournau, S., Wagner, M.-H., Leckband, G., Abbadi, A., Snowdon, R.J., 2018. Hidden effects of seed quality breeding on germination in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Front. Plant Sci. 9, 419.
16. Hatzig, S.V., Frisch, M., Breuer, F., Nesi, N., Ducournau, S., Wagner, M.-H., Leckband, G., Abbadi, A., Snowdon, R.J., 2015. Genome-wide association mapping unravels the genetic control of seed germination and vigor in *Brassica napus*. Front. Plant Sci. 6, 221.
17. Khan, M.N., Khan, Z., Luo, T., Liu, J., Rizwan, M., Zhang, J., Xu, Z., Wu, H., Hu, L., 2020. Seed priming with gibberellic acid and melatonin in rapeseed: consequences for improving yield and seed quality under drought and non-stress conditions. Ind. Crop. Prod. 156, 112850.
18. Kirkegaard, J., Lilley, J., Berry, P., Rondanini, D., 2020. Canola. In: Sadras, V., Calderini, D. (Eds.), Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Academic Press.

19. Lamichhane, J.R., Debaeke, P., Steinberg, C., You, M.P., Barbetti, M.J., Aubertot, J.-N., 2018. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. Plant Soil 432, 1–28.
20. Luo, T., Xian, M., Zhang, C., Zhang, C., Hu, L., Xu, Z., 2019. Associating transcriptional regulation for rapid germination of rapeseed *(Brassica napus* L.) under low temperature stress through weighted gene co-expression network analysis. Sci. Rep. 9, 1–16.
21. McDonald, G., Novak, S., Browne, C., Minkey, D., Midwood, J., Schmitt, S., Clark, G., Pierce, E., Amgouris, A., Kravcuc, O., Wu, E., 2019. A survey of winter crop establishment in the southern and western regions. In: Proceedings of the 19th Australian Society of Agronomy Conference, Wagga Wagga, NSW. http://www. agronomyaustraliaproceedings.org/.
22. McMaster, C., Menz, I., Stevenson, A., 2018. Canola establishment across central NSW—how to get it up? In: Kirkegaard, J. (Ed.), AusCanola2018 (20th Australian Research Assembly on Brassicas), Perth, Australia, pp. 103–110.
23. Paparella, S., Arau´ jo, S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., Balestrazzi, A., 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. Plant Cell Rep. 34, 1281–1293.
24. Rebetzke, G., Richards, R., Fettell, N., Long, M., Condon, A.G., Forrester, R., Botwright, T., 2007. Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. Field Crops Res. 100, 10–23.
25. Soltani, E., Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2019. A review of the relationship between primary and secondary dormancy, with reference to the volunteer crop weed oilseed rape (*Brassica napus*). Weed Res. 59, 5–
26. Tesnier, K., Strookman-Donkers, H.M., Pijlen, J.G., v., Geest, A. H. M. v. d., Bino, R. J., and Groot, S. P. C., 2002. A controlled deterioration test for Arabidopsis thaliana reveals genetic variation in seed quality. Seed Sci. Technol. 30, 149–165.
27. Ukrainetz, H., 1974. Use of fertilizer. In: Adolphe, D. (Ed.), Canola, Canada's Rapeseed Crop. Vol. Publication No. 56. Rapeseed Association of Canada, pp. 17–19.
28. Wani, S.P., Sreedevi, T., Rockstr€om, J., Ramakrishna, Y., 2009. Rainfed agriculture—past trends and future prospects. In: Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential. CABI, Wallingford, UK, pp. 1–35.
29. You, M.P., Rensing, K., Renton, M., Barbetti, M.J., 2017. Modeling effects of temperature, soil, moisture, nutrition and variety as determinants of severity of Pythium damping-off and root disease in subterranean clover. Front. Microbiol. 8, 2223.
30. Zhang, J., Hu, L., Redden, B., Yan, G., 2015a. Identification of fast and slow germination accessions of *Brassica napus* L. for genetic studies and breeding for early vigour. Crop Pasture Sci. 66, 481–491.

استفاده از خویشاوندان وحشی و گونه های سازگار نسبت به شرایط آب و هوایی در محصولات

رضا وجدان
کارشناس به نژادی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر
شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

Using wild relatives and related species to build climate resilience in *Brassica* crops

مقدمه

تغییرات آب و هوایی سبب تشدید وقایع آب و هوایی و افزایش جوامع آفات و بیماری‌ها خواهد شد. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در نتیجه‌ی فعالیت های صنعتی، از طریق اثر گلخانه‌ای، سبب گرم‌تر شدن کره‌ی زمین می‌شود. دمای کره‌ی زمین تا سال ۲۰۵۰ براساس سیاست‌های نادرست آب و هوایی، باعث افزایش دمای کره‌ی زمین از ۰/۴ الی ۲/۶ سانتی گراد خواهد شد (IPCC; 2014). این افزایش دما، موجب افزایش امواج گرمایی می‌شود (Shukla et al. 2019). تنش حرارتی به‌واسطه‌ی تخریب غشای سلولی و پایداری پروتئین، محدود شدن رشد گیاه در تمام مراحل نموی، بویژه مرحله‌ی گلدهی تاثیر منفی بر رشد گیاه دارد (Bita and Gerats 2013; Bailey-Serres et al. 2019). در میان اثرات مستقیم، افزایش دما می‌تواند دو اثر جانبی نامطلوب دیگر بر آب و هوای محلی داشته باشد: در دماهای بالاتر، ظرفیت نگهداری رطوبت در هوا به ازای هر درجه، ۷٪ افزایش خواهد یافت، که این مورد می‌تواند موجب افزایش وقوع باران‌های سنگین و احتمال وقوع روان‌آب و سیل شود (Trenberth 2011; Kodra et al. 2020). در عین حال، افزایش تبخیر موجب تسریع خشکی خاک و احتمال خشکسالی‌ها می‌شود (Trenberth 2011; Lu et al. 2019). این که کدام نتیجه محتمل‌تر است به فصل و منطقه‌ی جغرافیایی بستگی دارد.

استفاده از خویشاوندان وحشی و گونه‌های مرتبط برای بهبود گیاهان زراعی در براسیکا

خانواده‌ی براسیکاسه تحت عنوان خردل یا کروسیفرا، خانواده‌ای از گیاهان گلدار می‌باشد که شامل ۳۳۸ جنس و ۳۷۰۹ گونه است (Al-Shehbaz et al. 2006; Warwick et al. 2006). این خانواده شامل چندین گونه‌ی مستعد برای پژوهش‌های علمی هستند که شامل گیاهان مدلی مانند *Arabidopsis thaliana*، *Raphanus sativus* (radish) ، *Eruca sativa* (rocket)، *Sinapis alba* (mustard seed) و *Brassica napus* (rapeseed) می‌باشد. برخی از گونه‌ها نظیر *Aurinia saxatilis* (basket-of-gold), *Iberis sempervirens* (candytuft), *Matthiola incana* (stocks), *Erysimum cheiri* (wallflowers) and *Lunaria annua* (honesty) بعنوان گیاهان زینتی بکار می‌روند. زیر خانواده‌ی (قبیله) براسیکا (Brassiceae) یکی از ۴۹ عضو در این خانواده می‌باشد و گروهی شامل تعدادی از دودمان فیلوژنیک منشا گرفته از یک کلاس (clade) می‌باشد. این قبیله شامل گونه‌هایی با سطوح پلوئیدی متفاوت بوده که در ۸۰٪ گونه‌ها عدد هاپلوئیدی از n=6 تا n=75 متغیر است (Warwick and Anderson 1993). جنس براسیکا در این قبیله از ۳۷ گونه تشکیل شده که اکثر گونه‌های زراعی در این جنس قرار دارند (Gomez; Campo. 1980). رابطه‌ی نزدیک میان گونه‌های این جنس، همراه با خویشاوندان وحشی فراوان و گونه‌های مینیاتوری در این قبیله گسترده، آن را به مدلی جالب توجه برای پژوهش‌های دورگ‌گیری به منظور بهبود تولید گیاهان زراعی تبدیل کرده است (Katche et al. 2019).

مثلث یو انتشار یافته توسط سیتولوژیست کره‌ای، Nagaharu U (U 1935)، روابط تکاملی و کروموزومی میان ژنوم‌های A, B, C گونه‌های دیپلوئید *B. rapa* (AA, 2n = 20; turnip rape, turnip, Chinese cabbage, Pak choi)، *B. nigra* (BB, 2n = 16; black mustard) و *B. oleracea* (CC, 2n = 18; cabbage, cauliflower, broccoli, kale, kohlrabi, Brussels sprouts) و آلوتتراپلوئیدهای *B. carinata* (AABB, 2n = 34; Abys simian or Ethiopian mustard)، *B. napus* (AACC, 2n = 38; oilseed rape, spring rape, swede) و *B. juncea* (BBCC, 2n = 36; Indian or brown mustard) را نشان می‌دهد. Rapeseed، Oilseed rape یا کانولا (Canadian Oil Low Acid) سومین دانه روغنی مهم در جهان می‌باشد. Oilseed rape عموماً به هر عضو از جنس براسیکا (عموماً *B. napus*، *B. rapa*، *B. juncea*، درحالیکه عموما اشاره به rapeseed به *B. napus* دارد)اطلاق می شود که برای تولید روغن خوراکی کشت می‌شوند. بدنبال برنامه‌های اصلاحی متعدد، Rapeseed به لاین‌هایی با اروسیک اسید پائین (کمتر از ۲٪)، محتوای گلوکوزینولات پائین (کمتر ۳۰ میکرومول بر گرم در کنجاله) و عملکرد بالا مبدل گردید و بعنوان منبع روغن خوراکی گیاهی، اهمیت اقتصادی زیادی پیدا کرد. ویژگی‌هایی که سبب می‌شود تا روغن کانولا گزینه‌ای مناسب برای متخصصین تغذیه و مصرف کنندگان در سراسر دنیا می‌شود، شامل محتوای بالای اسید چرب غیر اشباع چند زنجیره‌ای لینولنیک اسید (سرشار از امگا۳، ۱۰٪) و اولئیک اسید بالا، ۶۰٪ می‌باشد (Iniguez-Luy and Federico 2011; Friedt et al. 2018). از سوی دیگر این گونه (*B. napus*) بدلیل عملکرد بالا و کیفیت بالای بذر توسط مهاجرین از اروپا (زیستگاه اولیه) به سایر نقاط جهان فرستاده شد (Zou et al. 2010) و در نتیجه پروژه‌های اصلاحی و انتخاب‌های صورت گرفته تنوع ژنتیکی در خزانه‌ی ژنی این محصول کاهش یافت (Snowdon and Luy 2012). به هرحال تعادل در مصرف جنس براسیکا باید حفظ شود، زیرا در سطح جهانی بعد از حذف استفاده از روش کنترل شمیایی توسط اتحادیه‌ی اروپا، ارزش براسیکای علوفه‌ای از کلزای زراعی (*B. napus*) پیشی گرفته است.

صفات مفید شناسایی شده در گیاهان زراعی جنس براسیکا و آل‌های وحشی

هر شش گونه‌ی زراعی این جنس شامل صفات زراعی منحصر به فردی هستند که برای بهبود کولتیوارهای برتر و یا غنی‌سازی خزانه-های ژنی درون گونه‌ای مورد استفاده قرار گیرند. درحالیکه هر گونه اغلب با فنوتیپ‌های خاص همراه است، بعنوان مثال *B. napus*، به دانه روغنی با عملکرد بالا شناخته می‌شود و *B. oleracea* برای مصارف سبزیجات بسیار معروف است (Cheng et al. 2016). در هر یک از این گونه‌ها تعداد زیادی صفات مطلوب وجود دارد که در بین گونه‌های خویشاوند نزدیک قابل انتقال هستند.

صفات مقاومت به بیماری

مقاومت به بیماری‌ها می‌تواند توسط یک ژن ("R-gene") و یا چند ژن با اثرات کوچک (quantitative resistance) کنترل شود. اگرچه تعدادی از گونه‌ها دارای ژن (های) مقاومت به بیماری بودند ولی تحت شرایط ناشی از فشار انتخابی، مقاومت این ژن‌ها شکسته شد، بنابراین لزوم احیای گونه‌های مقاوم به بیماری، فرایندی پویا خواهد بود. بیماری پوسیدگی ریشه، از بیماری‌های مهم در کولتیوارهای براسیکا می‌باشد (Dixon 2009). مقاومت به این بیماری در *Brassica rapa* دیده شده است (Karling and Karling 1942; Piao et al. 2009; Zhang et al. 2015a). در آزمون غربال‌گری در گونه‌های مختلف (*B. rapa, B. nigra, B.*

oleracea, B. napus, B. juncea, and B. carinata) مشخص شد، اکثر منابع مقاومت در *B. nigra*، و برخی دیگر در *B.* *oleracea, B. rapa and B. napus* وجود داشتند (ولی هیچ منبع مقاومتی در *B. juncea* یا *B. carinata* یافت نشد) (Fredua & Agyeman et al. 2019). پوسیدگی ساقه‌ی اسکلروتینیا یکی دیگر از بیماری‌های شایع در گونه‌های این جنس می‌باشد که منجر به کاهش عملکرد محسوس می‌گردد. مقاومت به این بیماری در *B. oleracea* (Mei et al. 2011, 2013) و *B. napus* (Taylor et al. 2015) مشاهده شده است، در مقابل در *B. juncea* (Li et al. 2009) حساسیت بالایی یافت شده است. اخیراً مقاومت به این بیماری در گونه‌های دارای ژنوم C یافت می‌شود، که از طریق روش پل هیبریدی هگزاپلوئید بین گونه‌ای به *B. napus* منتقل شد (Mei et al. 2015, 2020). بیماری ساق سیاه (فوما) از دیگر بیماری‌های مهم می‌باشد که هر ساله خسارات زیادی را به محصول کلزا وارد می‌آورد. یکی از راه‌های کنترل این بیماری استفاده از کولتیوارهای مقاوم است، بنابراین توسعه‌ی ارقام مقاوم یک استراتژی کارا در این بحث می‌باشد. ژن‌های مقاومت در *B. napus* (Delourme et al. 2006; Rimmer 2006; Light et al. 2011) و *B.rapa* (Yu et al. 2005, 2008) یافت شده‌اند. تا به امروز ژن مقاومتی در ژنوم C یافت نشده است، اگر چه در مطالعات بیوانفورماتیکی اخیر مواردی پیشنهاد شده است (Ferdous et al. 2020).

دورگ‌گیری برای بهبود گیاهان زراعی در جنس براسیکا

تنوع ژنتیکی درون و بین گونه‌ای پیش‌نیاز به‌نژادی گیاهی است. به‌منظور افزایش عملکرد، افزایش مقاومت به بیماری و اصلاح کیفیت روغن در مصارف تغذیه‌ای و صنعتی، معرفی منابع جدید واجد تنوع ژنتیکی در واریته‌های برتر کنونی، امری ضروری می‌باشد (Allender and King 2010). در خانواده‌ی براسیکاسه، تنوع جدید بوسیله‌ی دورگ‌گیری کولتیوارهای سازگار شده، گونه‌های وحشی و توده‌ی بومی یا ژرم پلاسم خارجی نظیر گونه‌های متفاوت قابل دستیابی است (Friedt et al. 2018). رویکردهای متفاوتی برای انتقال صفات از طریق دورگ‌گیری بین گونه‌ای وجود دارد. موفقیت در تلاقی بین دو والد با مشاهده‌ی جوانه‌زنی دانه گرده، رشد لوله گرده، توسعه‌ی جنین و تشکیل دانه تعیین می‌شود (Bhat and Sarla 2004).

انتقال صفات مفید از خویشاوندان وحشی به گونه های زراعی: چگونه انجام می‌شود؟

اولین گام در انتقال صفات مفید از خویشاوندان وحشی به محصولات زراعی این است که مشخص شود کدام ژرم پلاسم وحشی حامل صفت مورد نظر است و اینکه مبنای ژنتیکی این صفت چگونه است. در حالت ایده‌آل، ژرم پلاسم هدف در همان گونه قرار داشته و این صفت تحت کنترل یک مکان ژنی بزرگ اثر قرار دارد. متأسفانه این وضعیت به ندرت یافت می‌شود. اولاً، بسیاری از گونه‌های که از لحاظ خویشاوندی اینبرد (خالص) هستند، فاقد تنوع ژنتیکی و صفاتی لازم برای بهبودهای اختصاصی هستند. در جنس *Brassica*، این امر به ویژه در گونه‌های اصلی زراعی (*B. napus*) کلزا صادق است، که هیچ گونه "وحشی" برای آن وجود ندارد (Dixon, 2007) و برای مثال تصور می‌شود که مقاومت کمی در برابر حشرات وجود نداشته باشد (Rimmer, 2006; Lefon et al. 2007) از این رو، اغلب لازم است به مخزن ژرم پلاسم اولیه برای صفات نگاه کنید. ثانیا، اگرچه برخی از صفات اغلب توسط ژن‌های اصلی کنترل می‌شوند، مانند مقاومت در برابر بیماری ساق سیاه/فوما (Remmer, 2006، Lefon et al., 2007). یا تحمل به خشکی, (Fletcher et al. 2015, 2016; Zhu et al. 2016) زمان رشد (Schiessl et al. 2015) و عملکرد (Zhou et al.

,2014; Luo et al. 2017) معمولاً محصول چندین ژن، عوامل ژنتیکی یا شبکه های ژنی هستند. بر این اساس بهتر است صفاتی داشته باشیم که: الف) در گونه های نزدیک به هم وجود داشته باشند. ب) توسط یک مکان ژنی منفرد کنترل شوند، در این حالت انتقال صفات از ژرم پلاسم وحشی به گونه‌های زراعی آسان تر است. انتقال فیزیکی مواد ژنتیکی بین دو گروه ژرم پلاسمی معمولاً باید از طریق یک یا چند کراسینگ اوور بین کروموزوم‌ها در هیبریدی که بین آنها تولید شده است انجام شود که (معمولاً) ۵۰٪ ماده ژنتیکی هر یک از والدین را دارا می‌باشد.

افزایش شانس معرفی صفات مفید در گیاهان زراعی برای افزایش تاب‌آوری شرایط آب و هوایی

برای تسهیل انتقال مکان‌های ژنی و صفات مورد علاقه از خویشاوندان وحشی به محصولات برای ایجاد انعطاف‌پذیری نسبت به شرایط آب و هوایی، چه کاری می‌توانیم انجام دهیم؟ برنامه ریزی تجربی خوب و دانش قبلی کلید بهبود میزان موفقیت است. اگرچه در برخی موارد اطلاعات بسیار کمی در مورد کنترل ژنتیکی صفت یا فنوتیپ مورد نظر، سهولت تولید ارقام هیبرید ، فراوانی توزیع کراسینگ اوور در هیبریدهای بین گونه‌ای وجود دارد، در بسیاری از مواقع حداقل برخی از این اطلاعات باید از قبل شناخته شده باشند و می‌توان از آنها برای پیش بینی زمان و تلاش احتمالی مورد نیاز برای دستیابی به این اهداف استفاده کرد. پیش‌بینی می‌شود که پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های ژنومیک و بیوانفورماتیک کمک زیادی در این زمینه کند.

موفقیت در انتقال صفات مرتبط از نظر زراعی بین گونه‌ها به عواملی مانند شباهت بین ژنوم منبع (به عنوان مثال خویشاوندان وحشی) و ژنوم هدف (به عنوان مثال محصول)، سهولت تولید هیبرید، فراوانی و توزیع کراسینگ اور در فرایند میوز هیبریدی بین گونه‌ای و متعاقباً سهولت بازیابی لاین‌های دورگه بستگی دارد. صرف نظر از مشکلات قابل توجهی که در استفاده از خویشاوندان وحشی برای بهبود محصول وجود دارد، این روش پتانسیل زیادی را برای بهبود محصولات براسیکا و در بهبود انعطاف پذیری و مقاومت گیاهان زراعی در مواجهه با تغییرات آب و هوایی جهانی ارائه می دهد، اگرچه هنوز کشف نشده است.

منابع:

1- Allender, CJ., King, GJ. 2010. Origins of the amphiploid species *Brassica napus* L. investigated by chloroplast and nuclear molecular markers. BMC Plant Biol 10:54. https://doi.org/10.1186/

2- Al-Shehbaz, IA., Beilstein, MA., Kellogg, EA. 2006. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. Plant Syst Evol 259:89–120. https://doi.org/10.1007/ s00606-006-0415-z

3- Bailey-Serres, J., Parker, JE., Ainsworth, EA. 2019. Genetic strategies for improving crop yields. Nature 7781:109–118. https:// doi.org/10.1038/s41586-019-1679-0

4- Bhat, S., Sarla, N. 2004. Identification and overcoming barriers between *Brassica rapa* L. em. Metzg. and *B. nigra* (L.) Koch crosses for the resynthesis of *B. juncea* (L.) Czern. Genet Resour Crop Evol 51:455–469. https://doi.org/10.1023/B: GRES.0000024154.19867.cd

5- Bita, CE., Gerats, T. 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientifc fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. Front Plant Sci 4:273. https://doi. org/10.3389/fpls.2013.00273

6- Cheng, F., Sun, R., Hou, X. 2016. Subgenome parallel selection is associated with morphotype diversifcation and convergent crop domestication in *Brassica rapa* and *Brassica oleracea*. Nat Genet 48:1218–1224. https://doi.org/10.1038/ng.3634

7- Delourme, R., Chèvre, AM., Brun, H. 2006. Major gene and polygenic resistance to *Leptosphaeria maculans* in oilseed rape (*Brassica napus*). Eur J Plant Pathol 114:41–52. https://doi.org/ 10.1007/s10658-005-2108-9

8- Dixon, GR. 2009. The occurrence and economic impact of Plasmodiophora brassicae and Clubroot Disease. J Plant Growth Regul 28:194–202. https://doi.org/10.1007/s00344-009-9090-y

9- Ferdous, MJ., Hossain, MR., Park, JI. 2020. In-silico identifcation and diferential expressions of LepR4-syntenic disease resistance related domain containing genes against blackleg causal fungus *Leptosphaeria maculans* in *Brassica oleracea*. Gene Reports 19:100598. https://doi.org/10.1016/j.genrep.2020.10059

10- Fletcher, RS., Herrmann, D., Mullen, JL. . 2016. Identifcation of polymorphisms associated with drought adaptation QTL in *Brassica napus* by resequencing. G3 Genes Genomes. Genet 6:793–803. https://doi.org/10.1534/g3.115.021279

11- Fletcher, RS., Mullen, JL., Heiliger, A., McKay, JK. 2015. QTL analysis of root morphology, fowering time, and yield reveals trade-ofs in response to drought in *Brassica napus*. J Exp Bot 66:245–256. https://doi.org/10.1093/jxb/eru423

12- Iniguez-Luy, FL., Federico, ML. 2011. The genetics of *Brassica napus*. In: Schmidt R, Bancroft I (eds) Genetics and Genomics of the Brassicaceae. Springer, pp 291–322

13- Karling, JS., Karling, JS. 1942. The Plasmodiophorales; including a complete host index, bibliography, and a description of diseases caused by species of this order, 1st edn. The author, New York city

14- Katche, E., Quezada-Martinez, D., Katche, EI. 2019. Interspecifc hybridization for Brassica crop improvement. Crop Breed Genet Genom 1:e190007

15- Kodra, E., Bhatia, U., Chatterjee, S. 2020. Physics-guided probabilistic modeling of extreme precipitation under climate change. Sci Rep 10:10299. https:// doi. org/ 10. 1038/ s41598- 020- 67088-1

16- Lefon, M., Brun, H., Eber, F. 2007. Detection, introgression and localization of genes conferring specifc resistance to *Leptosphaeria maculans* from *Brassica rapa* into *B. napus*. Theor Appl Genet 115:897–906. https://doi.org/10.1007/s00122-007-0616-z

17- Li, CX., Liu, SY., Sivasithamparam, K., Barbetti, MJ. 2009. New sources of resistance to Sclerotinia stem rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in Chinese and Australian *Brassica napus* and *B. juncea* germplasm screened under Western Australian conditions. Australas Plant Pathol 38:149–152. https://doi.org/10.1071/Ap08087

18- Luo, Z., Wang, M., Long, Y. 2017. Incorporating pleiotropic quantitative trait loci in dissection of complex traits: seed yield in rapeseed as an example. Theor Appl Genet. https://doi.org/10. 1007/s00122-017-2911-7

19- Mei, J., Liu, Y., Wei, D. 2015. Transfer of sclerotinia resistance from wild relative of *Brassica oleracea* into *Brassica napus* using a hexaploidy step. Theor Appl Genet 128:639–644. https://doi.org/

20- Piao, Z., Ramchiary, N., Lim, YP. 2009. Genetics of clubroot resistance in Brassica species. J Plant Growth Regul 28:252–264. https:// doi.org/10.1007/s00344-009-9093-8

21- Rimmer, SR. 2006. Resistance genes to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. Can J Plant Pathol 28:S288–S297. https://doi. org/10.1080/07060660609507386

22- Schiessl, S., Iniguez-Luy, F., Qian, W., Snowdon, RJ. 2015. Diverse regulatory factors associate with fowering time and yield responses in winter-type *Brassica napus*. BMC Genomics 16:737

23- Shukla, PR., Skea, J., Slade, R. 2019 Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertifcation, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fuxes in terrestrial ecosystems. Technical Summary.

24- Snowdon, RJ., Luy, FLI. 2012. Potential to improve oilseed rape and canola breeding in the genomics era. Plant Breed 131:351–360. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.01976.x

25- Taylor, A., Coventry, E., Jones, JE., Clarkson, JP. 2015. Resistance to a highly aggressive isolate of *Sclerotinia sclerotiorum* in a *Brassica napus* diversity set. Plant Pathol 64:932–940. https://doi. org/10.1111/ppa.12327

26- Trenberth, KE. 2011. Changes in precipitation with climate change. Clim Res 47:123–138. https://doi.org/10.3354/cr00953

27- Warwick, S., Anderson, J. 1993. Guide to the wild germplasm of Brassica and allied crops: Part II: Chromosome numbers in the tribe Brassiceae (Cruciferae). Agric Canada Res Branch, Tech Bull 15E:22

28- Yu, F., Lydiate, DJ., Rimmer, SR. 2005. Identifcation of two novel genes for blackleg resistance in *Brassica napus*. Theor Appl Genet 110:969–979. https://doi.org/10.1007/s00122-004-1919-y

29- Yu, F., Lydiate, DJ., Rimmer, SR. 2008. Identifcation and mapping of a third blackleg resistance locus in *Brassica napus* derived from *B. rapa* subsp. sylvestris. Genome 51:64–72. https://doi.org/10. 1139/G07-103

30- Zhang, H., Feng, J., Zhang, S. 2015. Resistance to Plasmodiophora brassicae in *Brassica rapa* and *Brassica juncea* genotypes from China. Plant Dis 99:776–779. https://doi.org/10.1094/ PDIS-08-14-0863-RE

31- Zhou, Q-H., Fu, D-H., Mason, AS. 2014. In silico integration of quantitative trait loci for seed yield and yield-related traits in *Brassica napus*. Mol Breed 33:881–894. https://doi.org/10.1007/ s11032-013-0002-2

32- Zhu, J., Huang, S.2010. Broadening the avenue of intersubgenomic heterosis in oilseed Brassica. Theor Appl Genet 120:283–290. https://doi.org/10.1007/s00122-009-1201-4

کاملینا یک گیاه دانه روغنی و دارویی

الهام شهرکی مقدم
کارشناس تحقیقات نمایندگی گلستان
شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

plant Camelina is an oily and medicinal

مقدمه :

جنس camelina به خانواده چلیپائیان تعلق دارد. از این خانواده یازده گونه کاملینا شناخته شده است که پنج گونه از جمله *C.sativa*(L) *C.alyssum*, *C.hispida Bioss*, *C.microcarpa*, *C.runelica velen*, در مخازن ژرم‌پلاسم گیاهی عمومی در دسترس هستند (Warwick et al., 2010). در حال حاضر فقط دو گونه *C.sativa* و *C.microcarpa* برای تولید روغن خوراکی کشت می‌شوند. اخیرا با توجه به محتوای بالای روغن (۲۸-٤۰ درصد)، غنای اسیدهای چرب اشباع نشده (حدود ۹۰ درصد) و طول دوره رشد بسیار کوتاه در سازگاری خوب با زمین و سیستم‌های زراعت کم نهاده، این گیاه مورد توجه قرار گرفته است (Moser et al.,2010). ۸۹٤۱۸ ژن کدکننده پروتئین در گیاه کاملینا شناسایی شده است (Kagale et al., 2014). به علت رابطه ژنتیکی نزدیکی که کاملینا با گیاه مدل آرابیدوپسیس دارد، ژن‌های آرابیدوپسیس را برای مقاومت به خشکی در گیاه کاملینا به کار برده‌اند (Vollmann and Eynck, 2015).

در آزمایش‌های مختلف نشان داده شده که احتیاجات آبی بسیار کمتر داشته و در برابر سرمای بهاره مقاومت بیشتری نسبت به سایر گیاهان دانه روغنی، به‌خصوص کلزا دارد. همچنین این گیاه از مقاومت بالایی در برابر آفات رایج در دانه‌های روغنی مانند سوسک‌های گرده خوار برخوردار است (Mcvay, 2008). کاملینا بومی اروپا و آسیای جنوبی است و سابقه کشت و کار آن به ٤۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد. در زمان روم و یونان باستان کشت این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی توسعه یافت. مرکز رشد عمده این گیاه از اروپای شرقی تا آسیای مرکزی گسترش یافته و در زمان جنگ‌های جهانی و پس از آن کشت می‌شد (Gehringer, 2010).

گیاه دانه روغنی کاملینا دارای خواص و کاربردهای متعددی است. در تغذیه و موضوع سلامت، روغن آن دارای مقادیر بالایی از امگا ۳ است که باعث پیشگیری از سرطان و چاقی می‌شود. در صنعت به عنوان سوخت زیستی، تولید رزین، واکس‌ها و همچنین تولید لوازم آرایشی، بهداشتی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کارخانه‌های روغن‌کشی، برای جلوگیری از فساد و اکسیداسیون و افزایش ماندگاری روغن، اقدام به افزودن آنتی‌اکسیدان صنعتی می‌کنند که برای سلامت انسان بسیار خطرناک است. این در حالی است که کاملینا به دلیل داشتن آلفاتوکوفرول و ویتامین E بالا، که خود آنتی اکسیدان‌هایی قوی هستند، نیاز به هیچ گونه افزودنی برای ماندگاری ندارد (Kahrizi et al., 2011). به همین علت در بسیاری از کشورها، از جمله استرالیا، جایگزین خوبی برای روغن سویا می باشد.

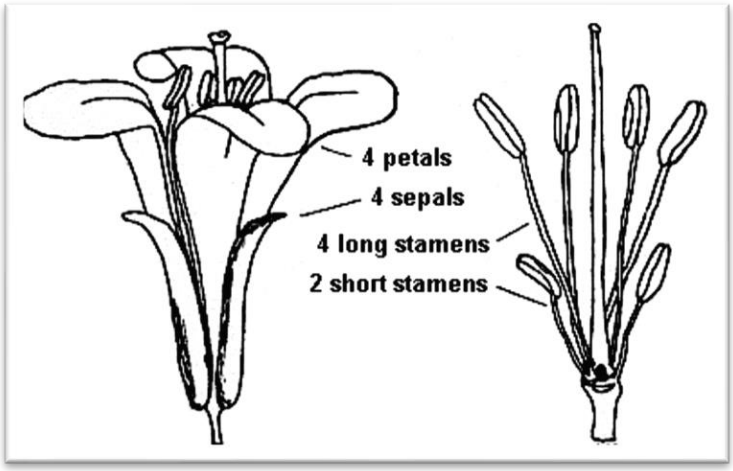
گیاه شناسی کاملینا

گیاهی یک‌ساله با تیپ رشدی زمستانه یا تابستانه است و ارتفاع آن بین ۳۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر، متغیر است. برگ‌ها متناوب روی ساقه قرار گرفته و دارای دو تا هشت سانتی متر طول و دو تا ۱۰ میلی‌متر عرض هستند. گل‌ها دوجنسه و به رنگ زرد کم رنگ بوده و به صورت خوشه‌ای گروه‌بندی می‌شوند. بذور کوچک، یک چهارم تا یک دوم اندازه بذر کانولا، به رنگ زرد کمرنگ یا نارنجی، مستطیلی

شکل در خورجین شکوفا تشکیل می‌شوند. وزن هزار دانه آن از ۰,۸ تا ۲ گرم متغیر است. دانه این گیاه محتوی ۳٤ تا ٤۳ درصد روغن و ۲۷ تا ۳۲ درصد پروتئین است. کاملینا گیاهی با دوره رشد کوتاه (۸۵ تا ۱۰۰روز) است و به خوبی در آب و هوای معتدل و خاک سبک و متوسط رشد می‌کند (Gugel and Fak, 2006).

مشخصات گل و سیستم گرده‌افشانی کاملینا

کاملینا بر اساس ریخت‌شناسی گل به‌عنوان گیاهی خودگرده‌افشان در نظر گرفته می‌شود (Groenevehd and Klein, 2014). میزان دگرآمیزی در این گیاه بسیار پائین(۰/۲۸ الی ۰/۰۹) است و به همین دلیل کاملینا را گیاهی خودگشن معرفی نمودند. دگرآمیزی تحت تاثیر همزمانی گلدهی و نیز مسیر گرده و فاصله از منبع گرده دهنده قرار دارد (Walsh et al., 2012). تاکنون دگرآمیزی کاملینا با برخی از گیاهان خانواده براسیکا مانند *B.napus, B.rapa, B.juncea, B.nigra* موفقیت آمیز نبوده است (Salisbury, 1991). گل کاملینا دارای چهار پرچم بلند و دو پرچم کوتاه می باشد که خامه در وسط این شش پرچم قرار گرفته است (شکل۱).



شکل ۱: ساختارکاملینا

ژنتیک و به‌نژادی گیاه کاملینا

کاملینا گیاهی هگزاپلوئید است. نقشه برداری ژنتیکی بذر آن یک ساختار پلی‌پلوئیدی و دیپلوئیدی را نشان داده است و شناسایی دو ژن در مسیر بیوسنتز اسید چرب نشان می‌دهد که ژنوم این گیاه هگزاپلوئید است (Kagale et al., 2014). یکی از استراتژیهای اصلاحی کاملینا افزایش اندازه بذر است، اما هنگامی که وولمن و همکاران (۲۰۰۷) اقدام به انتخاب لاین‌های با اندازه بزرگتر بذر نمودند، مشاهده کردند که این کار تاثیر منفی بر روی بقیه صفات مهم، از جمله عملکرد بذر، میزان روغن و پروفایل اسیدهای چرب دارد. بر خلاف بسیاری از گیاهان، تا سال ۲۰۰۵ اطلاعات محدودی درباره ژنوم کاملینا و تنوع زیستی آن وجود داشته است. نقشه ژنوم گیاه کاملینا توسط گرینگر و همکاران در سال ۲۰۰٦ ترسیم گردید. وولمن و همکاران(۲۰۰۵)، آنالیز DNA به وسیله نشانگر RAPD را برای بررسی تنوع کاملینا رشد یافته در سه میکرو محیط متفاوت در استرالیا انجام دادند و چهار گروه فنوتیپی را گزارش دادند. در این مطالعه تنها ٦۳٪ از ۳۰ نشانگر مورد بررسی پلی‌مورف بودند که نشان دهنده تنوع کم نسبت به گیاهانی است که مانند کاملینا

خودگرده‌افشان هستند. ایجاد تنوع و بررسی آن برای کاملینا با توجه به برنامه‌های به‌نژادی برای ایجاد ویژگی‌های مثبت و بررسی آن‌ها در مناطق مختلف امری ضروری است. هاچئون و همکاران (۲۰۱۰) اولین بار شواهد روشنی از وضعیت ژنوم هگزاپلوئید کاملینا را با تجزیه و تحلیل دو ژن متعلق به مسیر بیوسنتز اسید چرب ارائه دادند، آن‌ها در گونه‌های مختلف کاملینا ژن یک اسید چرب دی سچوراز (FAD2) و یک اسید چرب الانگاز (FAE1) را مورد بررسی قرار دادند، با استفاده از ساترن بلات سه نسخه هر دو ژن FAE1 و FAD2 در کاملینا را کشف کردند، در حالی‌که تنها یک نسخه از هر کدام در آرابیدوپسیس یافت شده است. مطالعات بیان ژن با استفاده از روش Real time quantitative PCR تایید کرد که هر سه نسخه از هر دو ژن می‌تواند کاربردی بوده و در مراحل مختلف تظاهر داشته باشند.

فرآوری دانه کاملینا

زوبر(۱۹۹۷) در پژوهش خود پیشنهاد کرد که روغن کاملینا پس از استخراج نیاز به مراحل پالایش نظیر تصفیه و خنثی‌سازی ندارد و این مراحل پردازش می‌توند تاثیر منفی بر کیفیت روغن کاملینا داشته باشد. در حال حاضر روش‌های سنتی برای استخراج روغن مطابق جدول (۱) انجام می‌شود.

جدول۱- مراحل پالایش و تصفیه دانه کاملینا

- برداشت گیاه (رطوبت ۱۱درصد) آفتاب خشک
- دانه خشک (رطوبت ۸-۷درصد) خرمن کوبی و تمیز کردن دانه‌ها
- آسیاب کردن دانه برای بدست آوردن توده
- مخلوط کردن توده با حجم مساوی آب (به ظاهر خمیری)
- حرارت دادن خمیر (در ۶۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد) برای تبدل به حالت شنی(Sandy)
- تحت فشار قرار دادن خمیر از طریق پرس
- فیلتر روغنی از طریق یک تور
- استخراج روغنی روشن و زرد رنگ کاملینا

پروفایل اسید چرب یک دانه روغنی تعیین کننده قابلیت استفاده مناسب به عنوان محصول تغذیه‌ای، صنعتی و یا دارویی بودن آن است. داشتن اسیدهای چرب مانند اوریک، لینولینک، لینولئیک و اولئیک در سطوح مختلف روغن‌های گیاهی می‌تواند به‌عنوان اهداف صنعتی و خوراکی استفاده شود. اسیدهای چرب دیگری از جمله استئاریک، آرراشدایک، اکوزادینوئیک، ایکواترینودیک، اروسیک و نرونیک اسید نیز به مقدار کم در روغن کاملینا شناسایی شده‌اند. اسید لینولنیک فراوان‌ترین اسید چرب در روغن کاملینا با میزان تقریبا ۲۵ تا ۳۰ درصد است(Sipalova, 2011).

اکسیداسیون به عنوان علت اصلی فساد روغن در طول ذخیره‌سازی شناخته شده است. پارامترهای اصلی تعیین ثبات روغن در

ابتدای اکسیداسیون، ترکیب تری گلیسرید وحضور ترکیبات آنتی‌اکسیدان می باشد. نتایج مطالعات گوناگون نشان داده که پایداری اکسیداتیو روغن کاملینا نسبت به روغن کتان بالاتر است. اکسیداسیون چربی نه تنها منجر به تولید بوی بد، طعم ناخوشایند و تغییر

رنگ می‌شود، همچنین می‌تواند کیفیت تغذیه و ایمنی را کاهش دهد. روغن‌های گیاهی رایج مانند روغن زیتون، ذرت و آفتابگردان کمتر از ۱ درصد اسید لینولنیک دارند، در حالی‌که کلزا و یا روغن سویا تقریبا ۸ درصد و روغن برزک با ٦٠ درصد غنی‌ترین منبع اسید لینولنیک است (Ehrensing and Guy, 2008).

تنش های زیستی(علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات)

یکی از مهم‌ترین چالش‌های تولید کاملینا بحث کنترل علف‌های هرز آن است (Lenssen et al., 2012). مهم‌ترین راهکار در این خصوص کشت کاملینا در اراضی است که کمتر با مشکل علف هرز مواجه‌اند. علف پشمکی و چسبک دو گونه عمده علف هرز رایج در مزارع کاملینا به شمار می‌روند (Davis et al., 2013). علف‌کش Sethoxydim تنها باریک برگ‌کش ثبت شده در آمریکا برای کاملینا است که میزان مصرفی پیشنهادی آن ۰/۲۱ تا ۰/٥٤ کیلوگرم در هکتار است. علاوه بر این در کانادا نیز علف‌کش Quizalofop بادز ۰/۳۷ تا ۰/۷٤ کیلوگرم در هکتار به این منظور ثبت شده است. کاملینا تنها در برابر چند نوع پهن برگ‌کش از جمله علف‌کش‌های دی نیتروآنیلینین تحمل نسبی نشان داده است (Jha and Staugard, 2013). موتانت‌های کاملینای مقاوم به علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات سینتاز نیز معرفی شده‌اند این امکان وجود دارد که در سال‌های آینده کاملینای مقاوم به علف‌کش‌های ایمازاتایپر، سولفوسولفورون و فلوکاربازون در دسترس کشاورزان قرار گیرند (Walsh et al., 2012). کاملینا به چند بیماری رایج در محصولات خانواده براسیکاسه از جمله بوته میری حاصل از قارچ‌های Rhizoctania و *Phytium debaranium* حساس است، اما خوشبختانه مقاومت بسیار بالایی در برابر دو مورد از مخرب‌ترین بیماری‌های کانولا و سایر دانه‌های روغنی خانواده براسیکاسه، یعنی بیماری‌های آلترناریا و Blackleg، از خود نشان داده است (Seguin et al., 2009). در خصوص آفات نیز این نکته قابل ذکر است که کاملینا نسبت به سه آفت مهم کانولا، از جمله سوسک کک مانند، کرک ریشه و بید پشت الماسی، حساس نیست. سایر آفات، از جمله شته‌ها، نیز روی کاملینا گزارش شده‌اند، اما میزان خسارت آن‌ها اقتصادی نبوده است با این حال، تجمع شته‌ها می‌تواند برای محصول بعدی سیکل تناوب، امری مشکل ساز باشد(Chesnais, 2015).

تنش‌های غیر زیستی

گیاه دانه روغنی کاملینا گیاهی با تحمل ذاتی قابل قبول در برابر تنش یخ زدگی است که می‌تواند در آزمایش‌های تحمل تنش یخزدگی جهت شناسایی دقیق‌تر مکانیسم‌های تحمل مورد استفاده قرار گیرد. تیمار خودسرمایی یعنی سازگاری در شرایط دمای پائین قبل از اعمال تنش یخ زدگی منجر به افزایش تحمل لاین های مختلف به تنش یخزدگی شد. این امر موجب شد که میزان خسارت سلولی به گیاه در شرایط تنش یخ زدگی کمتر باشد. نتایج آزمایش دای‌آلل نشان داد که اثرات اپیستازی و فوق غالبیت نقش زیادی در کنترل صفات اندازه‌گیری شده مانند درصد بقای گیاهچه و غیره نداشتند. بررسی ترکیب‌پذیری و هتروزیس بین لاین‌ها نوید بخش این بود که می‌توان با انجام تلاقی‌های هدفمند اقدام به تولید لاین‌های با تحمل بیشتر نیز نمود (Ruclland, 2009).

منابع

1. Chesnais, Q., Verzeaux, J., Couty, A., Le Roux, V., Ameline, A. 2015. Is the oilseedcrop *Camelina sativa* a potential host for aphid pests? BioEnergy Res. 8, 91–99. 446–453.
2. Davis, P.B., Maxwell, B., Menalled, F.D. 2013. Impact of growing conditions on thecompetitive ability of *Camelina sativa* (L.) Crantz. Can. J. Plant Sci. 93, 243–247.

3. Ehrensing, D.T., Guy, S.O., 2008. Camelina. https://catalog.extension.oregonstate.edu/em8953.
4. Gehringer, A. 2010. Development of camelina (Camelina sativa Crtz.) genotypes and winter rapeseed *Brassica napus*(L.) hybrids for marginal locations. Doctoral dissertation, Justus Liebig University, Giessen.
5. Ghamkhar, K., Croser, J., Aryamanesh, N., Campbell, M., Kon'kova, N., Francis, C. 2010. Camelina (*Camelina sativa* (L.)
6. Groeneveld, J.H. and Klein, A.M. 2014. Pollination of two oil-producing plant species: *Camelina sativa* (L.) and pennycress *Thlaspi arvense* (L.) double-cropping in Germany. GCB Bioenergy, 6(3), pp.242-251.
7. Gugel, R.K. and Falk, K.C. 2006. Agronomic and seed quality evaluation of *camelina sativa* in western Canada. Can. J. Pl. Sci. 86: 1047-1058.
8. Hutcheon, C., Ditt. RF., Beilstein, M., Comai, L., Schroeder, J.,Goldstein, E., Shewmaker, CK., Nguyen, T., De Rocher, J., Kiser, J. 2010. Polyploid genome of *Camelina sativa* revealed by isolation of fatty acid synthesis genes. BMC Plant Biol 10:233.
9. Jha, P., Stougaard, R.N. 2013. Camelina (*Camelina sativa*) tolerance to selectedpreemergence herbicides. Weed Technol. 27, 712–717.
10. Kagale S., Koh C., Nixon J., Bollina V., Clarke W.E., Tuteja R., Spillane C., Robinson S.J., Links M.G., Clarke C., Higgins E.E., Huebert T., Sharpe A.G. and Parkin I.A. 2014. The emerging biofuel crop *Camelina sativa* retains a highly undifferentiated hexaploid genome structure. Nature Communications, 5, Article ID: 3706.
11. Kagale, S., Koh, C., Nixon, J., Bollina, V. 2014. The emerging biofuel crop *Camelina sativa* retains a highly undifferentiated hexaploid genome structure. Nat. Commun. 5, 3706, doi: 10.1038/ ncomms 4706.
12. Kahrizi, D., Rostami-Ahmadvandi, H., Akbarabadi, A. 2015. Feasibility Cultivation of Camelina (*Camelina sativa*) as Medicinal-Oil Plant in Rainfed Conditions in Kermanshah-Iran's First Report. Journal of Medicinal Plants and By-products, 2: 215-218.
13. Lenssen, A.W., Iversen, W.M., Sainju, U.M., Caesar-TonThat, T.,Blodgett, S.L., Allen,B.L., Evans, R.G. 2012. Yield, pests, and water use of durum and selectedcrucifer oilseeds in two-year rotations. Agron. J.104, 1295-1304.
14. McVay, K. A. 2008. Camelina Production in Montana. Copyright © 2008 MSU Extension.
15. Moser, Bryan R., and Steven F. 2010. Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel. Bioresource Technology 101, no. 2: 646-653.
16. Ruelland, E., Vaultier, M. N., Zachowski, A., & Hurry, V. 2009. Cold signalling and cold acclimation in plants. Advances in botanical research, 49, 35-150.
17. Salisbury, P. A. 1991. Genetic Variability in Australian Wild Crucifers and Its Potential Utilization in Oilseed Brassica Species. PhD Thesis, La Trobe University, Victoria.
18. Séguin-Swartz, G., Eynck, C., Gugel, R., Strelkov, S., Olivier, C., Li, J., Klein-Gebbinck,H., Borhan, H., Caldwell, C., Falk, K. 2009. Diseases of *Camelina sativa* (falseflax). Can. J. Plant Pathol. 31, 375–386.
19. Sipalova, M., Losak, T., Hlusek, J., Vollmann, J., Hudec, J., Filipcik, R., Macek, M. and Kracmar, S. 2011. Fatty acid composition of *Camelina sativa* as affected by combined nitrogen and sulphur fertilisation. African Journal of Agricultural Research, 6(16), pp.3919-3923.
20. Vollmann, J., Eynck C. 2015. Camelina as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. Biotechnol. J., 10, 525-535.
21. Vollmann, J., Grausgruber, H., Stift, G., Dryzhyruk, V., Lelley, T. 2005. Genetic diversity in camelina germplasm as revealed by seed quality characteristics and RAPD polymorphism. Plant Breed. 2005, 124.
22. Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S., & Wagentristl, H.2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. Industrial Crops and Products, 26(3), 270-277.
23. Walsh, D.T., Babiker, E.M., Burke, I.C., Hulbert, S.H., 2012. Camelina mutantsresistant to acetolactate synthase inhibitor herbicides. Mol. Breed. 30,1053–1063.
24. Walsh, K.D., Puttick, D.M., Hills, M.J., Yang, R.C., Topinka, K.C. and Hall, L.M., 2012. Short communication: first report of outcrossing rates in *Camelina sativa* (L.) crantz, a potential platform for bioindustrial oils. Canadian Journal of Plant Science, 92(4), pp.681-685.
25. Warwick, S. I., and Al-Shehbaz, I. A. 2006. Brassicaceae: chromosome number index and database on CD-Rom. Plant Systematics and Evolution 259, no. 2-4: 237-248.
26. Zubr, J. 1997. Oil-seed crop: *Camelina sativa*. Industrial crops and products 6 (2):113-119.
27.

هاپلوئیدی و مزیتهای کشت میکروسپور

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

Haploidy and advantages of microspore culture

مقدمه :

گیاهان هاپلوئید به گیاهانی اطلاق می شود که تعداد کروموزوم‌های آنها برابر با کروموزوم‌های گامتی باشند. هاپلوئیدها در گیاهان برای اولین بار در سال ۱۹۹۲ در *Datura stramonium L.* تشخیص داده شدند که به وسیله بلکسلی و همکاران گزارش گردید. اولین بار در سال ۱۹۶۶ تولید جنین و گیاه هاپلوئید به وسیله کشت بساک را در *Datura*، گزارش شده است (*Dunwell JM. 1996*). گیاهان هاپلوئید و دابل هاپلوئید در ژنتیک و اصلاح نباتات کاربردهای فراوانی دارند که مهمترین آنها عبارت‌اند از:

_تولید لاین‌های کاملا خالص پس از دو برابر کردن تعداد کروموزوم‌های گیاهان هاپلوئید (دابل هاپلوئید)

_وجود تفرق ژنتیکی و نسبت‌های ژنتیکی ساده‌تر در گیاهان هاپلوئید و در نتیجه نیاز به جمعیت‌های کوچک جهت مطالعات ژنتیکی

_برطرف نمودن محدودیت تهیه لاین خالص در گیاهان دو پایه و خود ناسازگار

_تسهیل مطالعات موتاسیون

_استفاده از هاپلوئیدها در امتزاج سوماتیکی برای تولید هیبریدهای بین گونه ای

_استفاده از هاپلوئیدهای مضاعف شده برای شناسایی هیبریدهای برتر در برنامه های اصلاحی

دابل هاپلوئیدی سریع‌ترین مسیر برای رسیدن با لاین‌های هموزیگوت می‌باشد. یکی از روش‌های تولید گیاهان هاپلوئید استفاده ازگرده پرتوتابی شده و هاپلوئیدهای حاصل از کشت میکروسپور یا دانه‌های گرده نارس می‌باشد

کشت بساک و میکروسپور

کشت بساک روشی ساده است و در برنامه های اصلاحی بسیاری از گونه ها استفاده شده است و محققین زیادی با به کارگیری این روش موفق به تولید گیاهان هاپلوئید در تعداد زیادی از گونه های گیاهی شده اند. در این تکنیک، بساک‌ها در یک مرحله حساس و کوتاه از گیاه جدا شده و روی یک محیط کشت مناسب قرار می‌گیرند. در کشت بساک، میکروسپورهای داخل بساک به جای تولید گامت نر تغییر مسیر داده و تولید کالوس یا جنین می‌نمایند. کالوس‌ها به دو طریق اندام‌زایی یا جنین‌زایی به گیاهان هاپلوئید تبدیل می‌شوند. مرحله زمانی برداشتن بساک‌ها برای القای هاپلوئیدی بسیار حساس است و یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده در تعیین میزان موفقیت در تولید جنین از کشت بساک می‌باشد و بر اساس اظهارات بعضی محققین، مناسب‌ترین بساک‌ها آن‌هایی هستند که هنگام برداشت، حاوی میکروسپورهای تک هسته ای (مرحله قبل از اولین تقسیم میتوز دانه گرده) باشند. کشت بساک با وجود کاربردهای فراوان، مشکلاتی نیز دارد. بافت دیواره اسپروفیتی بساک می‌تواند در روند جنین‌زایی تاثیر مثبت یا منفی داشته و به همین دلیل در نهایت مطالعات را روی مکانیزم القاء جنین‌زایی میکروسپور مشکل می‌سازد. وجود اثرهای ژنوتیپی قوی و تغییرات گامتوکلونی در کشت‌های بساک تهدیدی عملی برای این روش می‌باشد. جذب مواد غذایی به وسیله میکروسپور در بساک‌های کشت شده بستگی

به موقعیت آنها در بساک‌ها دارد. موادی که به وسیله دیواره بساک آزاد می‌شود ممکن است باعث بازدارندگی یا تقویت جنین‌زایی شود. بافت دیواره بساک هاپلوئید نبوده و گیاهی که از دیواره بساک تولید می‌شود هاپلوئید نخواهد بود و گاهی اوقات نیز کروموزم‌های گیاهان هاپلوئید حاصل از کشت بساک به طور خود به خودی مضاعف می‌شوند و تولید هاپلوئید مضاعف (دابل هاپلوئید) می‌نمایند که آن‌ها را نمی‌توان به سهولت از گیاهان حاصل از دیواره بساک تشخیص داد.

کشت میکروسپور روشی است که به لحاظ مزایای آن بر کشت بساک، مورد توجه قرار گرفته است. در این روش امکان بازیافت تعداد زیادی گیاهان هاپلوئید وجود دارد. علیرغم پیچیدگی تکنیکی که روش کشت میکروسپور دارد، این روش در مقایسه با کشت بساک دارای مزایای متعددی می‌باشد که اهم آنها عبارتند از: ۱- شانس باززایی گیاهان دیپلوئید اسپوروفیتی به دلیل حذف بافت‌های دیپلوئیدی مانند دیواره بساک و آوندها، محدود می شود۲- استفاده یکسان تمام میکروسپورها از مواد غذایی به علت آزاد بودن آن‌ها و نیز رفع مشکل رقابت میکروسپورها، ۳- دیواره بساک بعنوان مانعی در برابر انتقال مواد غذایی از محیط کشت به میکروسپورها عمل نمی کند، ۴- برطرف نمودن مشکل ترشحات حاصل از دیواره بساک همانند آبسیزیک اسید و مواد سمی که اثر بازدارندگی بر روی رشد میکروسپورها دارند، ۵- امکان پذیر بودن مشاهده دقیق تمام مراحل آندروژنز، ۶- سهولت انجام بررسی اثرات عوامل گوناگون بر روی میکروسپورها به علت جدا بودن میکروسپورها از همدیگر و مشاهده راحت آنها، ۷- ایده آل بودن میکروسپورها برای اعمال تیمارهای موتاژن و بررسی موتاسیونها، ۸- استفاده از روش های انتقال ژن بطور مستقیم بر روی میکروسپورها، ۹- در کشت میکروسپور، اغلب تبدیل مستقیم میکروسپور به جنین اتفاق می افتد لذا تنوع گامتوکلونی صورت نمی‌گیرد و ۱۰- میسر بودن جداسازی سلول‌های مرده و زنده به وسیله سانتریفیوژ. کشت میکروسپور بهترین سیستم برای بررسی کاربرد جهش درون شیشه ای و انتخاب آنها است. به دلیل کشت تک سلول میکروسپور، امکان تولید گیاهان تراریخته با کارایی بیشتری وجود دارد.

نقش تنش در کشت هاپلویید

جنین‌زایی میکروسپور در گیاه و در حالت طبیعی نتیجه نمو میکروسپور و تمایز آن به دانه گرده و انجام باروری است. اما میکروسپورهای ایزوله و کشت شده در شرایط درون شیشه‌ای می‌توانند، از یک طرف، در صورت عدم اعمال تنش و کشت در یک محیط غنی از نظر مواد غذایی به دانه گرده رسیده تکامل نمایند و از طرف دیگر، با اعمال تنش بطور مکرر تقسیم شده و به جنین نمو یابند. به عبارتی میکروسپورها چه در محیط طبیعی (داخل بساک‌ها) و چه در صورت ایزوله شدن و کشت درون شیشه (بدون اعمال تنش)، مسیر طبیعی تکاملی خود را طی کرده و با انجام اولین تقسیم میتوزی، دانه گرده نارس را تولید می‌نمایند که طی یک مجموعه تغییرات فیزیولوژیکی (از قبیل تجمع دانه های نشاسته و غیره) متورم شده و تشکیل دانه گرده رسیده را می‌دهد. در شرایط تغییر برنامه میکروسپورهای جدا شده توسط تنش می‌توانیم تولید جنین نماییم که قابل باززایی به گیاه هاپلوئید می‌باشد.

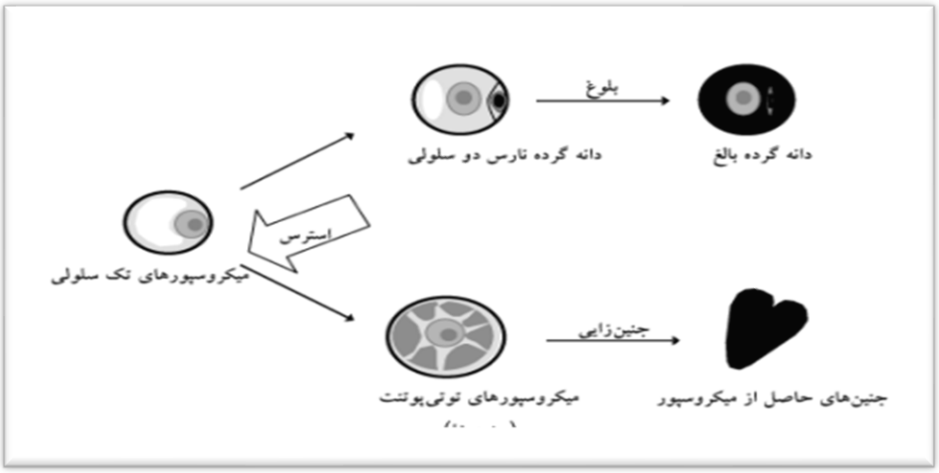
نقش تنش در جنین‌زایی میکروسپور به توانایی سلول‌های منفرد هاپلوئید، میکروسپور، در جهت تمایز و باززایی به یک گیاه کامل بعد از قرار گرفتن در معرض تنش اطلاق می‌شود. یک عامل جرقه‌ای که تنش می‌باشد برای القاء جنین زایی در میکروسپور لازم است. استفاده از تنش به شکل پیش تیمار سرمایی اولین بار روی کشت بساکهای داتوره گزارش شده است(شکل ۱ ، *Shariatpanahi ME, et al, 2006*).

شریعت پناهی و همکاران (۲۰۰۶) تنش ها را به سه دسته مختلف تقسیم کردند:

۱- تنش‌هایی که به فراوانی برای القاء جنین زایی در میکروسپور مورد استفاده قرار می گیرند و شامل تیمارهای سرمایی، حرارتی، کمبود مواد غذایی و کلشی سین می باشند.

۲- تنش‌هایی که کمتر مورد استفاده قرار گرفته اند که شامل: اشعه گاما، تنش اتانول، تیمار سانتریفیوژ، کاهش فشار اتمسفر، عامل‌های ماده‌زایی، آبسزیک اسید جزء این دسته بندی تنش‌ها می باشند. این تنش‌ها در تعداد کمی از گونه‌ها استفاده شده است. این تنش‌ها ممکن است برای القاء جنین‌زایی در گونه‌هایی که سخت پاسخ ده هستند، موثر باشند.

۳- تنش‌هایی که جدیدا مورد استفاده قرار گرفته اند شامل *pH* : بالای محیط ، الیگوساکارید کاراگینن (*carrageenan oligosaccharides*)، تنش‌های فلزهای سنگین و القاء کننده های شیمیایی. در ادامه به نقش تعدادی از مهم‌ترین تنش های به کار گرفته شده برای جنین زایی میکروسپور اشاره می‌شود.



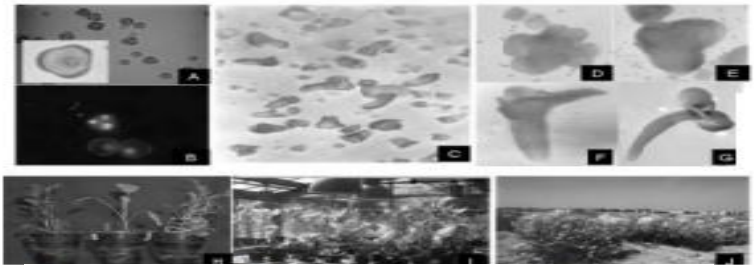
شکل ۱- نقش تنش در کشت میکروسپور

کاربردهای جنین‌زایی و بلوغ درون شیشه ای میکروسپور:

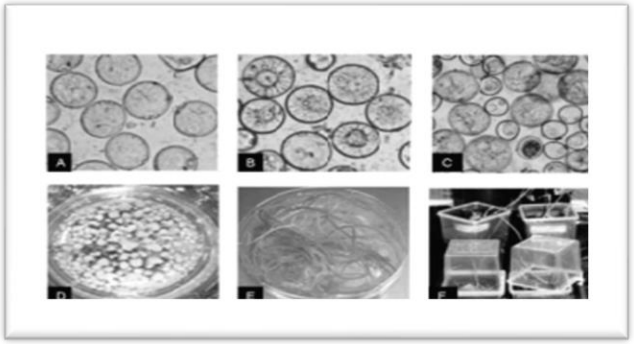
کشت میکروسپور علاوه بر نقش برجسته‌اش به عنوان یکی از کارآمدترین روش تولید گیاهان دابل هاپلوئید، دارای کاربردهای زیادی از قبیل غلبه بر موانع تلاقی (نرعقیمی و خودناسازگاری)، ایجاد گیاهان نرعقیم از طریق غیر فعال کردن یا کم توان کردن آنزیم های دخیل در مرحله تکامل میکروسپور به دانه گرده، حفظ گیاه نر عقیم از طریق جنین زایی میکروسپور و امکان برگرداندن نر باروری از طریق بلوغ درون شیشه ای میکروسپور، انتقال ژن به میکروسپور با استفاده از سیستم‌های اختصاصی، امکان انجام نوترکیبی مبتنی بر تشابه *(Homologous Recombination)*، امکان بررسی نمو گرده و گرده افشانی، جنین زایی، توتی پوتنسی، چرخه سلولی، تغییر فاز و نقش تنش در نمو می‌باشد. در ادامه به برخی از کاربردهای کشت میکروسپور بطور تفصیلی اشاره می‌گردد (عنایتی شریعت پناهی، م، امامی میبدی، د. ۱۳۸۸).

کاربرد کشت میکروسپور در تولید گیاهان دابلد هاپلوئید:

با توجه به تعداد زیاد میکروسپورها در هر غنچه و امکان کشت دهها هزار میکروسپور در هر پتری‌دیش، کشت میکروسپور به طور بالقوه توانایی تولید هزاران لاین دابل هاپلوئید از یک غنچه را دارد و از این نظر در مقایسه با سایر روش‌های تولید هاپلوئیدی کارآمدترین است، هر چند هنوز کارآیی بالقوه آن بالفعل نشده و مشکلاتی نیز از نظر ظهور گیاهان آلبینو[1] در غلات دارد و در پاره ای از گونه ها نیز هنوز دستورالعمل جنین زایی میکروسپور شناسایی نشده است. در اشکال ۲ و۳ نمونه‌هایی از جنین زایی میکروسپور و باززایی گیاهان هاپلوئید (دابل هاپلوئید گوجه فرنگی و کلزا ارایه شده است).



شکل ۲- مراحل مختلف جنین



شکل ۳- مراحل مختلف جنین زایی میکروسپور در گوجه فرنگی

کاربرد کشت میکروسپور در مطالعات علوم پایه:

جنین‌زایی میکروسپور در کلزا به‌عنوان یک سیستم مدل برای مطالعه شروع فرآیند جنین‌زایی در گیاه مورد بهره برداری متخصصین علوم پایه قرار گرفته است. اخیرا میکروسپورها در باززایی گیاهان گندم بارور از زیگوت های جدا شده نقش موثر و کلیدی ایفا کرده اند. دانشمندان با استفاده توام از فناوری های تصویر برداری زیستی میکروسکوپی کنفوکال و جنین‌زایی میکروسپور موفق به شناسایی تعداد زیادی از پروتئین های دخیل در فرآیند جنین زایی در مراحل مختلف سنی جنین از قبیل بروز پروتئین های مرتبط با تنش شامل *HSP90* و *HSP70* بلافاصله پس از القاء جنین‌زایی، بروز ژن‌های اختصاصی اندوسپرم در فرآیند جنین‌زایی میکروسپور از قبیل ژنهای

[1] - **اختلال ژنتیکی که در نتیجه کمبود در سنتز تیروزینازها ظاهر می شود**، آنزیم هایی که مسئول تشکیل ملانین (سلول های رنگی) در ملانوسیت ها هستند ، که می توانند در هر موجود زنده ، اعم از گیاهی یا حیوانی (از جمله انسان) ظاهر شود.

ZmAE3 ZmAEl Esr مشابه جنین‌زایی زیگوتی، تغییرات ایجاد شده در ترکیب دیواره سلولی و پکتین شده‌اند که این یافته‌ها قابل استفاده در فرآیند جنین‌زایی سوماتیکی و زیگوتی نیز می‌باشند (عنایتی شریعت پناهی، م.، امامی میبدی، د. ۱۳۸۸).

کاربرد کشت میکروسپور در رفع موانع خودناسازگاری درختان میوه:

در درختان میوه که اغلب از نظر ژنتیکی هتروزیگوت (نا خالص) بوده و خود ناسازگاری بالایی دارند، تنها راه ممکن برای تولید گیاهان خالص روش هاپلوئیدی و بویژه کشت بساک و میکروسپور می‌باشد. گزارشات متعددی در زمینه انجام موفقیت آمیز کشت میکروسپور در سیب، مرکبات و زیتون وجود دارد و پروژه های در حال انجام بر روی سایر درختان میوه (از قبیل گیلاس و هلو) نیز نتایج امیدوار کننده ای از نظر شروع تقسیمات اسپوروفیتی نشان می‌دهد.

کاربرد کشت میکروسپور در تسهیل مطالعات موتاسیون:

تکنیک کشت میکروسپور (چنانچه موجود باشد)، بهترین سیستم جهت کاربرد موتانت زایی درون شیشه ای و گزینش می باشد. موارد موفقیت آمیز این روش به ویژه در ارتباط با کلزا و دیگر اعضاء خانواده چلیپائیان که در آنها موتانت‌های مهم متعددی از طریق تکنولوژی میکروسپور ایجاد شده اند، معرفی *(in vitro mutagenesis)* گردیده است *(Kott, LS, 1998)*. از جنین‌های حاصل از میکروسپورهای تیمار شده با اشعه UV و موتاژن شیمیایی *MNU* ، لاین های کلزای مقاوم به علف کش گلایفوسیت و کلروسولفوران تولید شده است. در ارتباط با تیمار میکروسپورها، هر دو نوع موتاژن فیزیکی و شیمیایی موفقیت آمیز گزارش شده‌اند هرچند که با توجه به سختی کار با موتاژنهای شیمیایی به عنوان مثال در لزوم انجام مرحله شستشو میکروسپورها پس از اعمال موتاژن جهت از بین بردن بقایای موتاژن، استفاده از موتاژنهای فیزیکی معمول تر است.

کاربرد کشت میکروسپور در انتقال ژن:

میکروسپور یک سلول منفرد و در دسترس در بسیاری از گونه ها می باشد که توانایی تولید گیاهان تراریخته را در دو مسیر گامتوفیتی و اسپرو فیتی داراست. گیاهان باززایی شده اولیه ممکن است هاپلوئید بوده و یا اینکه پس از دو برابر کردن کروموزوم ها گیاه دیپلوئید خالص بدست آیند. تکنیک هایی که در آن انتقال ژن به میکروسپور یا دانه گرده انجام می شود عبارتند از: الف- انتقال بر مبنای گرده بالغ که در آن DNA قبل از گرده افشانی وارد دانه گرده می شود و قبل یا بعد از گرده افشانی به کلاله منتقل می گردد (مسیر لوله گرده)، ب- انتقال *DNA* از طریق تفنگ پرتاب ذره (بیو لیستیک) به درون میکروسپورهای تک سلولی در فاز G1 سیکل سلولی و سپس کشت درون شیشه ای میکروسپورها به منظور تشکیل دانه گرده بارور و سپس گرده افشانی طبیعی (برون شیشه ای) و جمع آوری بذور تراریخته و ج- انتقال ژن به میکروسپور یا دانه های گرده نابالغ جنین، که به وسیله تنش القا شده اند که در آن جنین زایی در میکروسپور صورت گرفته و باعث رشد جنین ها و گیاهان هاپلوئید تحت شرایط بهینه می‌شود.

کاربرد کشت میکروسپور در ایجاد نرعقیمی و تولید بذور هیبرید F1:

بذور هیبرید F1 بدلیل افزایش معنی‌دار در عملکرد و قیمت بالا از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های به‌نژادی برخوردار هستند. برای ایجاد بذور هیبرید F1 می‌بایست دو لاین اینبرد با یکدیگر تلاقی داده شوند که برای این منظور استفاده از سیستم نرعقیمی باعث کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها در تولید بذور هیبرید می‌شود، اگر چه کمبود تکنولوژی‌های عمومی در جهت ایجاد نرعقیمی و برگشت‌پذیری نر

باروری بزرگ‌ترین مانع برای استفاده از مزایای تولید بذور هیبرید F1 در تعداد زیادی از گونه های گیاهی می‌باشد. بیشترین نرعقیمی مورد استفاده نرعقیمی سیتوپلاسمی است اگر چه در بسیاری از گیاهان در دسترس نبوده و نیازمند مراحل اصلاحی مکرر می‌باشد. حال آنکه در برنامه تولید بذور هیبرید، گیاهان نرعقیم می‌توانند از طریق غیر فعال کردن یا کم توان کردن آنزیم های دخیل در مرحله تکامل میکروسپور به دانه گرده (از قبیل گلوتامین سنتتاز) ایجاد گردند. حفظ گیاهان نرعقیم از طریق جنین زایی میکروسپور امکان پذیر است و نیازی به یافتن والد نگهدارنده نر عقیمی نیست. بعلاوه امکان برگرداندن نرباروری از طریق بلوغ درون شیشه ای میکروسپور(*in vitro maturation*) و در نهایت گرده افشانی آنها بطور برون شیشه ای (*in vivo pollination*) وجود دارد (عنایتی شریعت پناهی، م.، امامی میبدی، د. ۱۳۸۸.).

کاربرد کشت میکروسپور در ردیابی ژنی:

ردیابی ژنی (Gene targeting) بوسیله نوترکیبی مبتنی بر تشابه (Homologous Recombination) از ابزارهای ژنتیکی جدید است که امکان الحاق ژن خارجی در مکان‌های ژنومی از پیش تعیین شده را در انتقال ژن میسر می‌سازد. ردیابی ژنی بطور کارآمد و موفقیت آمیزی در باکتری‌ها و مخمر اتفاق می‌افتد و در یوکاریوت‌های پیشرفته نیز از قبیل مگس سرکه (Drosophila)، موش و سلول‌های سوماتیکی انسان به عنوان ابزاری توانمند قابل دسترس و بهره برداری است (عنایتی شریعت پناهی، م.، امامی میبدی، د. ۱۳۸۸).

پیشنهادات:

بر طبق مزایایی که در رابطه با کشت میکروسپور گفته شد، پیشنهاد می شود:

۱. تحقیقات گسترده در رابطه با تهیه‌ی بهترین بستر کشت میکروسپور در ارقام زراعی مهم صورت پذیرد.
۲. تقریبا ۹۸ درصد از بذرهای سبزی و صیفی کشور از طریق واردات به دست کشاورزان می‌رسد که توجه ویژه به تکنیک‌های هاپلوییدی در تولید ارقام هیبرید و ارقام برتر می‌تواند کمک شایانی به تسهیل در تولید ارقام برتر و صرفه جویی در خروج ارز از کشور شود.

منابع:

۱.عنایتی شریعت پناهی، م.، امامی میبدی، د. ۱۳۸۸. میکروسپور: سلولی هاپلوئید با کاربردهای متنوع در ژنتیک و اصلاح نباتات. انتشارات ژنتیک نوین، شماره ۳. صفحه ۱۳-۵.

2. Blakeselee, A F., Belling, J., Farnham, ME., Bergner, AD. 1922. A haploid mutant in the jimson weed, Datura stramonium. Science 55: 646-647

3. Dunwell, JM. 1996. Microspore culture. In: Mohan Jain, Sopory, S.K. and Veilleux, R.E. (eds), In vitro Haploid production in Higher plants. Vol.l.K1uwer Academic Publishers. The Netherlands. pp. 205-216

4. Kott, LS.1998. Application of doubled haploid technology in breeding of oilseed *Brassica napus*. AgBiotech News and Information, 10(3): 69N-74N .

5. Shariatpanahi, ME., Bal, U., Heberle-Bors, E., Touraev, A. 2006. Stresses applied for the re-programming of plant microspores towards in vitro embryogenesis. Physiol Plant 127:519-534

محرک های رشد و کاربرد آنها در کشاورزی

مهری برومند
کارشناس خاکشناسی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر
شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

Application of Biostimulants in Agriculture

مقدمه:

لمه محرک رشد زیستی ظاهراً توسط متخصصان باغبانی برای توصیف موادی ابداع شده است که رشد گیاه را بدون داشتن مواد مغذی با بهبود دهنده خاک یا آفت‌کش‌ها افزایش می‌دهند. این محققین محرک های زیستی را به عنوان "موادی که در مقادیر اندک، رشد گیاه را تقویت می کنند" تعریف نمودند. هدف دانشمندان از استفاده از کلمات " مقادیر اندک " برای توصیف محرک‌های زیستی، متمایز نمودن محرک‌های زیستی از مواد مغذی و اصلاح‌کننده‌های خاک بود که رشد گیاه را افزایش می‌دهند و در مقادیر بیشتری استفاده می‌شوند (Du Jardin, 2015). در سال‌های اخیر، محرک‌های زیستی علاقه بسیاری از تولیدکنندگان محصولات کشاورزی را برانگیخته است چرا که اخیراً، بخش کشاورزی با چالش‌های همزمان افزایش بهره‌وری برای تغذیه جمعیت رو به رشد جهانی و افزایش کارآیی استفاده از منابع و در عین حال کاهش اثرات زیست محیطی بر اکوسیستم و سلامت انسان مواجه است (Rouphael and Colla, 2020).

در سه دهه گذشته، چندین نوآوری تکنولوژیکی برای افزایش پایداری سیستم‌های تولید کشاورزی از طریق کاهش قابل توجه مواد شیمیایی کشاورزی مصنوعی مانند آفت‌کش‌ها و کودها پیشنهاد شده‌اند. یک نوآوری امیدوارکننده و سازگار با محیط زیست، استفاده از محرک‌های زیستی طبیعی گیاهی (PBs) است که گلدهی، رشد گیاه، تشکیل میوه، بهره‌وری محصول و کارایی مصرف مواد مغذی (NUE)را افزایش می‌دهد و همچنین قادر به بهبود تحمل در برابر طیفی گسترده از عوامل استرس‌زای زنده و غیر زنده است (Colla and Rouphael, 2015). در واقع محرک‌های زیستی گیاهی (PBs) به عنوان ابزاری برای افزایش عملکرد محصول، انعطاف‌پذیری در برابر تنش‌های محیطی و کارایی مصرف مواد مغذی در کشاورزی مدرن جذب علاقه می‌کنند.

PBها شامل مواد آلی و معدنی متنوع (اسیدهای هیومیک، اسیدهای آمینه و پروتئین هیدرولیزات) و همچنین پروکاریوت ها (به عنوان مثال، باکتری‌های محرک رشد گیاه) و یوکاریوت‌هایی مانند میکوریزا و ماکرو جلبک‌ها (جلبک های دریایی) هستند.
ریزجلبک‌ها که شامل سیانوباکتری‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی (جلبک‌های سبز آبی) هستند، به دلیل: ساختار تک سلولی ساده، راندمان فتوسنتزی بالا، توانایی رشد هتروتروفی، سازگاری با فاضلاب خانگی و صنعتی، قابلیت دست ورزی در مهندسی متابولیک و امکان تولید محصولات جانبی ارزشمند، توجه فزاینده‌ای را از سوی دانشمندان، متخصصان ترویج، صنایع خصوصی و پرورش‌دهندگان گیاهان به خود جلب کرده‌اند (Chiaiese et al. 2018).
همانطور که ذکر شد محرک‌های زیستی رشد و نمو گیاه را در طول چرخه زندگی محصول از جوانه‌زنی بذر تا بلوغ گیاه به روش‌های متعددی، از جمله: بهبود کارایی متابولیسم گیاه برای القای افزایش عملکرد و افزایش کیفیت محصول؛ افزایش تحمل گیاه به تنش‌های غیرزیستی و بهبود آن، تسهیل جذب، انتقال و استفاده از مواد مغذی؛ افزایش ویژگی‌های کیفی محصول از جمله محتوای قند، رنگ، بذر میوه و غیره؛ بهره‌وری بیشتر مصرف آب؛ افزایش برخی خواص فیزیکوشیمیایی خاک و تقویت رشد میکروارگانیسم‌های مکمل خاک تقویت می‌کنند. در ادامه به بررسی و نقش برخی از محرک‌های زیستی از جمله مایه تلقیح‌های میکروبی، هیومیک اسید، اسیدهای آمینه و عصاره جلبکهای دریایی به طور اجمالی پرداخته می شود.

استفاده از عوامل میکروبی مفید

عوامل مفید میکروبی که به عنوان کودهای زیستی عمل می‌کنند به عنوان محرک های زیستی در بررسی حاضر در نظر گرفته می‌شوند. کودهای زیستی محصولات بیولوژیکی حاوی میکروارگانیسم‌های زنده هستند که وقتی روی بذر، سطوح گیاه یا خاک اعمال می‌شوند، با مکانیسم‌های متعددی مانند افزایش عرضه مواد مغذی، افزایش زیست توده ریشه یا سطح ریشه و افزایش ظرفیت جذب مواد مغذی گیاه، رشد گیاه را افزایش می‌دهند(Vessey,2003). عوامل مفید میکروبی عمدتاً شامل باکتری‌های آزاد، قارچ‌ها و قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار (AMF) هستند.

در طول توسعه مایه تلقیح‌های میکروبی مؤثر، عوامل متعددی باید در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، گونه‌ها و تنوع گیاه گاهی می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای در به دست آوردن مزایای استفاده از کودهای زیستی باشد (Dalmastri et al, 1999). گونه‌ها یا ارقام مختلف گیاهی می‌توانند انواع مختلفی از ترشحات ریشه تولید کنند که از فعالیت میکروارگانیسم‌های تلقیح شده حمایت می‌کنند و همچنین بسترهایی را برای تشکیل مواد فعال بیولوژیکی توسط میکروارگانیسم‌ها به‌کار می‌برند (Khalid et al, 2004). تکرارپذیری اثرات مایه تلقیح‌های میکروبی باید در طیف وسیعی از انواع خاک و شرایط محیطی آزمایش شود. یکی دیگر از عوامل کلیدی برای توسعه مایه تلقیح های میکروبی، فرمول تجاری است (Bashan et al, 2014). میکروارگانیسم‌های تلقیح شده باید در فرمول انتخاب شده زنده بمانند و پس از تلقیح در مزرعه فعالیت مورد نظر را ایجاد کنند. همچنین، هنگامی که در کشاورزی متعارف استفاده می‌شود، میکروارگانیسم‌ها باید با کودهای شیمیایی و مواد شیمیایی حفاظتی که به طور استاندارد روی دانه ها یا شاخ و برگ محصول مورد استفاده قرار می گیرند سازگار باشند.

استفاده از PB های میکروبی مانند PGPR (باکتری‌های افزاینده رشد گیاهان) و AMF نه تنها به عنوان ابزارهای پایدار و کارآمد برای تضمین ثبات عملکرد در شرایط کم ورودی به ویژه کمبود نیتروژن و فسفر (به عنوان مثال، اثرات کود زیستی) بلکه به عنوان یک فناوری نوآورانه برای بهبود تحمل محصول در برابر عوامل استرس‌زای غیر زنده در دماهای شدید، خشکسالی و شوری بسیار مورد توجه قرار می‌گیرند (Rouphael and Colla, 2020).

مکانیسمهای متعددی از جمله تثبیت غیر همزیستی نیتروژن، محلول کردن عناصر غذایی، کلات کردن آهن با تولید سیدروفور و تولید ترکیبات فرار آلی برای افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه بوسیله مایه تلقیح میکروبی عنوان شده است (غفاری نژاد و همکاران ، ۱۳۹۹).

تانوار و همکاران(۲۰۱۴) اعلام کردند که استفاده از باکتری‌های PGPR گونه *Pseudomonas fluorescens strain MTCC103* برای کلم بروکلی در شرایط گلخانه سبب افزایش رشد گیاه، جذب مواد غذایی و عملکرد کلم بروکلی در صورت ترکیب با دوز توصیه شده کود سوپر فسفات شده است.

در یک مطالعه مزرعه ای سه ساله با ذرت، PGPR، AMF و ترکیبی از این دو باعث افزایش عملکرد و افزایش محتوای کل مواد مغذی دانه در کرت شد (Adesemoye et al, 2008). Karlidag et al, 2013 از تلقیحات میکروبی برای کاهش استرس شوری استفاده

نمودند. تلقیح با برخی ازPGPR ، از جمله سویه های *B. subtilis, Bacillus atrophaeus, Bacillus spharicus* و *Staphylococcus kloosii* سبب افزایش محتوای کلروفیل، محتوای مواد مغذی و عملکرد گیاهان توت فرنگی (*Fragaria ananassa*) رشد کرده در خاکهای با شوری بالا شده است.

به همین ترتیب، تلقیح کلزا تحت تنش شوری با *A. lipoferum* باعث افزایش معنی‌دار وزن اندام هوایی و ریشه شد. *Azospirillum lipoferum* همچنین سطح آنتی اکسیدان را در گیاهان افزایش داد. فرض بر این قرار گرفت که اثرات مثبت ناشی از تولید ACC-deaminase بوسیله باکتری است که باعث کاهش سطح اتیلن ناشی از شرایط شوری می شود (Baniaghil et al, 2013).

مواد هیومیکی:

مواد هیومیک (HS) از طریق دگرگونی‌های شیمیایی و بیولوژیکی مواد گیاهی و حیوانی و از متابولیسم میکروبی تشکیل می‌شوند و مخزن اصلی کربن آلی در سطح زمین را نشان می‌دهند. آنها به تنظیم بسیاری از فرآیندهای مهم اکولوژیکی و زیست محیطی کمک می‌کنند. مواد هیومیک مخلوط‌های پیچیده و غیرهمگون با اندازه‌های مختلف می‌باشند. از اجزاء اصلی مواد آلی طبیعی در خاک، آب و همچنین ته نشست‌های آلی زمین‌شناسی مانند رسوبات دریاچه، پیت، زغال قهوه‌ای و شیلها هستند. آنها در ایجاد رنگ قهوه‌ای یا سیاه در خاک سطحی مشارکت دارند و رنگ قهوه‌ای بقایای گیاهی پوسیده بدلیل حضور مواد هیومیکی است(Canellas, et al 2015). هیومیک و فولویک اسید در مقادیر زیاد از هوماتها استخراج شده که بطور طبیعی درانواع سنگهای آلی با مواد هیومیک بالا مانند لئوناردیت یا زغال سنگ نارس یافت میشوند. تقسیم بندی تعریف شده عملیاتی از مواد هیومیک بر اساس حلالیت آنها است و اولین بار توسط اسپرنگل در سال ۱۸۳۷ معرفی شد. دانشمندان خاک، اسیدهای هیومیکی (HA) را به عنوان مواد هوموسی تعریف می کنند که در محلول های آبی قلیایی محلول هستند اما زمانی که pH در ۱-۲ تنظیم می شود رسوب می‌کنند. در مقابل، اسیدهای فولویک (FA) پس از اسیدی شدن عصاره‌های آبی قلیایی در محلول باقی می‌مانند (Hayes, 2006).

مواد هیومیکی محلول، در روابط خاک مانند قابلیت دسترسی عناصر غذایی، تبادل اکسیژن و کربن بین خاک و اتمسفر و تغییر و تبادلات مواد شیمیایی سمی نقشهایی کلیدی انجام داده و فیزیولوژی گیاهی، ترکیب و روابط میکروارگانیسمهای ریزوسفر را نیز در خاک تحت تأثیر قرارمیدهند (Piccolo and Spiteller, 2003).

Nardi et al, 2009، عنوان کردند که چگونگی تأثیر مواد هیومیکی بر جذب یونها به نوع و غلظت مواد هیومیکی، نوع گونه گیاهی و pH محیط بستگی دارد. مواد هیومیکی سبب بهبود توسعه سیستم ریشه گیاه میگردند در نتیجه جذب عناصر غذایی کم و پرمصرف، افزایش میابد. پلی آنیونهای مواد هیومیکی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب افزایش جذب مواد مغذی میگردند (غفارینژاد و همکاران، ۱۳۹۹). خصوصیات ساختمانی ویژه مواد هیومیکی به گونه‌ای است که می‌تواند با کلات کردن یونهای فلزی در جذب آنها توسط گیاه موثر باشد (Berbara and García, 2014).

Asik et al, 2009 اعلام کرد هومیک اسید با کاهش معنی‌دار تبخیر، ظرفیت نگهداری آب در خاک را بخصوص در خاکهای خشک، با درصد رس کم، افزایش و مصرف آب را ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش داد که این مسئله از لحاظ اقتصادی در مناطق خشک بسیار مورد

توجه است. مواد هیومیکی با ابقا و نگه داشتن عناصر غذایی حاصل از مواد آلی و یا کودهای شیمیایی به بهبود و حاصلخیزی خاک کمک میکنند به همین دلیل بسیاری از مواقع از آن به عنوان بهبود دهنده رشد گیاهان استفاده میگردد.

اسیدهای آمینه:

ترکیبات اسیدهای آمینه و مخلوط پپتیدها از هیدرولیز شیمیایی و آنزیمی پروتئینهای محصولات جانبی کشاورزی صنعتی، هم از منابع گیاهی (بقایای گیاهی) و هم حیوانی (مانند کلاژن، بافت های اپیتلیال) به دست می‌آیند(Du Jardin, 2012; Calvo et al., 2014; Halpernet al., 2015).

اثرات کلات کنندگی برای برخی از اسیدهای آمینه (مانند پرولین) گزارش شده است که ممکن است گیاهان را در برابر فلزات سنگین محافظت کند، اما به تحرک و جذب ریز مغذی‌ها نیز کمک می‌کند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با از بین بردن رادیکال‌های آزاد توسط برخی از ترکیبات نیتروژن دار، از جمله گلیسین بتائین و پرولین، ایجاد می‌شود که به کاهش استرس محیطی کمک می‌کند.

اثرات غیرمستقیم بر تغذیه و رشد گیاه هنگامی که هیدرولیزهای پروتئینی روی گیاهان و خاک اعمال می‌شود، مهم است. هیدرولیزهای پروتئینی سبب افزایش مقدار و فعالیت زیست توده میکروبی، تنفس خاک و به طور کلی حاصلخیزی خاک می‌گردد. به نظر می‌رسد اسیدهای آمینه و پپتیدهای خاص با کلات کردن و کمپلکس سازی عناصر غذایی به در دسترس بودن و جذب مواد مغذی توسط ریشه کمک می‌کنند(Calvo et al, 2014).

محصولات تجاری متعددی از پروتئین هیدرولیزات با منشا گیاهی و حیوانی در بازار عرضه شده است. اما در بسیاری از موارد بهبود قابل توجهی در عملکرد و صفات کیفی در محصولات کشاورزی و باغی گزارش شده است(Corte et al, 2014). بر اساس مطالعات انجام شده از طریق نشاندار کردن اسیدهای آمینه، مشخص شده که ریشه و برگ گیاهان قادر به جذب اسیدهای آمینه و پپتیدها است (Nardi et al, 2016).

عصاره جلبکهای دریایی

عصاره جلبکهای دریایی مخلوط پیچیده‌ای از موادی است که ترکیب آن بسته به منبع جلبک، فصل جمع آوری و روش عصاره‌گیری متفاوت است (Sharma et al, 2012)

عصاره جلبک به طور گسترده‌ای به عنوان مواد مورد استفاده برای کاهش تنش غیر زنده و افزایش بهره وری گیاه شناخته می شود. عصاره جلبک های دریایی از استخراج چندین گونه جلبک به دست می‌آید که بسته به روش استخراج منجر به تولید مخلوط‌های پیچیده‌ای از ترکیبات فعال بیولوژیکی می‌شود (El Boukhari et al, 2020). جلبک‌های بزرگ یا ماکرو جلبکها همچنین محرک‌های زیستی موثری بر روی گیاهانی هستند که در شرایط تنش رشد می‌کنند (Petropoulos et al, 2020).

اثرات مفید کاربرد عصاره جلبک دریایی، که به مکانیسم‌های متعدد نسبت داده می‌شود، شامل بهبود استقرار نهال، گلدهی و میوه‌دهی، و همچنین تحمل به طیف وسیعی از تنش‌های غیر زنده است. (Khan et al., 2009; Craigie, 2011; Battacharyya et al., 2015; De Pascale et al., 2018; Ertani et al., 2018).

طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی در عصاره جلبک دریایی شناسایی شده است، از جمله پلی ساکاریدها، فنولیک ها، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها، اسمولیت‌ها، فیتوهورمون‌ها و ترکیبات هورمون مانند که در سیگنال دهی واکنش گیاه به استرس غیرزیستی نقش دارند (Khan et al., 2009; Battacharyya et al., 2015). گزار ش شده است که استفاده از عصاره جلبک دریایی، جذب عناصر غذایی پرمصرف(نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم وگوگرد) و عناصر کم مصرف(آهن، منگنز و روی) را در گیاهانی مانند کاهو، انگور، سویا و گوجه فرنگی بهبود بخشیده است (Zodape et al, 2011). عنوان شده است که عصاره جلبکهای دریایی به عنوان کلات کننده عمل می‌کند و جذب عناصر غذایی توسط گیاه، ساختمان خاک و تهویه خاک را بهبود می‌بخشند (González, 2013). Khan et al, 2009 عنوان کردند که استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب افزایش عملکرد در گیاهان گردیده که این عمل ممکن است در اثر حضور هورمونهای رشد نظیر سیتوکینین در آنها باشد. همچنین عصاره جلبک دریایی موجب گلدهی و تشکیل میوه زود هنگام در برخی گیاهان می‌گردد.

سایر مواد محرک رشد

پلیمرهای زیستی کیتوزان شکل استیل زدایی شده از بیوپلیمر کیتین است که به صورت طبیعی و صنعتی تولید می‌شود. پلی و الیگومرهای با اندازه‌های متغیر و کنترل شده در بخش‌های غذایی، آرایشی، پزشکی و کشاورزی استفاده می‌شود. ظاهراً کیتین و کیتوزان از گیرنده‌ها و مسیرهای سیگنالینگ مجزا استفاده می‌کنند. در میان پیامدهای سلولی اتصال کیتوزان به گیرنده‌های سلولی کم و بیش خاص، تجمع پراکسید هیدروژن و نشت Ca^{2+} به سلول نشان داده شده است که انتظار می‌رود تغییرات فیزیولوژیکی بزرگی ایجاد کند، زیرا اینها نقشی کلیدی در سیگنال دهی به پاسخ‌های استرس و تنظیم توسعه بر عهده دارند(Du Jardin, 2015) در نتیجه، مصارف کشاورزی کیتوزان در طول سال‌ها با تمرکز بر حفاظت از گیاهان در برابر پاتوژن‌های قارچی توسعه یافته است اما کاربردهای آن در کشاورزی گسترده تر بوده و جهت تحمل تنش غیرزیستی (خشکسالی، شوری، تنش سرما) و صفات کیفی مربوط به متابولیسم‌های اولیه و ثانویه نیز به کار می‌رود.

عناصر مفید، عناصر شیمیایی هستند که باعث رشد گیاه می‌شوند و ممکن است برای گونه‌های خاصی ضروری باشند اما برای همه گیاهان مورد نیاز نیستند. پنج عنصر مفید اصلی عبارتند از Al، Co، Na، Se و Si، که در خاک و گیاهان به صورت نمک‌های معدنی مختلف و به صورت فرم‌های نامحلول مانند سیلیس آمورفوس ($SiO_2.nH_2O$) در گونه‌های دانه دار وجود دارند.

عناصر مفید سبب ایجاد اعمالی در گیاهان مانند تقویت دیواره‌های سلولی برای رسوب سیلیس، یا در شرایط محیطی تعریف شده به عنوان مثال حمله پاتوژن برای سلنیوم و استرس اسمزی برای سدیم میشوند که میتواند برای گیاه سازنده باشد. بنابراین، تعریف عناصر مفید به ماهیت شیمیایی آنها محدود نشده و باید به زمینه‌ها وشرایط خاصی که در آن اثرات مثبت بر رشد گیاه و پاسخ به تنش ممکن است مشاهده شود نیز اشاره گردد.

زیست فعالی برخی از محرک‌های زیستی پیچیده، مانند عصاره جلبک‌های دریایی، بقایای گیاهان یا ضایعات حیوانی نیز ممکن است شامل عملکردهای فیزیولوژیکی عناصر مفید موجود در آنها باشد (Pilon-Smits et al, 2009) .

منابع:

۱. سید علی غفارینژاد، س. ع. نورقلیپو، ف و غیبی، م. ۱۳۹۹. محرک های رشد گیاهی، نقش آنها در فیزیولوژی گیاه، جذب عناصر غذایی و مقابله با تنش‌های محیطی. نشریه مدیریت اراضی، جلد ۸ شماره ۱۰ صفحه ۴۷ تا ۶۸ . 10.22092/LMJ.2020.122310

2. Adesemoye, AO., Torbert, HA., Kloepper, JW. 2008. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an endogenous hormone content of lettuce plants. Plant Soil 272:201–209. doi:10.1007/s11104-004-5047-x
3. Baniaghi, lN., Arzanesh,MH., Ghorbanli,M., Shahbazi,M. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters, antioxidant enzymes and microelements of canola under salt stress. J Appl Environ Biol Sci 3:17–2
4. Bashan, Y., De-Bashan, LE., Prabhu, SR., Hernandez, J-P. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology-formulations and practical perspectives (1998– 2013). Plant Soil. doi:10.1007/s11104-013-1956-x
5. Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., Prithiviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Sci. Hortic. 196: 39–48. doi: 10.1016/j. scienta.2015.09.012
6. Berbara, R.L.L., García. A. C. 2014. Humic substances and plant defense metabolism. pp 297–319. In: Ahmad, P.,. Wani, M.R (eds) Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment: volume 1. Springer Science + Business Media, New York.
7. Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 383(1-2): 3–41.
8. Canellas, L.P., Olivaresa, F.L., Aguiara, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P., Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Sci. Hortic. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013
9. Colla, G., and Rouphael, Y. 2015. Biostimulants in horticulture. Sci. Hortic. 196: 1–2. doi: 10.1016/j.scienta.2015.10.044
10. Corte, L., Dell'Abate, M.T., Magini, A., Migliore, M., Felici, B., Roscini, L., Sardella, R.,Tancini, B., Emiliani, C., Cardinali, G., Benedetti, A. 2014. Assessment of safetyand efficiency of nitrogen organic fertilizers from animal-based proteinhydrolysates-a laboratory multidisciplinary approach. J. Sci. Food Agric. 94:235–245.
11. Craigie, J. S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agricolture. J. Appl. Phycol. 23: 371–393. doi: 10.1007/s10811-010-9560-4
12. Dalmastri, C., Chiarini, L., Cantale, C., Bevinino, A., Tabacchioni, S. 1999. Soil type and maize cultivar affect the genetic diversity of maize root-associated Burkholderia cepacia populations. Microb Ecol 38:273–284
13. De Pascale, S., Rouphael, Y., Colla, G. 2018. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. Eur. J. Hortic. Sci. 82,277–285. doi: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2
14. Du Jardin, P. 2012. The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Adhoc Study Report to the European Commission DG ENTR. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final report bio 2012en.pdf
15. El Boukhari, M.E.M.; Barakate, M.; Bouhia, Y.; Lyamlouli, K. 2020. Trends in seaweed extract based biostimulants: manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. Plants. 9: 359. https://doi.org/10.3390/plants9030359
16. Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., Nardi, S. 2018. Evaluation of seaweed extracts from Laminaria and Ascophyllum nodosum spp. as biostimulants in Zea mays L. Using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. Front. Plant Sci. 9:428. doi: 10.3389/fpls.2018.00428
17. González A., J. Castro, J. Vera, A. Moenne. 2013. Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. Journal of Plant Growth Regulations. 32:443–448
18. Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advancesin Agronomy, Vol. 129, pp. 141–174.
19. Hayes, M.H.B. 2006. Solvent systems for the isolation of organic components from soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 70, 986–994.
20. Karlidag, H., Turan, M., Pehluvan, M., Donmez, F. 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria mitigate deleterious effects of salt stress on strawberry plants (Fragaria×ananassa). Hort Science 48:563–567
21. Khalid, A., Arshad, M., Kahir, ZA. 2004. Screening plant growthpromoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Appl Soil Ecol, 96:473–480
22. Khan, W., Rayirath, U. P. Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A.T. Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj. B. 2009. Seaweed extracts asbiostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulations. 28:386–399.
23. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A., Craigie, J., Norrie, J., Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul. 28: 386–399. doi: 10.1007/s00344-009- 9103-x
24. Nardi, S., Carletti, P. Pizzeghello, D., Muscolo, A. 2009. Biological activities of humic substances. In: Senesi N, Xing B, Huang PM, editors. Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems. Vol 2. Hoboken, NJ: Wiley; p. 305–340

25. Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., Ertani, A. 2016. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. Scientia Agricola 73: 8-23.
26. Petropoulos, S.A. Practical applications of plant biostimulants in greenhouse vegetable crop production. Agronomy 2020, 10, 1569. https://doi.org/10.3390/agronomy10101569
27. Piccolo, A., Spiteller, M. 2003. Electro spray ionization mass spectrometry of terrestrial humic substances and their size fractions. Analytical and Bioanalytical Chemistry 377:1047–1059.
28. Pilon-Smits, E.A.H., Quinn, C.F., Tapken, W., Malagoli, M., Schiavon, M. 2009. Physiological functions of beneficial elements. Curr. Opin. Plant Biol. 12,267–274
29. Rouphael, Y., Colla, G. 2020. Editorial: Biostimulants in Agriculture. Plant Sci. doi: 10.3389/fpls.2020.00040
30. Sharma, S. H. S., Lyons, G., Mc Roberts, C., Mc Call, D., Carmichael, E., Andrews, F., Swan, R. McCormack, R., Mellon, R. 2012. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigno mungo* L.) and pak choi (*Brassica Rapa* chinensis L.). Journal of Applied Phycology. 24:1081–1091.
31. Tanwar, A., Aggarwal, A., Parkash, V. 2014. Effect of bioinoculants andsuperphosphate fertilizer on the growth and yield of broccoli (Brassica oleraceaL. var. italica Plenck). New Zealand J. Crop Horticult. Sci. 42 (4), 288–302.
32. Vessey, JK. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255:571–586. doi:10.1023/a:1026037216893
33. Zodape, S.T., Gupta, A., Bhandari, S. C. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Sci. Ind. Res. 70:215–219.

جلبک ها، منبع تجدید ناپذیر در کشاورزی

سارا کبیرنتاج
کارشناس بیوتکنولوژی مرکز تحقیقات کاربردی
و تولید بذرشرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

Algae, a renewable resource in agriculture

مقدمه:

رشد بهینه گیاه و بهره‌وری کشاورزی مستقیماً به در دسترس بودن مواد مغذی در مقادیر متعادل بستگی دارد. در کشورهای در حال توسعه، عملکرد کشاورزی به طبیعت و نوع خاک بستگی دارد، زیرا اکثر کشاورزان متعلق به اقشار فقیر جامعه نمی‌توانند کودهای شیمیایی خریداری کنند. حاصلخیزی از دست رفته خاک‌های کشاورزی را می‌توان با استفاده از ارقام گیاهی اصلاح شده و شیوه‌های مدیریت مواد مغذی بازیابی کرد. در چنین مواردی استفاده از منابع زیستی طبیعی فراوان موجود جهت افزایش مواد مغذی و به کار بردن روش‌های بالقوه انتقال مواد مغذی بیولوژیکی پیشنهاد می‌شود. در این میان کودهای زیستی نقش اصلی را ایفا می‌کنند چرا که به دلیل مقرون به صرفه و تجدید پذیر بودن و سازگار بودن با محیط زیست می‌توانند به طور کلی جایگزین یا تقویت کننده کودهای شیمیایی پرهزینه و انرژی بر کنونی شوند. کودهای زیستی عمدتاً سلول‌های زنده و/یا مرده با ارگانیسم‌های مفید هستند که در سیستم‌های گیاهی و خاکی اعمال می‌شوند. آنها به سرعت ریزوسفر را اشال می کنند و در نتیجه رشد و نمو گیاه را افزایش داده، اشکال معدنی غیرقابل دسترس را از طریق فرآیندهایی مانند تثبیت نیتروژن و حل شدن فسفات به مواد مغذی در دسترس تبدیل می‌کنند. این موجودات در نهایت به بخش پایداری از بخش ریشه تبدیل می‌شوند که عملکرد کشاورزی را تسریع می‌کند و همچنین از سیستم‌های کشاورزی در برابر هزاران آفات و عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کند. کودهای زیستی معمولی همانطور که قبلا ذکر شد با میکروب‌های زنده سروکار دارند، بنابراین فعالیت رشد و تبدیل مواد مغذی نیز تا حد زیادی به محیط اطراف بستگی دارد و بنابراین می‌تواند ناسازگاری بالایی در فعالیت‌های خود داشته باشد. کودهای زیستی جلبکی گزارش شده (مبتنی بر زیست توده جلبکی غیرفعال)، مخلوط زیست توده پایدار با مواد مغذی غنی هستند که دارای محرک‌های رشد فعال با ویتامین‌های مغذی، ریز عناصر و هورمون‌ها هستند که نتایج امیدوارکننده‌ای را نشان می‌دهند (Mahapatra et al, 2018).

اصطلاح جلبک به مجموعه‌ای از ارگانیسم‌های فتوسنتزی تولیدکننده O_2 با رنگدانه کلروفیل آ اشاره دارد که لزوماً اجداد مشترکی ندارند. ساختار جلبک‌ها از تک سلول‌های میکروسکوپی گرفته تا میکروارگانیسم‌های ماکروسکوپی و ساختارهای پیچیده علف‌های دریایی که ممکن است تا طول ۶۰ متر رشد کنند، متغیر هستند. جلبک‌ها معمولاً به دو دسته ماکروجلبک و میکروجلبک تقسیم می‌شوند:

۱. میکروجلبک‌ها جلبک‌های میکروسکوپی هستند که تقریباً در تمام سطوح آبی و انواع خاک یافت می‌شوند
۲. ماکروجلبک‌ها جلبک‌های بزرگی هستند که معمولاً به عنوان علف‌های دریایی شناخته می‌شوند.

زیست توده جلبکی خود می‌تواند هم به عنوان ماده مغذی و هم به عنوان ماده حامل برای کودهای زیستی عمل کند، زیرا (پس از خشک شدن) ماندگاری بهتر و حساسیت حرارتی کمتری دارد و برای ذخیره سازی و حمل و نقل پایدارتر است و به عنوان یک کود

زیستی انتخاب بهتری است.جلبک با ترشح ترکیبات مفید و اگزوپلی‌ساکاریدها که به منبع کربن برای باکتری‌های خاک تبدیل می‌شوند، منجر به افزایش رشد باکتری‌های ریزوسفری شوند. عصاره‌های سلولی از سیانوباکتری‌ها و دیاتوم‌ها هنگامی که به صورت خشک به خاک‌های زراعی اعمال می‌شوند، پس از معدنی شدن، اثرات محرکی بر رشد باکتری تولید کننده سیدروفور ایجاد می‌کنند. این مکانیسم شامل فتولیز سیدروفور آهن است که باعث جذب آهن در شرایط مرطوب می‌شود و در نهایت باعث ایجاد ارتباط عصاره جلبک ها و باکتری‌ها می شود، جایی که مواد آلی آزاد شده توسط جلبک به عنوان غذا برای باکتری استفاده می‌شود. علاوه بر این، سیانوباکتری‌ها نقش مهمی در تبدیل ریز مغذی‌های خاک (آهن و منگنز) داشته و همچنین با تولید اسیدهای آلی که دارای توانایی‌های کلیدی کلاته کردن هستند، فراهمی زیستی ریزمغذی‌ها را برای گیاهان در حال رشد افزایش می‌دهند(Alvarez et al, 2021).

اثرات مفید جلبک ها بر حاصلخیزی خاک

میکروجلبک‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی (سیانوباکتری‌ها)

ریزجلبک‌ها جلبک‌های میکروسکوپی هستند که معمولا با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیستند. در حالی که علف‌های دریایی موجودات دریایی هستند، ریزجلبک‌ها فیتوپلانکتون‌هایی هستند که هم در سیستم‌های آب شیرین و هم در سیستم‌های دریایی یافت می‌شوند .ریزجلبک‌ها شامل انواع گونه‌های جلبک تک سلولی مانند ریزجلبک‌های سبز Chlorophyceae به عنوان مثال *Chlorella* sp، دیاتوم‌ها، *Nannochloropsis* spp ، *Schizochytrium* spp و همینطور سیانوباکتری‌ها (جلبک‌های سبز آبی) مانند اسپیرولینا می‌باشند. کشت ریز جلبک قابل توجهی که در آمار فائو ثبت شده است در سال ۲۰۰۳ با ۱٦٤۸۳ تن اسپیرولینا (*Arthrospira*) کشت شده در چین آغاز شد. کشت جهانی ریزجلبک‌ها در سال ۲۰۱۰ به ۹۳۷۵٦ تن رسید، اما در سال ۲۰۱۹ به ٥٦٤٥٦ تن کاهش یافت که بیشتر منعکس کننده تغییر کشت اسپیرولینا در چین بود (Fao, 2021).

سیانوباکتری‌ها

سیانوباکتری‌ها از طرق مختلفی به بهبود وضعیت خاک و درنتیجه بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند. تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط سیانوباکتری‌ها امریست که در درجه اول اهمیت سیانوباکتری‌های تثبت کننده ازت قرار دارد. از آنجاییکه نیتروژن (N_2) در جو با وجود فراوانی بالا، برای گیاهان قابل استفاده نیست بنابراین می‌بایست ابتدا به آمونیاک (NH_3) کاهش یابد. کاهش N_2 اتمسفر به NH_3 در طبیعت از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌هایی به نام دیازوتروف بواسطه آنزیم نیتروژناز انجام می‌شود. برخی از سیانوباکتری‌ها N_2 را به صورت کاملا تخصصی به کمک سلول‌هایی به نام هتروسیت تثبیت می‌کنند. توانایی تثبیت N_2 سیانوباکتری‌ها اساس اهمیت اقتصادی آنها به عنوان منبع نیتروژن برای گیاهان زراعی است. هنگامی که N_2 اتمسفر تثبیت شد، یکی از مکانیسم‌های اصلی انتقال نیتروژن از سیانوباکتری ها به گیاهان از طریق تجمع زیست توده سیانوباکتری و در نتیجه افزایش نیتروژن تثبیت شده پس از مرگ آنها است. سیانوباکتری‌ها همچنین موجب افزایش فسفر و سایر ریزمغذی‌های در دسترس گیاه می‌شوند. فسفر دومین ماده غذایی محدود کننده مهم در کشاورزی پس از نیتروژن است. نزدیک به نیمی از خاک‌های کشاورزی دنیا دارای فسفر پایینی هستند که منجر به افزایش مصرف کودهای فسفر می‌شود. بیشتر خاک‌ها حاوی فسفر به اشکال آلی یا معدنی هستند، اگرچه معمولاً به دلیل تمایل به تشکیل مولکول‌های آلی پیچیده یا نمک‌های معدنی نامحلول با کلسیم (Ca)، آهن (Fe) یا آلومینیوم

برای جذب گیاه در دسترس نیستند. سیانوباکتری‌ها قادرند فسفات غیر آلی تثبیت شده را حل کنند. همچنین ریزجلبک‌ها می‌توانند در آزادسازی فسفر معدنی از ترکیبات فسفر آلی در خاک نقش داشته باشند. ریز جلبک‌ها همچنین در چرخه ریز مغذی ها نقش دارند. تلقیح خاک با فرمولاسیون مبتنی بر سیانوباکتری باعث افزایش محتوای آهن، روی، منگنز و مس خاک می شود. میکروارگانیسم‌های خاک مسئول فرآیندهای اساسی خاک هستند که حاصلخیزی خاک را حفظ می‌کنند و چرخه‌های بیوژئوشیمیایی جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از جمله تجمع، تخریب مواد آلی خاک و چرخه مواد مغذی. حفظ جوامع میکروبی قوی و پویا برای عملکرد اکوسیستم ضروری است و یک اولویت قابل توجه برای کشاورزی پایدار است زیرا تشدید کشاورزی، با استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، با کاهش تنوع میکروبی خاک و کیفیت خاک مرتبط است. سیستم‌های کشاورزی (از جمله کشاورزی ارگانیک) می‌توانند از جوامع میکروبی فعال و متنوع بهره ببرند که مواد مغذی موجود در گیاه را از بسترهای آلی آزاد می‌کنند و از محصولات پرمحصول حمایت می‌کنند (Alvarez et al, 2021).

ماکروجلبک ها

جلبک‌ها، به ویژه انواع ماکرو جزء مهمی از آبزی پروری جهانی هستند. میزان کشت ماکروجلبک‌ها در سال‌های اخیر بسیار افزایش داشته است بطوری که از ۲/۲ میلیون تن (مجموعا جمع آوری انواع وحشی و کشت شده) در سال ۱۹۶۲ به ۳٤/۷ میلیون تن (کشت شده) در سال ۲۰۱۹ رسیده است. طبق گزارش Fao در سال ۲۰۲۱، بیشترین میزان تولید در سال ۲۰۱۹ در آسیا و برابر با ۹۷/٤ % از تولید جهانی بوده است و بعد از آن به ترتیب قاره‌های آفریقا، آمریکا، اقیانوسیه و اروپا بیشترین تولید را داشته اند (Fao, 2021).

ماکروجلبک‌ها کاربردهای متعددی در صنایع غذایی و غیرغذایی مانند افزودنی‌های غذایی، خوراک دام، داروسازی، مواد مغذی، لوازم آرایشی، منسوجات، کودهای زیستی/ محرک‌های زیستی، بسته‌بندی زیستی و سوخت‌های زیستی دارند. در صنعت کشاورزی، ماکروجلبک‌های دریایی به عنوان منبع عالی ترکیبات زیست فعال در نظر گرفته می‌شوند که دارای طیف گسترده ای از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله ضد باکتری، ضد قارچ و خواص ضد ویروسی هستند. عصاره ماکروجلبک‌های دریایی نیز در روند کشاورزی به عنوان تهویه کننده خاک برای افزایش بهره‌وری محصول استفاده شده‌است. پلی ساکاریدهای استخراج شده از جلبک بزرگ نیز تأیید شده است که به عنوان شلاتورهای یون فلزی کامل استفاده می‌شوند. علاوه بر این، گزارش شده است که این پلی‌ساکاریدها غنی از گروه‌های عاملی هستند که توانایی اتصال به برخی عناصر میکرو با ارزش غذایی مهم گیاهی را دارند. آنها همچنین به عنوان محرک‌های گیاهی شناخته شده اند. آنها به عنوان محلول پاشی، افزایش رشد گیاه در یخبندان، خشکسالی و رویشگاه‌های نمک استفاده شده اند، مقاومت قابل توجهی در برابر قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها نشان دادند و همچنین عملکرد و بهره وری چندین محصول را بهبود بخشیدند(Hamed et al, 2017).

ماکروجلبک قهوه‌ایی

جلبک‌های دریایی قهوه‌ای کشت شده بیشتر به عنوان غذای انسان و همچنین خوراک حیوانات، کود زیستی یا محرک‌های زیستی؛ محصولات دارویی یا غذایی و بسته بندی زیستی زیست تجزیه پذیر مورد استفاده قرار می گیرد. در سال ۲۰۱۹، جلبک‌های دریایی قهوه‌ای ٤۷/۳٪ از کشت جلبک دریایی جهان را از نظر تناژ و ۵۲٪ از نظر ارزش را به خود اختصاص دادند .(Fao, 2021).

ماکروجلبک قهوه‌ایی در صنعت کشاورزی کاربرد گسترده‌ایی دارد. این جلبک سرشار از نیتروژن، پتاسیم و فسفر است. ذخیره کربوهیدراتی این موجود منجر به بهبود هوادهی و ساختار خاک، به ویژه در خاک‌های رسی و خاصیت حفظ رطوبت می‌شود. همچنین به عنوان منبع تنظیم کننده های رشد طبیعی گیاهی استفاده می شودکه در نهایت منجر به افزایش فعالیت فتوسنتزی و رشد گیاه، و همینطور مقاومت در برابر یخ زدگی، خشکی، نمک، قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها می شوند. از گونه‌های مطرح این دسته از ماکروجلبک‌ها می‌توان به *Laminaria digitata* (Oarweed)، *Saccharina latissima* (Sugar Kelp) ، *Fucus vesiculosus* (Bladder wrack)، *Ascophyllum nodosum* (Knotted wrack)، *Ecklonia maxima* و *Stoechospermum marginatum* اشاره کرد (Chatterjee et al, 2017). برای مثال کمپانی Afrikelp با سابقه‌ای طولانی، عصاره جلبک دریایی که از ماکروجلبک *Ecklonia maxima* استخراج شده‌است را به عنوان محرک رشدی به فروش می‌رساند. این جلبک در سواحل جنوب غربی آفریقای جنوبی یافت می‌شود و عصاره منحصر به فرد آن حاوی محرک‌های زیستی ضروری است که باعث افزایش عملکرد، افزایش کیفیت و بهبود عملکرد رشد محصولات شما می‌شود. محرک‌های زیستی آفریکلپ، غنی از اکسین، می‌توانند به‌عنوان محلول‌پاشی، غوطه‌ورسازی یا آب‌پاشی و از طریق سیستم‌های آبیاری برای تحریک و حمایت از رشد ریشه و اندام هوایی و همچنین رشد میوه استفاده شوند.

ماکروجلبک قرمز

کشت جهانی جلبک دریایی قرمز از ۲۱۰۰۰ تن در سال ۱۹۵۰ به ۱۸/۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ افزایش یافت. رشد ۱۰/۳ درصدی سالانه اندکی کمتر از جلبک‌های دریایی قهوه‌ای بود، اما هنوز هم بسیار بیشتر از رشد ۷/۹ درصدی برای آبزی پروری جهان از همه گونه‌ها بود. دو گونه *Phymatolithon calcareum* و*Lithothamnion corallioide* دو گونه رایجی است که به دلیل محتوای بالای عناصر ریزمغذی مورد کشت و پرورش قرار می‌گیرد.(Fao, 2021).

منابع

1. Alvarez, AL., Weyers, SL., Goemann, HM., Peyton, BM., Gardner, RD. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. Algal Research.. 54. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102200.
2. Chatterjee, S., Singh, C., Agrawal, S., Yadav, R., Rai, L.C. Rai. (2017). Chapter 10 - Role of Algae as a Biofertilizer,
3. Editor(s): Rajesh Prasad Rastogi, Datta Madamwar, Ashok Pandey, Algal Green Chemistry. Elsevier. Pages 189-200. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63784-0.00010-2.
4. Hamed, SM., Abdelrhman, AA., Abdel-Raouf, N., Ibraheem, I.B.M. 2017. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. Beni-Suef University J. of Basic and Applied Sciences. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.08.002.
5. Mahapatra, DM., Chanakya, HN., Joshi, NV., Ramachandra, TV., Murthy, GS. (2018). Algae-Based Biofertilizers: A Biorefinery Approach. In: Panpatte, D., Jhala, Y., Shelat, H., Vyas, R. (eds) Microorganisms for Green Revolution. Microorganisms for Sustainability, vol 7. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7146-1_10.
6. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229. Food and agriculture organization of the united nations Rome, 2021.

کاربرد تریکودرما به عنوان یک عامل بیولوژیک و محرک رشد در سویا

آیدین حسن‌زاده
کارشناس گیاهپزشکی مرکز تحقیقات کاربردی
و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

The application of Trichoderma as a biological control agent and growth promoter in soybean

مقدمه:

در کشاورزی پایدار، مدیریت منابع خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا، بررسی روابط همزیستی بین ارگانیسم‌های مفید خاکزی و محصولات زراعی، یکی از مباحث مهم در این حوزه می‌باشد. در بین محصولات زراعی که هر ساله در بسیاری از نقاط جهان کشت می‌شوند، سویا (*Glycine max*)، از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است. بر اساس آمار فائو، سطح زیرکشت این محصول در دنیا در سال ۲۰۲۰، حدود ۱۲۷ میلیون هکتار بوده است و برزیل با اختصاص بیش از ۳۷ میلیون هکتار از اراضی این کشور به کشت سویا، بیشترین سطح زیرکشت این محصول را دارا بوده است. این در حالی است که در ایران، سطح زیرکشت سویا برابر با ۶۰ هزار هکتار بوده است (FAO, 2020). عمده این اراضی در استان‌های گلستان، اردبیل، مازندران، خوزستان و لرستان می‌باشند.

حفظ و تقویت حاصلخیزی خاک در دراز مدت، کنترل زیستی آفات و بیمارگرها و کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی، از اهداف کشاورزی پایدار است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۷). استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاک، به کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی کمک می‌نماید (Monte, 2001). محصولات بیولوژیک در گیاهان زراعی از جمله دانه‌های روغنی در قالب تیمار بذر (شکل ۱)، کاربرد در خاک و کاربردهای پس از کشت در طول مراحل رشدی گیاه، به تولیدکنندگان بذر و کشاورزان ارائه می‌شوند.

شکل ۱. تیمار بذر سویا با قارچ‌کش بیولوژیک

سموم و کودهای بیولوژیک، محصولاتی هستند که از منابع طبیعی و یا معادل‌های مصنوعی تهیه می‌شوند و بر اساس نوع مصرف به پنج گروه تقسیم می‌شوند. گروه نخست، محرک‌های زیستی هستند که برای افزایش رشد و نمو گیاه استفاده می‌شوند. این مواد، به صورت تیمار بذر در ترکیب با قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها، برای بهبود استقرار گیاه و افزایش تحمل آن در برابر عوامل استرس‌زای زنده و غیرزنده، مورد استفاده قرار می‌گیرند. محرک‌های زیستی، بزرگ‌ترین بخش از تولیدات بیولوژیک مورد استفاده تولیدکنندگان بذر هستند که محصولات متنوعی از آنها در دسترس کشاورزان قرار دارد. گروه دوم شامل آفت‌کش‌های زیستی می‌باشند. این گروه، از آفت‌کش‌های کم خطر هستند و اثرات منفی ناچیزی بر انسان و محیط زیست دارند؛ به همین دلیل، معمولا قبل از برداشت محصول، مورد استفاده قرار می‌گیرند. تولیدکنندگان محصولات ارگانیک می‌توانند از این سموم زیستی به عنوان یک ابزار موثر در کنترل آفات

استفاده کنند. از این قبیل مواد می‌توان به فرومون‌های حشرات و اسیدهای چرب اشاره نمود. برای مثال، ووتیوو[2] یک سم بیولوژیک است که به طور مستقیم نماتد سیست سویا را نمی‌کشد ولی کاربرد آن سبب افزایش رشد باکتری‌های سطح ریشه سویا شده و در نتیجه، توانایی نفوذ نماتد سیست به ریشه سویا کاهش می‌یابد. گروه سوم، قارچ‌کش‌های زیستی هستند که فرمولاسیونی از میکروارگانیسم‌های مفید از جمله گونه‌های قارچ تریکودرما می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱. فهرستی از قارچ‌کش‌های بیولوژیک تجاری مورد استفاده در گلخانه[3]

نام تجاری	میکروارگانیسم	بیمارگرهای گیاهی قابل کنترل
Actinovate	*Streptomyces lydicus*	Powdery mildew, Downy mildew, *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*
BotryStop	*Ulocladium oudemansii* U3	*Botrytis, Sclerotinia*
Cease, Rhapsody	*Bacillus subtillis* QST 713	*Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora,* others
Companion Liquid	*Bacillus subtillis* GB03	Leaf spots, Powdery mildew, *Botrytis*, bacterial diseases, *Rhizocotonia*, *Pythium, Phytophthora*
Contans WG	*Coniothryium minitans*	*Sclerotinia sclerotiorum, S. minor*
Double Nickel, Triathlon	*Bacillus amyloliquefaciens*	Powdery mildew, Downy mildew, *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, others
Galltrol	*Agrobacterium radiobacter* K84	*Agrobacterium tumefaciens*
MycoStop	*Streptomyces griseoviridis*	*Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora, Alternaria*
Plant Shield	*Trichoderma harzianum*	*Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Cylindrocladium*, *Thielaviopis*
Prestop WP	*Gliocladium catenulatum* JII446	*Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora, Fusarium, Verticillium*
SoilGard	*Gliocladium virens* GL-21	*Rhizoctonia, Pythium*

این میکروارگانیسم‌ها، در بهبود رشد گیاهان میزبان، افزایش جذب مواد غذایی از خاک و جلوگیری از فعالیت بیمارگرهای گیاهی، نقش موثری دارند و در ریشه، خاک و محیط‌های برگی فعال هستند. این ارگانیسم‌ها، با عوامل بیماریزای گیاهی رقابت می‌کنند و طیف وسیعی از مواد آنتی‌بیوتیکی را تولید می‌کنند (آنتی‌بیوز[4]). همچنین، برخی از این عوامل مفید، انگل قارچ‌ها و نماتدهای بیمارگر گیاهی بوده و برخی دیگر می‌توانند در گیاه میزبان، مقاومت موضعی و یا سیستمیک در برابر عوامل بیماریزا ایجاد نمایند. گروه چهارم، کودهای زیستی هستند. این کودها هم به بذر و هم به گیاه در مراحل رویشی و زایشی کمک می‌کنند. بکارگیری میکروارگانیسم‌هایی همچون باکتری‌ها، قارچ‌ها و سیانوباکتری‌ها، موجب افزایش جذب مواد مغذی توسط دانه و گیاه می‌شوند. برای مثال، افزودن باکتری ریزوبیوم به بذر سویا می‌تواند به افزایش گره‌زایی در ریشه سویا کمک نماید. همچنین، کودهای زیستی می‌توانند با تحریک فعالیت میکروبی در خاک به بهبود بافت خاک و افزایش مواد غذایی در خاک کمک نمایند. گروه پنجم شامل هورمون‌های رشد گیاهی (PGRs[5]) است. هورمون‌های رشد گیاهی می‌توانند در دسته مواد بیولوژیک گروه‌بندی شوند، زیرا بطور طبیعی در گیاه تولید می‌شوند. رایج‌ترین این هورمون‌ها شامل جیبرلین‌ها (که سبب افزایش طول ساقه و گل‌دهی می‌شوند)، سیتوکینین‌ها (که بر تشکیل جوانه و تقسیم سلولی اثر

[2] VOTiVO
[3] University of Massachusetts Amherst
[4] Antibiosis
[5] Plant growth regulators

دارند) و اکسین‌ها (که تقسیم سلولی را افزایش می‌دهند)، می‌باشند. عصاره بذر علف‌های‌هرز، یک منبع رایج برای تولید هورمون‌های بیولوژیک با خواص PGR هستند (Schmidgall, 2019).

در بین میکروارگانیسم‌های مفید قارچی، گونه‌های تریکودرما به واسطه نقش در حفاظت از گیاهان، افزایش رشد رویشی گیاه، حفظ جمعیت بیمارگر زیر آستانه خسارت اقتصادی، تجزیه مواد غذایی و کمک به اصلاح بافت خاک، از عوامل مهم میکروبی در کشاورزی محسوب می‌شوند. این ویژگی‌ها سبب شده است در تولید قارچ‌کش‌ها و کودهای زیستی از جدایه‌های تریکودرما بطور گسترده استفاده شود(Abdel-lateif, 2017). بر این اساس، کاربرد موفقیت‌آمیز بیوفرمولاسیون‌های مختلف بدست آمده از گونه‌های این قارچ برای کنترل انواع بیماری‌های گیاهی، در گزارشات و مقالات علمی متعددی در سرتاسر جهان منتشر شده است. استفاده از قارچ‌های افزاینده رشد گیاه[6] مانند گونه‌های میکوریز و تریکودرما، علاوه‌بر بهبود رشد گیاه، به کاهش مصرف کودها و قارچ‌کش‌های شیمیایی کمک می‌نماید (Nzanza *et al.*, 2011). مطالعات انجام شده در ایران نیز به موثر بودن کاربرد گونه‌های مختلف تریکودرما در بهبود رشد و نمو گیاهان زراعی مختلف از جمله سویا اشاره شده است. در این مطلب، نتایج مطالعه انجام شده با هدف ارزیابی رشد سویا در واکنش به قارچ‌های افزاینده رشد گیاه، مورد بررسی قرار گرفت (یزدانی و همکاران، ۱۳۹٤). این پژوهش در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل، تلقیح با قارچ‌های افزاینده رشد (جدول ۲) و مقادیر مختلف کود فسفره، در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (بدون تلقیح)، تلقیح با تریکودرما، تلقیح با هر یک از دو گونه میکوریز، تلقیح دوگانه تریکودرما و با هر یک از دو گونه میکوریز و تیمار کودی در سه سطح (صفر، ۷۰ و ۱٤۰ کیلوگرم در هکتار)، بود. برای میزبان سویا از رقم ساری (JK)، استفاده شد.

جدول ۲. گونه‌های قارچی مورد استفاده

ردیف	نام گونه
۱	*Trichoderma harzianum*
۲	*Glomus intraradices*
۳	*G. mosseae*

جدایه تریکودرما پس از تکثیر در محیط کشت PDA و تولید هاگ، به محیط کشت سبوس گندم منتقل شد. سپس، هر کیلوگرم بذر سویا با مقدار ۱۰ گرم از محیط کشت سبوس گندم (حاوی 10^8 واحد هاگ در هر گرم)، تلقیح گردید. کرت‌های آزمایشی شامل پنج ردیف چهار متری با فاصله ۷۰ سانتی‌متر، تهیه و بذور با فاصله هشت سانتی‌متر از هم، روی ردیف‌ها کشت شدند. در مرحله گل‌دهی، صفات ارتفاع بوته، سطح برگ، محتوای کلروفیل، وزن خشک برگ و ماده خشک کل، اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت، بوته‌ها در سطح ٤/۵ مترمربع برداشت و عملکرد نهایی بر اساس رطوبت ۱۳ درصد، محاسبه گردید. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه برای دو سال آزمایش بر اساس مدل آماری طرح و با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD[7])، در

[6] Plant growth-promoting fungi
[7] Least significant difference

سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف قارچ‌های افزاینده رشد گیاه تحت مقادیر مختلف فسفر، اثرات معنی‌داری بر میزان کلروفیل داشتند. بیشترین محتوای کلروفیل در تیمار تریکودرما و میکوریز گونه *G. mosseae* با کاربرد میزان متداول فسفر مشاهده شد. هم‌افزایی قارچ‌های مورد بررسی، سبب بهبود تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در گیاه شده و محتوای کلروفیل را افزایش داده است. در کرت‌هایی که فسفر مصرف نشد، میزان ارتفاع بوته به جز تیمار تریکودرما، در مابقی تیمارها به شدت کاهش یافت. بیشترین افزایش این صفت در تیمار تلقیح با قارچ تریکودرما در فقدان فسفر، بدست آمد. همچنین، تلقیح قارچ تریکودرما در تیمار مصرف کامل کود فسفر، وزن خشک اندام‌های هوایی سویا را نسبت به شاهد حدود ۲۰ درصد افزایش داد. در صفت شاخص سطح برگ که میزان دارایی برگ در گیاه را عنوان می‌کند و تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است، بررسی تیمارها بیانگر اثربخشی بالاتر تلقیح دوگانه تریکودرما و میکوریز گونه *G. mosseae* بود. مقایسه میانگین داده‌های دوساله صفت عملکرد دانه نشان داد که حذف فسفر در تمام تیمارها حتی با تلقیح قارچ‌های مختلف، سبب کاهش عملکرد دانه شد. در مقابل، در تیمار تریکودرما با مصرف کم کود فسفره، عملکرد دانه افزایش یافت. این بدان علت است که فعالیت قارچ تریکودرما سبب افزایش حلالیت فسفر و سایر عناصر در ریزوسفر شده و در نتیجه سبب افزایش جذب این عناصر توسط گیاه میزبان می‌شود که نتیجه آن افزایش رشد و بنیه گیاه است. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد تلقیح گونه‌های تریکودرما و میکوریز می‌تواند در مدیریت تلفیقی عناصر غذایی (INM)[8]، جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد.

منابع

۱. یزدانی، م.، پیردشتی، ه.، تاجیک قنبری، م. بهمنیار، م. ۱۳۸۷. تاثیر تریکودرما و انواع مختلف کودهای آلی بر رشد و نمو سویا. تولید گیاهان زراعی، ۱ (۳)، ۸۲-۶۵.

۲. یزدانی، م.، یارنیا، م.، پیردشتی، ه.، رشیدی، و. بهمنیار، م. ۱۳۹٤. ارزیابی رشد سویا در واکنش به قارچ‌های افزاینده رشد گیاه در شرایط اقلیمی مازندران. بوم‌شناسی کشاورزی، ۷ (۱)، ۸۳-۷٤.

3. Abdel-lateif, K.S., 2017. *Trichoderma* as biological control weapon against soil borne plant pathogens. African J . of Biotechnology, 16(50), pp.2299-2306.
4. Bess-Dicklow, M., and Madeiras, A. 2018. Biofungicides. University of Massachusetts Amherst, online article: https://ag.umass.edu/
5. FAO, 2020. https://www.fao.org/faostat
6. Monte, E., 2001. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. International Microbiology, 4(1), pp.1-4.
7. Nzanza, B., Diana, M., and Puffy, S. 2011. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth and development as influenced by *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi. African journal of microbiology research 5:425-43.
8. Schmidgall, S. 2019. Biological Use in Soybean Production. Online article: https://www.ilsoyadvisor.com/

[8] Integrated nutrient management

سنک بذرخوار کلزا (*Nysius cymoides*)

عارفه اصغری
کارشناس گیاهپزشکی مرکز تحقیقات کاربردی
وتولید بذرشرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

False chinch seed bug

مقدمه

کلزا یا کانولا گیاهي است از خانواده شب بویان (*Brassicaceae*)، يك ساله، دگرگشن و يكي از مهم ترين گياهان زراعي كه از دانه آن جهت توليد روغن استفاده مي‌شود. امروزه کلزا از جهات مختلف از جمله درصد بالای روغن، پروتئین بالای کنجاله مناسب برای تغذیه دام، پوسیدگی سریع کاه و کلش آن و درنتیجه افزایش مواد آلی و حاصلخیزی خاک، مناسب در تولید شهد زنبورعسل و تناوب با زراعت گندم و جو، مورد توجه قرار قرار گرفته است. در حال حاضر، بیش از ۱۸۳ هزار هکتار از زمین‌های کشور زیر کشت کلزا قرار دارد که از زمین‌های زیر کشت حدود ۲۹۵ هزار تن دانه روغنی برداشت می‌شود. استان گلستان با بیش از ۵۱ هزار هکتار سطح زیر کشت و برداشت ۸۰ هزار تن کلزا در رتبه نخست قرار دارد. بعد از استان گلستان، استان خوزستان با ۴۵ هزار و ۵۰۰ هکتار سطح زیر کشت و برداشت ۷۶ هزار تن کلزا در رتبه دوم قرار دارد و استان‌های فارس، خراسان شمالی، اردبیل، مازندران، سیستان و بلوچستان، کرمان، آذربایجان غربی، سمنان و اصفهان نیز از دیگر تولیدکنندگان عمده دانه‌های روغنی و کلزا در کشور هستند. عوامل متعددی تولید و عملکرد کلزا را کاهش می‌دهند که می‌توان به عوامل بیماری‌زا، حشرات آفت، راب‌ها و حلزون‌ها، خرگوش، پرندگان و ... اشاره کرد که در مراحل مختلف رویشی گیاه کلزا، از گیاهچه تا تشکیل غلاف و رسیدن دانه، فعالیت و تغذیه می‌کنند (محقق نیشابوری و همکاران، ۱۳۹٤).

در بین حشرات، سنک بذرخوار کلزا با نام علمی *Nysius* cymoide ، یکی از مهمترین حشرات آفت با اهمیت اقتصادی است. تحرک زیاد، تخم‌گذاری در خاک و زاداوری بالا از ویژگی‌های مهم این حشره است. این حشره از آفات مهم زراعت کلزا در استان‌های مازندران، فارس، کردستان، کرمانشاه، قم، آذربایجان غربی، لرستان، مرکزی، خراسان و .... است. فعالیت این حشره در مناطق شمال کشور بیشتر از سایر مناطق گزارش شده است. همچنین این حشره علاوه بر کلزا در مزارع شبدر، یونجه، سویا، پنبه، شالی و کلیه باغات درختان دانه‌دار، هسته‌دار و مرکبات ... نیز فعالیت کرده و ایجاد خسارت می‌کند. اگرچه سنک کلزا غالبا از بذر گیاهان میزبان خود تغذیه می‌کند، با این حال تغذیه از بافت‌های آوندی نیز در آنها عمومیت دارد. حشرات بالغ این سنک قبل از برداشت مزارع کلزا و همزمان با رسیدن دانه‌ها و ریزش اولیه دانه‌ها، بصورت دسته‌های کوچک و بزرگ وارد مزارع شده و پس از برداشت، زیر بقایای گیاهی از بذرهای ریخته شده تغذیه می‌کنند و تکثیر می‌شوند. سپس پوره‌ها و حشرات بالغ به مزارع مجاور مهاجرت کرده و موجب خسارت شدید می‌شوند. باید توجه داشت نسل های مهم و با جمعیت بالای این آفت، وقتی مشاهده می‌شود که مزارع کلزا رسیده و آماده برداشت است. توجه به شیوه رفتاری سنک بذرخوار کلزا، که تمایل دارد در سطح و داخل زمین حرکت کند، در کنترل جمعیت این آفت موثر است (محقق نیشابوری و همکاران، ۱۳۹٤؛ اسکویی و یدائی، ۱۳۹۸).

خسارت

قبل از برداشت محصول، حشرات کامل به صورت پراکنده در کف مزارع برداشت نشده مشاهده می‌شوند و به محض برداشت محصول و دپو شدن بقایای گیاهی، حشرات کامل جفت گیری کرده و روی خاک و شکاف زمین تخم‌ریزی می‌کنند. پوره‌ها ضمن تغذیه از بذور ریخته شده روی زمین و بقایای گیاهی آبدار، علف‌های هرز و یا بوته‌های کلزای سبز شده در مزارع به رشد و تکثیر ادامه می‌دهند (اسکویی و یدائی، ۱۳۹۸).

شکل شناسی آفت

این حشره کوچک به رنگ قهوه‌ای مایل به خاکستری و دارای بال‌های شفاف است و ۳-۵ میلی متر طول دارد. حشرات بالغ ماده رنگ روشن‌تر و کمی بزرگ‌تر از حشرات کامل نر هستند. ماده‌ها به رنگ کرم تا قهوه‌ای روشن و نرها قهوه‌ای مایل به خاکستری دیده می‌شوند. پوره‌ها کم و بیش شبیه به حشرات بالغ هستند (شکل ۱) (اسکویی و یدائی، ۱۳۹۸). پنج سن پورگی در این آفت شناسایی شده است و معمولا دوره پورگی در طبیعت ۲۳ تا ٤٠ روز با توجه به شرایط آب و هوایی به طول می‌انجامد. به نظر می‌رسد عدم رطوبت خاک و درجه حرارت بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد شرایط را برای تجدید نسل آفت نامناسب می‌کند. دوره پورگی نسل اول حدود یک ماه از اردیبهشت تا اواسط خرداد طول می‌کشد و نسل دوم از اواسط خرداد تا تیرماه و نسل سوم از اواسط تیرماه تا اواسط مرداد به طول می‌انجامد (محقق نیشابوری و همکاران، ۱۳۹٤).

شکل ۱. حشرات کامل (a, b) و پوره‌های (c) سنک بذرخوار کلزا

مدیریت سنک بذرخوار کلزا

جهت کنترل و مدیریت این آفت، دستورالعمل‌های زراعی و شیمیایی توصیه می‌شود (اسکویی و یدائی، ۱۳۹۸)، که شامل:

- پایش مرتب مزراع کلزا همزمان با گلدهی تا رسیدن غلاف‌ها، جهت ردیابی و پیش آگاهی این آفت ضرورت دارد.

- افزایش جمعیت سنک بعد از برداشت اولیه محصول کلزا، به وجود دانه‌های ریزش کرده کلزا، و دسترسی به بقایای گیاهی و علف‌های هرز بستگی دارد، درنتیجه توصیه می‌شود، بعد از برداشت محصول بقایای گیاهی هر چه سریعتر جمع آوری شود.

- با توجه به اینکه این آفت تخم‌های خود را در خاک قرار می‌دهد و پوره‌ها و حشرات کامل نیر در شکاف‌های درون خاک حرکت می‌کنند، انجام شخم عمیق بعد از برداشت در انسداد منافذ و معابر پوره‌ها در زمین و نیز در پراکندگی حشرات کامل موثر است.

در صورتیکه جمعیت آفت از زمان شروع گلدهی تا زمان رسیدن غلاف‌ها ۱۵ تا ۲۰ حشره کامل در ۲۰ تور باشد، انجام مبارزه شیمیایی ضرورت دارد. محلول‌پاشی مزارع آلوده و همچنین مزارع همجوار، برای جلوگیری از خسارت سنک، با یکی از سه ترکیب زیر می‌تواند انجام شود:

- کلرپایروفوس (دورسبان) ٤٠/٨ درصد امولسیون، به نسبت ۱/۵ تا ۲ در هزار. با توجه به اثر تماسی- گوارشی و تدخینی سم کلرپایروفوس، این سم در خاک ۲ تا ٤ ماه دوام دارد، و از طریق فاز بخار از محل مصرف شده به نقاط همجوار منتقل می‌شود. باید توجه داشت که در مزارع گوجه فرنگی به دلیل حساسیت از این سم استفاده نشود.

- مالاتیون ۵۷ درصد امولسیون به میزان ۲ در هزار (به علت حساسیت گیاهان تیره کدوییان، از مصرف سم دیازینون در این گروه از گیاهان خودداری شود).

- دیازینون ٦۰ درصد امولسیون به نسبت ۱ در هزار (ترجیحا در در گیاهان خانواده کدوییان استفاده نشود).

منابع

۱- محقق نیشابوری، ج.، پیرهادی، ا.، امینی خلف بادام، م. ع. ۱۳۹٤. دستورالعمل اجرایی مدیریت سن بذر خوار کلزا. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور.

۲- وفایی اسکویی، ف.، یدائی، ح. ۱۳۹۸. دستورالعمل اجرایی مدیریت تلفیقی سنک بذر خوار کلزا *Nysius cymoides*. سازمان حفظ نباتات کشور، معاونت کنترل آفات.

Oilseeds Research and Development Company
Quarterly journal of
Iranian North Seed Extender Center
Current Issue: 2022 Dec, Number 8
Language: Farsi (persian)
Publisher
Oilseeds Research & Develepment 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