وضعیت اصلاح کنجد در جهان (بخش ۱)

میترارمضانی: معاون اجرایی مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر شرکت توسعه کشت دانه های روغنی

چکیده :

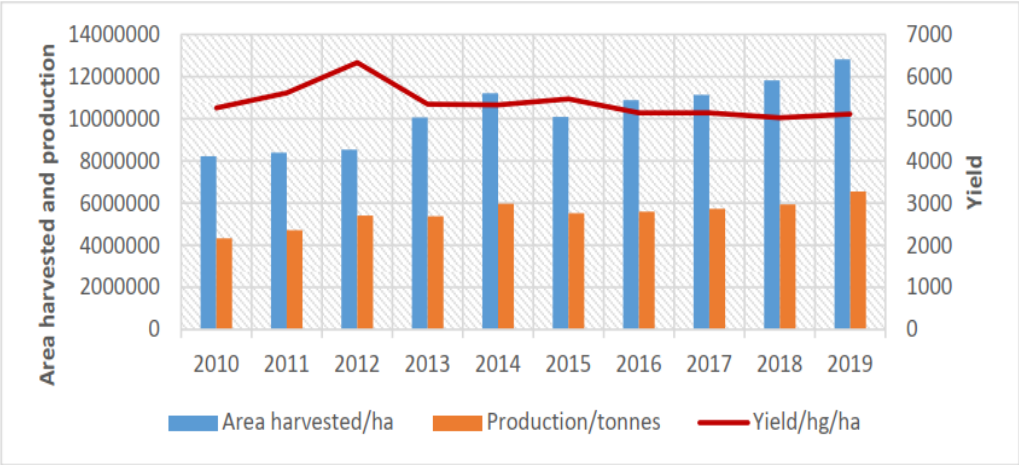
کنجد، (*Sesamum indicum* L) به عنوان یکی از قدیمی ترین گیاهان اهلی دانه روغنی از هزاران سال قبل شناسایی شده است و حاوی مقادیر قابل توجهی روغن، پروتئین و مواد مغذی است که آن را به عنوان یک محصول مهم برای تغذیه انسان و دام مطرح می‌نماید. طبق آمار FAO ، مهمترین کشورهای تولید کننده کنجد سودان، میانمار، تانزانیا، هند، نیجریه و چین می باشند. مهمترین اهداف اصلاحی کنجد با توجه به نیاز بشر شامل افزایش عملکرد دانه، بهبود مورفولوژی گیاه، ایجاد تحمل به تنشهای زیستی و غیر زیستی، ناشکوفایی کپسول‌ها و بهبود کیفیت روغن می‌باشد. همچنین تهیه نقشه ژنومی کنجد به کمک ابزار جدید اصلاحی نظیر انتخابهای وابسته به نشانگرهای ظاهری و ژنتیکی نشان داده‌اند که ژنوم دیپلوئید کنجد، کوچک و حدود Mb ۳۵۰می‌باشد. تکنولوژیهای جدید، مسیر را برای یک فرایند اصلاحی سریع برای کنجد در جهت سازگار نمودن آن با تغییرات آب و هوایی،بالا بردن ارزش تغذیه‌ای و چالشهای امنیت غذایی هموار می‌کنند. این مطالعه جنبه‌ها و دستاوردهای مرتبط با فرصتهای اصلاحی کنجد را بررسی می کند.

مقدمه:

کنجد یک محصول مهم در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است و یک محصول درآمدزا برای کشاورزان خرده مالک می‌باشد که به آنها کمک می‌کند نهاده های کشاورزی را در جهت امنیت غذایی سرمایه گذاری کنند. بسیاری از کشورهای تولید کننده کنجد تحقیقات و برنامه‌های اصلاحی کنجد را نادیده گرفته‌اند که منجر به کاهش حاصلخیزی و تولید کمتر این محصول شده است. استفاده از تنوع ژنتیکی و تکنیکهای پیشرفته اصلاح مولکولی مسیر رسیدن به ارقام جدید با عملکرد بالا و متحمل به تغییرات آب و هوایی و شرایط نامطلوب محیطی را هموار خواهد ساخت. اگر برنامه های اصلاحی کنجد موفقیت آمیز باشد، تولید کنجد وضعیت امرار معاش قشر آسیب‌پذیر کشاورزان خرده مالک را بهبود می‌بخشد .

کنجد یکی از محصولات اهلی دانه روغنی است که از گذشته‌های بسیار دور توسط انسان شناسایی و پرورش یافته است. خاستگاه اولیه کنجد آفریقا است هر چند گفته می‌شود که هند نخستین مکان اهلی شدن این گیاه می‌باشد. بعدها حدود ۲۰۰ سال پیش از میلاد، کنجدبه عراق و سپس به منطقه مدیترانه وارد شد و به عنوان یک محصول اصلی منطقه در آن دوران بود . کنجد متعلق به جنس *Sesamum* و خانواده *Pedaliaceae* می‌باشد در مجموع بیش از ۳۸ گونه متفاوت از لحاظ مورفولوژیکی و سیتوژنتیکی در این جنس شناسایی شده است. پرورش کنجد در مناطق مختلف جغرافیایی نیز جهت دسته بندی گونه‌های کنجد استفاده شده است. این محصول در مناطق بین ۴۰درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی توزیع شده است اگرچه مهمترین منطقه زراعت آن در بخش شمالی خط استوا می‌باشد. سیستم ریشه‌دهی گسترده در کنجد نقش مهمی در اصلاح ویژگیهای خاک داشته و دلیل قابلیت آن به عنوان یک محصول فوق العاده مقاوم به خشکی می‌باشد. کنجد گیاهی با عملکرد پایین است که این مشکل به علت مشکل رایج ریزش کپسول‌ها در آن می‌باشد. طبق آمار FAO، در سال ۲۰۱۹ ، ۱۲/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دنیا تحت زراعت کنجد بود در حالیکه میزان کنجد تولید شده تنها ۶/۵ میلیون تن بود (شکل ۱) که برای چنین سطحی، عملکرد کمی است. کشورهای عمده تولید کننده کنجد در دنیا شامل سودان، میانمار، هند و چین می‌باشند.

شکل ۱: میزان تولید، سطح برداشت و عملکرد جهانی کنجد در دنیا از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹



کنجد یک محصول مهم با میزان قابل توجهی روغن با کیفیت بالا، پروتئین و سایر مواد مغذی می‌باشد که نقش اساسی در تغذیه انسان و و دام در مناطق کشت شده دارد. دانه‌های کنجد حاوی حدود ٪ ۶۰-۳۵ روغن، ٪۳۰-۱۹ پروتئین، ٪ ۱۳/۵ کربوهیدرات ، ٪۵ خاکستر و دارای ۶۳۳۵ $Kcal\ kg^{-1}$ انرژی می‌باشند. همچنین کنجد حاوی مواد مغذی ضروری مثل مس ، منیزیوم، منگنز و آهن بوده و همچنین به عنوان منبع غنی از ویتامین‌های E و B مطرح می‌باشد. روغن کنجد به علت داشتن لیگنانهای خاصی نظیر سزامین و سزامولین که در فعالیتهای اکسیداتیو مشارکت دارند، نسبت به سایر روغنهای گیاهی پایداری بالاتری در برابر اکسید شدن دارند. در کل کنجد نقش مهمی در اقتصاد کشورهای تولید کننده آن ایفا می‌کند. کنجد یک گیاه رشد نامحدود است اگرچه با توجه به تولید بذر به عنوان یک گیاه یکساله محسوب می‌شود. از لحاظ ژنتیکی کنجد گیاهی دیپلوئید (2n=2x=26)،با تنوع ژنتیکی بالا و تعداد زیادی گونه‌های وحشی می‌باشد. اصلاح کنجد بر چندین صفت به ویژه حل مشکلات مربوط به تنش‌های زیستی و غیرزیستی متمرکز شده است. خویشاوندان وحشی کنجد به عنوان منابع دستیابی به برخی صفات تحت کنترل ژن‌های موجود بر روی کروموزوم‌های خاص استفاده شده اند. ژن مربوط به تحمل شرایط غرقابی روی کروموزوم شماره ۲۶ در *S.malabaricum* یافت شده و ژن تحمل به خشکی روی کروموزوم شماره ۳۲ در *S.accidentale* . همچنین مقاومت به پژمردگی فوازریومی روی کروموم شماره ۶۴ در *S.radiatum* پیدا شده است. اما هنوز اطلاعات کاملی در مورد کپسول های ناشکوفا به عنوان یکی از مهمترین صفات مربوط به عملکرد دانه کنجد که تا حد زیادی خسارت زمان برداشت بذور رسیده را کاهش داده و امکان برداشت مکانیزه را فراهم می‌نمایند در دسترس نمی‌باشد.

ابزار های اصلاحی پیشرفته مثل انتخاب به کمک نشانگر های ظاهری و ژنتیکی منجر به نقشه‌یابی نوم کنجد شده است که نشان داد کنجد یک ژنوم کوچک دیپلوئید به اندازه ۳۵۰ Mb دارد. برنامه‌های اصلاحی مربوط کنجد منجر به مقابله آن با چالشهای تغییرات آب و هوایی، افزایش ارزش تغذیه‌ای، و امنیت غذایی می‌شوند. این مقاله جنبه های مختلف دستاوردها و فرصتهای مربوط به برنامه‌های اصلاحی کنجد را بررسی می‌کند.

سازگاری(بومی سازی، اهلی کردن)

اهلی کردن گیاهان ، اولین قدم در جهت اصلاح و توسعه محصولات با عملکرد بالا و با کیفیت تامین کننده غذا برای جمعیت انسانها می‌باشد. اهلی نمودن و اصلاح نباتات اولیه بر اساس انتخاب گیاهان دارای صفات مطلوب متناسب با نیاز انسانها بود. کنجد یکی از ابتدایی ترین گیاهان اهلی شده بوده و همچنان یکی از محصولات اصلی کشاورزی به ویژه برای کشاورزان آفریقا و آسیا می‌باشد. مطالعات زیادی مکان اولیه و منشاء اهلی نمودن کنجد و خویشاوندان وحشی آن را با در نظر گرفتن زمینه های تاریخی، فرهنگی، ژنتیکی و فیتوشیمیایی بررسی نموده‌اند. این مطالعات نشان دادند که خانواده پدالیاسه که کنجد به آن تعلق دارد، عمدتا در بخشهای گرمسیری آفریقا یافت می‌شود، اگرچه مشخص شده که دو گونه خاص از جنس *Sesamum* متعلق به هند است.

البته آفریقا به عنوان تنها خاستگاه کنجد مورد مجادله است و شبه قاره هند به عنوان نخستین مکان اهلی نمودن کنجد پیشنهاد شده است. کنجد عمدتا به عنوان یک محصول چند منظوره که بذر و برگهای سبز آن استفاده می‌شود مطرح می‌باشد. کنجد منبعی غنی از مواد مغذی به ویژه در زمان قحطی می‌باشد. برگ‌های کنجد حاوی مقادیر بالایی از کلسیم، آهن، پروتئین، کاروتن و اسید اسکوربیک می‌باشد. همچنین گزارش شده شده که برگهای این گیاه بعد از خشک شدن و پودر شدن به مدت طولانی ارزش تغذیه ای بالایی را حفظ می‌کنند.

اهداف اصلاحی و منابع ژنتیکی

نخستین اهداف اصلاحی کنجد که تا حد زیادی به نیاز بشر مرتبط هستند، شامل افزایش در عملکرد دانه ، تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، کپسول‌های ناشکوفا و بهبود کیفیت روغن می‌باشند . توسعه ارقام جدید منتج به ایجاد ژنوتیپ‌هایی با سازگاری بالا و متحمل در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی شده‌اند. فقدان تحقیقات گسترده و جامع بر روی کنجد مانع بزرگی برای افزایش تولید این محصول می‌باشد. فرسایش منابع ژنتیکی کنجد از مدتها قبل ادامه داشته که منجر به از دست رفتن تنوع ژنتیکی به ویژه در کنجدهای با خاستگاه آفریقا و عمدتا ژنوتیپ‌های سودان شده است. چندین دهه جنگ داخلی مداوم در سودان زندگی بسیاری از افراد از جمله مزارع آنها را از بین برد که منجر به از دست رفتن منابع عظیمی از مواد ژنتیکی و ارقام کنجد شد.

بهبود عملکرد و تولید بذر

حاصلخیزی کنجد عمدتا پایین است و محدودیت‌های اصلی مربوط به کاهش عملکرد، تنوع ژنتیکی پایین، عدم اصلاح ژنیتکی و کشت اولیه در زمین‌های حاشیه ای می‌باشد. لذا تولید جهانی کنجد نسبت به سطح زیر کشت آن نسبتا پایین است (شکل ۱). عملکرد بالا برای اصلاحگران و کشاورزان یک فاکتور ضروری است. بنابراین صفات ویژه مرتبط با عملکرد یالا مانند تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه نیز اهمیت بالایی دارند. اما مهمترین صفت برای عملکرد ناشکوفا بودن (کپسول‌ها در زمان رسیدگی باز نمی‌شوند که بذرها خارج شوند، عدم ریزش بذر) یا شکوفا بودن (دارای ریزش بذر)کپسول می‌باشد. نشان داده شده که صفت ناشکوفایی با نیمه شکوفایی کنجد موجب کاهش بذور رسیده برداشت شده در کنجد خواهد شد. چندین صفت با صفت ریزش در کنجد همبستگی دارند که عبارتند از سفتی و انسجام کپسول، تکامل پوسته کپسول ، میزان باز شدگی کپسول، تعداد برچه های کپسول، نحوه اتصال بذرها به کپسول، اتصال غشاء کپسول‌ها، فرم انتهای بالایی کپسول، موقعیت در ساقه و شکل بذرها. اولین مورد مقاومت ۱۰۰٪ کپسول‌ها در برابر ریزش، در سال ۱۹۴۶ در یک گونه جهش یافته خودبه خودی با برگهای پیچ خورده (c/l)مشاهده شد. صفت c/l توسط یک جفت ژن کنترل شده و در ایجاد صفت ناشکوفایی کپسول بعد از رسیدگی فیزیک وقتی گیاه خشک می‌شود نیز مشارکت دارد این صفت به صورت مستقل از محیط ظهور می‌یابد. اما کپسول c/l محکم بوده و شکستن آن نیاز به تیمارهای مکانیکی دارد که به دلیل احتمال آسیب زدن به بذر در اثر اعمال فشار برای باز شدن کپسول و در نتیجه خروج و فساد اکسیداتیو اسیدهای چرب، ژنوتیپهای c/l را نامطلوب می‌سازد. برنامه های اصلاحی مستمری در امریکا انجام

شده که در سال ۱۹۹۷منجر به ایجاد یک رقم ناشکوفا با کپسولی که مثل کپسولهای شکوفا راحت باز میشد اما ریزش هم نداشتند،گردید. کپسولهای این ژنوتیپ ها به گونه ای بودند که فقط نوک(قسمت انتهایی) کپسول باز می‌شد و امکان رها کردن بوته ها به مدت ۵۰ روز بعد از رسیدگی در مزرعه و امکان خشک شدن بذور تا رطوبت ۶ ٪ بدون ریزش وجود داشت.

دومین صفت مهم در کنجد که با عملکرد همبستگی دارد، وزن هزار دانه است که در محدوده ۰/۷۹ تا ۴/۴۷ گرم در دنیا ثبت شده است. بر همین اساس در چین کنجد بر طبق اندازه بذر، دسته بندی می‌شود که در این دسته بندی بذرهای با وزن هزار دانه بالای ۳/۵ گرم به عنوان بذر بزرگ در نظر گرفته می شوند. سایر صفات مثل طول و عرض بذر، طول کپسول و اندازه سطح بذر نیز همبستگی بالایی با وزن هزاردانه نشان داده‌اند که به همین دلیل نقش مهمی در افزایش عملکرد و حاصلخیزی کنجد ایفا می‌کنند.

مقاومت در برابر تنشهای زیستی و غیر زیستی

مثل تمام محصولات گیاهی، مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی جهت رسیدن به عملکرد بالا، اهمیت زیادی دارد. اصلاحگران کنجد به طور پیوسته در حال ارزیابی و تلفیق ژنهای ارزشمند مربوط به این صفات در مواد ژنتیکی و ارقام خود هستند. چندین تنش غیرزیستی که در میزان تولید کنجد موثر ارزیابی شده‌اند، شامل شوری، خشکی، غرقابی و سرمازدگی می‌باشند. کنجد نسبت به یونهای کلرید کلسیم/سدیم در محلولها و همچنین نسبت به شراط سرمازدگی(۱۵-۰ درجه سانتی گراد) حساس است. همچنینی، مشخص شده که کنجد نسبت به خشکی به ویژه در مرحله رویشی حساس است. علاوه بر اینهامشخص شده که چندین عامل زیستی مثل بلایت فیتوفترایی، لکه برگی سرکوسپورایی و بیماری ویروسی پیچیدگی برگ نیز در کاهش عملکرد کنجد نقش دارند .

مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها

یکی از مهمترین بیماری‌های مربوط به کنجد فیلودی فیتوپلاسمایی می‌باشد که روی رشد و نمو کنجد تاثیر گذاشته و به موجب آن کاهش چشمگیری در عملکرد ایجاد می‌نماید. لذا ایجاد مقاومت در برابر فیلودی یکی از اهداف اصلی در برانامه‌های اصلاحی کنجد می‌باشد. همچنین، حشرات آفتی مثل پروانه بذرخوار کنجد که به Sesame leaf roller(سوراخ‌کننده غلاف) معروف است، و کرم کپسول خوار کنجد(Capsule borer) مساله مهمی در تولید کنجد هستند که موجب کاهش چشمگیری در عملکرد به ویژه در مناطق کم بارش می‌شوند. در فصل بارندگی، حشرات مکنده‌ای مثل زنجره‌ها، تریپس‌ها، سفید بالک و سن ها شایع شده و بسیاری از پاتوژن های عامل فیلودی و بذرخوار را با خود حمل می کنند. چندین ژن مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گونه‌های وحشی کنجد موجود بوده و پتانسیل ورود به گونه‌های زراعی کنجد از طریق تلاقی برگشتی و مهندسی ژنتیک را دارا می باشند. ژنهای مقاومت در برابر بیماریها و حشرات، کد کننده پروتئین های باند شونده به نوکلئوتید و تکرارهای غنی از لوسین (NLR) هستند. بنابراین، برنامه‌های اصلاحی کنجد می‌توانند از این ابزار پیشرفته ژنومیک و بیوانفورماتیک به همراه تعیین ساختار ژنتیکی و توالی‌یابی (GBS) جهت جستجوی NLR استفاده نمایند . نرم افزار Annotator می‌تواند برای شناسایی موقعیت فیزیکی ژنهای NLRبر روی کروموزوم‌ها استفاده شود.

بهبود کیفیت تغذیه ای و روغن :

بذر کنجد منبع غنی از چندین عنصر مهم تغذیه‌ای مثل پروتئین، ویتامینها، مواد معدنی و آنتی اکسیدانها می‌باشد. همچنین وجود لیگنان‌هایی مانند سزامین و سزامولین قابلیت دوام اکسیداتیو و فعالیت آنتی اکسیدانی روغن کنجد را افزایش می‌دهند. به عنوان جنبه منفی، کنجد می‌تواند منجر به ایجاد آلرژی وابسته به ایمنوگلوبولین شود. یکی از آلرژن‌های اصلی در بذر کنجد اولئوسین

است. به علاوه سطوح بالای فیتیک و اگزالیک اسید استفاده از پروتئین کنجد به عنوان غذا را محدود می‌کند. تکنولوژی‌های پیشرفته امکان تغییر در mRNA کد کننده اولئوسین، کلئوسین ، و استرولئوسین طی رسیدگی بذر را می دهند و میزان بالایی از این ترکیبات در بذور بالغ در هنگام تشکیل روغن یافت شدند. بنابراین استفاده از مهندسی ژنتیک د برنامه‌های اصلاحی جهت خاموش کردن بیان ژن میتواند منجر به کاهش میزان این ترکیبات حساسیت زا و با قابلیت هضم پایین در بذور بالغ گردد.

منبع :

Elsafy.M. Status of sesame breeding . 2023.
https://www.researchgate.net/publication/368977986_Status_of_sesame_breeding?enrichId=rgreq-3166a9948363917fe51c10f17e7f274b-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM2ODk3Nzk4NjtBUzoxMTQzMTI4MTEyNDExNDcwOEAxNjc3ODUzOTY1ODIz&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf