



گرده‌افشانی بدون سترون کردن: روشی کارآمد در دورگ‌گیری سویا

مهرزاد احمدی* و بهرام مسعودی

استادیاران سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

سویا بزرگ‌ترین منبع تولید روغن در جهان می‌باشد و ۶۱ درصد از کل تولید دانه روغنی جهان را تشکیل می‌دهد. گل سویا کوچک و ظریف بوده و مادگی آن بسیار آسیب‌پذیر است. تلاقی مصنوعی در سویا به علت بسته بودن گل‌ها در هنگام باروری (کلیستوگامی) دشوار است. دشوار بودن دورگ‌گیری و موفقیت اندک آن، اصلاح سویا را با محدودیت مواجه کرده است. به‌طور کلی، نسبت موفقیت تلاقی‌ها در سویا ۲-۱۵ درصد با توجه به شرایط آب و هوایی، سلامت بوته‌ها و تنوع ژنتیکی گیاه متغیر است. موفقیت انجام دورگ‌گیری در حبوبات از جمله ماش و نخود و بالاخص سویا با روش‌های معمول در مقایسه با غلات به‌طور قابل توجهی کمتر است. در صورتی که روش تلاقی بدون سترون کردن روشی کارآمد با درصد موفقیت بالاتر از روش‌های رایج (حدود ۴۰ درصد) است. در این روش از آنجا که گل‌های سویا پروتوزنی هستند یک روز قبل از باز شدن گل‌ها، گرده‌افشانی صورت می‌پذیرد. در این مقاله با پیشنهاد این روش به محققین و کارشناسان اصلاح‌گر سویا، ضمن کاهش زمان انجام فرآیند دورگ‌گیری، کارایی دورگ‌گیری افزایش یافته و امکان ایجاد نتایج متنوع در آنها امکان‌پذیر می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، خطی‌کار، کلزا، عملکرد.

* نویسنده مسؤل: ahmadimehrzad@ymail.com

مقدمه

سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) گیاهی اتوگام، کلیستوگام و خودگرده‌افشان است. کلمه انگلیسی Soy از تلفظ ژاپنی Shoyu، به معنی سس سویا گرفته شده است. Soya از اقتباس هلندی همان کلمه ناشی می‌شود (کانچاناو همکاران، ۲۰۱۵). سویا متعلق به خانواده لگومینوز و زیرخانواده باقلا و منشا آن آسیای شرقی، شمال و مرکز چین است. این گیاه از ۵۰۰۰ سال قبل در چین به عنوان غذا و مصارف دارویی مورد استفاده قرار گرفته است. اعتقاد بر این است که سویا ۲۰۰۰ سال قبل به کشور کره و سپس به ژاپن راه یافته است. سویا حاوی مقادیر قابل توجهی از اسیدهای آمینه ضروری برای انسان و همچنین منبع خوبی از پروتئین و روغن و ماده اصلی بسیاری از غذاهای فرآوری شده از جمله مواد لبنی است.

معرفی این گیاه به کشاورزی غرب در چند قرن اخیر اتفاق افتاده است (فائو، ۲۰۱۷). سویا به علت روغن و پروتئین قابل توجه آن یک گیاه صنعتی به حساب می‌آید. با وجود روغن نسبتاً کم دانه (حدود ۲۰٪ وزن خشک دانه)، سویا بزرگ‌ترین منبع روغن خوراکی جهان بوده و ۶۱٪ از کل تولید دانه روغنی جهان را تشکیل می‌دهد (www.soystats.com). این گیاه حاوی مقادیر قابل توجهی اسید آلفا لینولنیک، اسید چرب امگا ۶ و ایزوفلاون‌ها، جنستئین و داییدین است (سانگ و همکاران، ۱۹۹۸). روغن سویا به طور متوسط ۵۵۰ گرم در کیلوگرم اسید لینولئیک، ۲۴۰ گرم اسید اولئیک، ۱۱۰ گرم پالمیتیک اسید، ۷۰ گرم اسید لینولنیک و ۳۰ گرم اسید استئاریک دارد (چنبلی و فهر، ۱۹۸۳). دانه خشک سویا حاوی ۳۶٪ پروتئین، ۱۹٪ روغن، ۳۵٪ کربوهیدرات، ۱۷٪ فیبر غذایی، ۵٪ مواد معدنی و چندین ماده دیگر از جمله ویتامین‌ها، ایزوفلاون‌ها و ساپونین‌ها است (لیو، ۱۹۹۷). سویا منبع خوبی برای کلسیم، آهن، روی، فسفر، منیزیم، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسیدفولیک می‌باشد (کانچاناو و همکاران، ۲۰۱۵).

در بین محصولات زراعی روغنی، سویا به تنهایی ۶۱ درصد سهم تولید جهانی را به خود اختصاص داده است و پس از آن کلزا (۱۲٪)، آفتابگردان (۹٪) و بادام زمینی (۸٪) قرار دارد. در بین کشورهای تولیدکننده سویا در جهان، ایالات متحده آمریکا بیشترین سهم تولیدی را (حدود ۳۴٪) دارد و پس از آن به ترتیب برزیل (۳۲٪)، آرژانتین (۱۵٪)، چین (۴٪) و هند و پاراگوئه (۴٪) قرار دارند (www.soystats.com).

بازار مصرف روغن نباتی در ایران حدود ۱/۵ میلیون تن در سال می‌باشد و سرانه مصرف به حدود ۱۹ کیلوگرم می‌رسد. مصرف سرانه در مقایسه با متوسط جهانی فاصله زیادی دارد سرانه مصرف در بسیاری از کشورها بین ۲۵ تا ۳۰ کیلو می‌باشد. روغن خام مورد استفاده در روغن نباتی در ایران از انواع سویا ۴۰ درصد،

پالم ۲۵ درصد و سایر روغن‌ها شامل آفتابگردان، کلزا و ذرت نیز ۳۵ درصد می‌تواند تغییر کند. عمده روغن خام از کشورهای دیگر از جمله آرژانتین وارد کشور می‌شود (روح الهی، ۱۳۹۷).

گروه‌های رشدی سویا

سویا دارای ۱۳ گروه رسیدگی مختلف از سه صفر الی گروه رسیدگی ۱۰ است. به تناسب افزایش گروه رشدی، طول دوره رشدی رقم‌ها افزایش می‌یابد، بنابراین گروه سه صفر زودرس‌ترین و گروه ۱۰ دیررس‌ترین رقم‌ها را در خود جای داده است. در کشور ما با هدف تولید اقتصادی روغن خوراکی، امکان کاشت رقم‌های گروه دو تا شش وجود دارد. در ایران سویا هم به صورت بهاره و هم در زراعت تابستانه کشت می‌شود. در کشت بهاره معمولاً از نیمه دوم اردیبهشت انجام می‌شود. اما زمان کشت تابستانه بسته به تاریخ برداشت محصول گیاهان پاییزه و با توجه به شرایط آب و هوایی، بین خرداد، تا ۲۰ تیرماه متغیر است. در مناطق گرم مانند خوزستان کشت سویا پس از برداشت محصول گیاهان پاییزه در نیمه دوم تیرماه انجام می‌شود. عملکرد دانه سویا در کشت بهاره از کشت تابستانه بیشتر است. در مناطق معتدل می‌توان سویا را بعد از برداشت گندم، جو و کلزا کشت کرد. در استان‌های شمالی کشور مانند استان گلستان سویا بعد از برداشت محصول گیاهانی همچون گندم، جو، سیب‌زمینی، کاهو و باقلا کاشته می‌شود.

نتایج تحقیقات سازگاری ارقام مختلف سویا در مناطق مختلف کشور نشان می‌دهد که رقم‌های گروه‌های ۲ و ۳ (زودرس) برای مناطق معتدل و سرد مانند البرز، آذربایجان غربی و استان لرستان، گروه‌های ۳، ۴ و ۵ (متوسط‌رس) برای مغان، استان‌های گلستان و مازندران و رقم‌های دیررس‌تر برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور مانند دزفول مناسب بوده‌اند. با توجه به این که زمان کشت دوم در شمال استان خوزستان نیمه اول تیرماه است، کاشت رقم‌های متعلق به گروه‌های ۵ و ۶ در چنین شرایطی پیشنهاد شده است. طول دوره رشد سویا در کشت اول ۱۲۰-۱۴۰ روز و در کشت دوم ۱۲۰-۱۰۰ روز در مناطق مختلف کشور با توجه به گروه رشدی ارقام متفاوت است (سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۳۹۸).

ارقام سویا براساس عادت‌های رشدی ریخت‌شناسی و شکل ساقه انتهایی به رشد نامحدود، رشد محدود و رشد نیمه‌محدود تقسیم می‌شوند. عادت رشدی نامحدود بیشتر در گروه رسیدگی ۴ و قبل از آن و عادت رشدی محدود در گروه رسیدگی ۵ و بعد از آن دیده می‌شود. ارقام رشد نامحدود به رشد رویشی خود چندین هفته بعد از گل‌دهی یا شروع گل‌دهی ادامه می‌دهند. ارتفاع گیاه پس از شروع گل‌دهی می‌تواند بیش از دو برابر شود (شوپ و همکاران، ۲۰۱۶). نوع گل‌آذین به صورت جوانه‌های جانبی است و گیاه در مرحله رسیدگی دارای توزیع پراکنده و نسبتاً یکنواخت غلاف در تمام ساقه‌ها است و فراوانی آن به سمت نوک ساقه کاهش می‌یابد (گازونی،

۲۰۱۶). سویاهای رشد نامحدود عموماً خوشه‌های کوتاهی با گل‌های اندک دارند و گره انتهایی آنها فقط چند گل دارد (برنارد و وسی، ۱۹۷۳). در مقابل ارقام رشد محدود، رشد رویشی خود را قبل از گل‌دهی کامل می‌کنند، گل‌آذین جانبی و انتهایی دارند و در مرحله رسیدگی دارای توزیع یکنواخت غلاف در طول ساقه و تراکم بیشتر در نوک ساقه هستند (گازونی، ۲۰۱۶؛ شوپ و همکاران، ۲۰۱۶). این ارقام معمولاً خوشه‌های بلند با تعداد فراوان گل با طول چند سانتی‌متر دارند (برنارد و وسی، ۱۹۷۳). ارتفاع گیاه سویا می‌تواند بعد از گل‌دهی کمی افزایش یابد، اما به طور کلی ۷۰ - ۸۰ درصد ارتفاع گیاه قبل از گل‌دهی حاصل می‌شود. بسته به رقم، شرایط محیطی و عملکرد آن، اولین گل‌ها در گره‌های ۵ الی ۶ و یا بالاتر ظاهر می‌شود. غنچه‌ها به تدریج به سمت نوک ساقه اصلی و شاخه فرعی تشکیل می‌شود. در هر دو نوع رشد محدود و نامحدود، طول دوره گل‌دهی به زمان کاشت و عرض جغرافیایی بستگی دارد. در گیاهان رشد نامحدود شروع گل‌دهی از پایین ساقه آغاز و به سمت بالای بوته ادامه می‌یابد. در گیاهان رشد محدود، گلدهی از یکی از ۴ گره بالای بوته شروع و به سمت پایین ادامه می‌یابد. رشد رویشی بسته به عادت رشدی گیاه پس از گل‌دهی در ارقام رشد محدود و در مرحله پرشدن دانه در ارقام رشد نامحدود متوقف می‌شود (شوپ و همکاران، ۲۰۱۶).

در زمان رسیدگی، گیاه رشد نامحدود دارای توزیع یکنواخت غلاف در ساقه اصلی و تراکم کم غلاف در قسمت نوک ساقه است. در ارقام رشد محدود تراکم غلاف در انتهای ساقه بیشتر است. انتخاب نوع رقم براساس عملکرد آن در منطقه مورد کشت، بسیار حائز اهمیت است. سطح زیر کشت سویا در سال ۱۳۹۶ در ایران ۸۳۰۰۰ هکتار بوده است (فائو، ۲۰۱۷) که در ایران استان‌های گلستان، مازندران، اردبیل و لرستان بیشترین میزان تولید سویا را به خود اختصاص داده اند. اطلاعات برخی از ارقام کشت شده در کشور در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ارقام، گروه‌های رشدی و مناطق کشت آنها.

ردیف	نام استان	گروه رشدی	ارقام مناسب
۱	گلستان	۵-۳	سحر- ویلیامز- کتول- ساری- تلار- امیر- آراین
۲	اردبیل	۳	ویلیامز- زان- صبا - پارسا
۳	مازندران	۵-۴	ساری- تلار- نکادر- کاسپین- تپور- آراین
۴	لرستان	۳-۲	ویلیامز- صبا- پارسا- کوثر
۵	خوزستان (کشت دوم)	۷-۵	صفی آباد- سالند - کتول

منبع: (سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی. ۱۳۹۸)

گلدهی در سویا

سویا گیاه اتوگام، کلیستوگام و خود گرده افشان محسوب می شود. کلاله مادگی کاملاً با پرچمها احاطه شده است و رسیدن گرده خارجی به آن را دشوار می سازد. وقتی گل های سویا باز می شوند، به طور معمول خودگرده افشانی در آن صورت گرفته است. در منابع علمی میزان دگرگرده افشانی معمولاً در حدود ۲ درصد عنوان شده است (گازونی، ۲۰۱۶). اگرچه گرده افشانی با باد ناچیز است، دگرگرده افشانی در سویا معمولاً توسط گرده افشان های واسطه ای و معمولاً حشرات و به ویژه زنبورها انجام می شود. فعالیت روزانه زنبورها در مزرعه سویا از ساعت ۹ الی ۱۵ است (گازونی، ۲۰۱۶).

گل سویا به مدت یک الی دو روز باز می ماند. دوره گل دهی سویا از حدود ۱۵ تا ۲۰ روز در سویاهای رشد محدود و حدود ۳۰ روز در سویاهای رشد نامحدود طول می کشد. در ارقام رشد محدود با شروع مرحله غلاف دهی، مرحله گل دهی پایان می پذیرد. در ارقام رشد نامحدود، گل دهی در طول مرحله غلاف دهی ادامه می یابد و تا حدودی با مرحله پرشدن بذر هم پوشانی دارد (گازونی، ۲۰۱۶). در حال حاضر بیشتر ارقام رشد نامحدود و نیمه محدود در ایران کشت می شود (نجفیان و همکاران، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۶).

گیاه سویا گل های بسیاری تولید می کند که قادر به تبدیل کردن آنها به غلاف نمی باشد. ۲۰ تا ۸۰ درصد گل ها بسته به شرایط ژنتیکی و محیطی در معرض ریزش قرار دارند و فقط ۱۰-۲۰ درصد از گل های باز شده به صورت غلاف برداشت می شود (دال آنگول، ۱۹۸۰؛ هانسن و شیبلز، ۱۹۷۸؛ هاردمن، ۱۹۷۰؛ وان چیک و فروبست، ۱۹۵۸؛ ویبولد و همکاران، ۱۹۸۱). ریزش گل ها در ارقامی که تعداد بیشتری گل در هر گره دارند، بیشتر است (اندرو، ۱۹۶۶). ریزش فقط محدود به گل نبوده و می تواند ریزش غلاف ها در مرحله شروع غلاف دهی را هم شامل شود. ریزش ممکن است در زمان شروع گل دهی، در طول رشد اندام های گل، در زمان لقاح، در مرحله اولیه تشکیل دانه و در تمام مراحل رشد لپه اتفاق افتد (وبستر و همکاران، ۱۹۷۷). ریزش گل یک تا هفت روز پس از شروع گل دهی (کاتو و ساکاگوچی، ۱۹۵۵؛ پامپلین، ۱۹۶۳) و ریزش غلاف بعد از گل دهی رخ می دهد (کارلسون و لوستن، ۱۹۸۷). غالباً گل های قدیمی تر و جدیدتر از بین می روند، پس از تشکیل غلاف نیز برخی از دانه ها یا حتی تمام غلاف ها می توانند ریزش کنند (زانگ و سمیت، ۱۹۹۹). به همین جهت از این گل ها نباید برای دورگ گیری استفاده نمود. ظاهراً گیاه سویا، گل بیشتری نسبت به ذخایر فتوسنتزی خود تولید می کند که نمی تواند به مرحله غلاف و بذر برساند و بدین شیوه با ریزش گل ها و غلاف ها بین ظرفیت ذخایر فتوسنتزی خود و توان تولید دانه، تعادل ایجاد می کند.

رنگ گل‌های سویا سفید یا بنفش است که توسط یک ژن با دو آلل ($W1, w1$) کنترل می‌شود (جانسون و برنارد، ۱۹۶۲؛ وودورس و برنارد، ۱۹۲۲).

سویا به تغییرات طول روز و دما حساس است (آلن و بوت، ۲۰۰۰). دمای مناسب برای رشد و توسعه سویا، دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (ریپر و کرامر، ۱۹۸۷).

گرده‌افشانی بدون سترون کردن: روشی کارآمد در دورگ‌گیری در سویا

تلاقی مصنوعی در گیاهان کلیستوگام دشوار است. در بین این گیاهان، سویا به علت داشتن گل‌های کوچک و مادگی احاطه شده توسط پرچم‌ها نیاز به مراقبت بیشتری در زمان سترون کردن دارد. موفقیت در تلاقی به شرایط محیطی و مهارت شخصی تلاقی دهنده بستگی دارد (آگراوالو همکاران، ۲۰۰۱). دشوار بودن دورگ‌گیری و موفقیت اندک آن، اصلاح سویا را با محدودیت مواجه کرده است. گل سویا کوچک و ظریف و بسیار حساس به آسیب‌دیدگی مادگی است. به طور کلی، نسبت موفقیت تلاقی‌ها از ۲-۱۵ درصد بسته به فصل، سلامت بوته‌ها، شرایط آب و هوایی و تنوع ژنتیکی متغیر است و مجموعاً در مقایسه با غلات، موفقیت تلاقی‌ها در حبوبات دانه‌ای، از جمله ماش و نخود و بالاخص سویا کمتر است (تالوکدرو همکاران، ۲۰۱۲).

برای موفقیت بیشتر تلاقی‌ها، شناخت ساختار گل سویا حائز اهمیت است. سویا گل کامل دارد و شامل چهار قسمت: کاسه گل، جام گل، مجموعه پرچم‌ها و مادگی گل بوده و دارای پنج گلبرگ شامل یک درفش، دو بال، دو ناو، مادگی و ده پرچم می‌باشد. نه پرچم، لوله‌ای در اطراف مادگی ایجاد می‌کند و دهمین پرچم در سویا آزاد است. گرده به صورت مستقیم از پرچم بر روی کلالة قرار می‌گیرد. گرده‌ها، اکثراً اندکی قبل و یا در هنگام بازشدن گل آزاد می‌شود. این موضوع سبب درصد بالای خودگرده‌افشانی در سویا می‌شود. گل سویا بسیار کوچک و ظریف است و با صدمات کوچک در مادگی، گل‌ها ریزش می‌کنند. بنابراین باید انجام تلاقی در نهایت دقت انجام گیرد تا صدمه‌ای به مادگی وارد نشود. معمولاً در هنگام تلاقی پرچم‌ها به آرامی، از غنچه انتخاب شده برای تلاقی (والد گیرنده یا مادری) خارج می‌شوند به این فرآیند سترون کردن گفته می‌شود. سپس گرده‌افشانی با استفاده از پرچم‌های غنچه والد گرده‌دهنده انجام می‌شود. سترون کردن امکان خودگشنی را کاهش می‌دهد، اگرچه به غنچه گل آسیب می‌رساند (تالوکدر و همکاران، ۲۰۱۲).

اولین گام در تولید جمعیت تفکیک متجاوز شده، انجام هیبریداسیون (دورگ‌گیری) در گیاهان است. هیبریداسیون موفقیت‌آمیز حاصل از علم و مهارت است و در گیاهان زراعی متفاوت است. به طور معمول سه روش مختلف دورگ‌گیری در سویا استفاده می‌شود (آگراوالو همکاران، ۲۰۰۱).

۱- روش سنتی: سترون کردن در ساعت ۱۵:۰۰ الی ۱۸:۰۰ و گرده‌دهی در صبح روز بعد از ساعت ۹:۰۰ الی ۱۱:۰۰ صبح

۲- روش کلوت (Kolot): سترون کردن در صبح زود ساعت ۵:۰۰ الی ۸:۰۰ و گرده‌دهی از ساعت ۹:۰۰ الی ۱۱:۰۰

۳- روش پیشرفته: در این روش سترون کردن به روش سنتی انجام می‌شود سپس بلافاصله یک پنبه مرطوب کوچک بر روی گل سترون شده قرار می‌گیرد تا کلاله را کامل بپوشاند. گرده‌افشانی صبح روز بعد در ساعت ۹:۰۰ الی ۱۱:۰۰ انجام می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که روش پیشرفته، با متوسط مجموع غلاف ۳۳/۵٪ و میانگین دانه در هر غلاف ۱/۹ به سایر روش‌ها برتری داشته و سپس روش کلوت با متوسط مجموع غلاف ۱۵/۷٪ و میانگین دانه در هر غلاف ۱/۳ در مرتبه دوم بوده است. در روش سنتی متوسط مجموع غلاف ۱۲/۴٪ و میانگین دانه در هر غلاف ۱/۲ به دست می‌آید. موفقیت روش پیشرفته به علت، پوشاندن مادگی با پنبه مرطوب است که از خشک شدن آن جلوگیری می‌کند. پوشاندن غنچه گل شرایط محیطی مناسبی را برای بهبود غنچه‌های آسیب دیده ایجاد می‌کند، همچنین با حفظ رطوبت منجر به کاهش تلفات تعرق می‌شود. رطوبت کم و دمای بالا در شرایط گرمسیر و نیمه‌گرمسیر سبب خشک شدن کلاله و عدم موفقیت در تلاقی مصنوعی می‌شود (آگراوالو همکاران، ۲۰۰۱). موفقیت بیشتر تلاقی در شرایط معتدله با درجه حرارت معتدل و رطوبت بالا گزارش شده است (کولوت، ۱۹۸۱؛ گریدنیو و همکاران، ۱۹۸۸؛ لی و همکاران، ۱۹۹۶؛ و لمن و همکاران، ۱۹۹۲؛ بریو، ۱۹۹۲). در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، با کاربرد روش پیشرفته ارائه شده، بهترین نتایج حاصل شده است (آگراوالو همکاران، ۲۰۰۱). به طور کلی، هر سه روش اشاره شده زمان‌بر بوده، کارایی کمی داشته است ضمن آن که اکثر غنچه‌های تلاقی داده شده به علت صدمه دیدن مادگی در حین سترون سازی، ریزش می‌کنند.

تالوکدر و همکاران (۲۰۱۲) یک روش اصلاح شده دورگ‌گیری سویا را گزارش کردند که در آن گرده‌افشانی بدون سترون کردن انجام می‌شود. این روش گرده‌افشانی بدون عقیم کردن پرچم‌ها نامیده شد. در این روش، جوانه گل در مرحله مناسب انتخاب می‌شود. گلبرگ به مقدار کم برای پیدا کردن مادگی و گرده افشانی با گل پدري باز می‌شود موفقیت با کاربرد این روش، از ۲-۳ درصد به بالاتر از ۳۵-۳۹ درصد افزایش می‌یابد (تالوکدر و همکاران، ۲۰۱۲).

اساس روش دورگ‌گیری بدون سترون کردن بر پایه بیولوژی گل سویا استوار است. در حقیقت گل‌های سویا در طبیعت پروتوزنی هستند، یعنی کلاله، یک روز قبل از آن که پرچم‌ها گرده‌های خود را آزاد کنند، آماده

پذیرش گرده است (کارسون و لرسن، ۱۹۸۷). بنابراین چنانچه غنچه‌های گل مناسب قبل از گرده‌افشانی شناسایی شوند از مرحله سترون کردن گل می‌توان اجتناب کرد. بنابراین مرحله گرده دادن را می‌توان بدون سترون کردن انجام داد. در طول ۲۴ ساعت بعد گرده در داخل کلاله رشد می‌کند. این اصل به طور مؤثر در تلاقی‌های سویا استفاده می‌شود و نسبت موفقیت از ۲ تا ۳ درصد به حدود ۳۹ درصد در شرایط مزرعه‌ای افزایش می‌یابد. در مراحل مختلف ملاحظات خاص را باید در نظر گرفت که در ادامه توضیح داده شده است.

در تلاقی مؤثر، استفاده از پنس با نوک مناسب ضرورت دارد. از آنجا که طول غنچه سویا بین ۵ تا ۸ میلی‌متر است. پنس مورد استفاده باید نوک تیز و ظریف باشد (شکل ۱). علاوه بر این ذره‌بین با لنز بزرگ‌نمایی مفید است. این وسیله هر بخش از غنچه را به وضوح قابل مشاهده می‌کند و بنابراین به غنچه در هنگام گرده‌افشانی کمترین آسیبی نمی‌رسد.

شناسایی غنچه‌ی گلی که صبح روز بعد باز می‌شود ضروری است که به طور معمول به وسیله اندازه و رنگ غنچه‌ها قابل شناسایی است. غنچه‌های آماده باز شدن از نظر اندازه بزرگ‌تر و از نظر رنگ نسبتاً روشن‌تر از غنچه‌های نابالغ هستند. گلبرگ‌ها در خارج از گل قابل مشاهده نیستند. در هرخوشه یک یا سه گل ظاهر می‌شود. پس از شناسایی، بقیه غنچه‌ها یعنی آنهایی که قبلاً باز شده‌اند و غنچه‌های نابالغ باید از شاخه‌ها جدا شوند (شکل ۲ و ۳).

غنچه‌های انتخاب شده باید به آرامی بین انگشت اشاره و شست نگه‌داشته شوند. با پنس ناحیه شکمی گل سویا را با دقت برش عمودی داده تا گلبرگ‌ها باز شده بدین صورت حلقه پرچم‌ها که مادگی را در بر گرفته است نمایان شود. با برش در این جهت اولین چیزی که در گل مشاهده می‌شود یک نقطه سفید رنگ است که همان سر کلاله است. پیدا کردن مادگی باعث گرده‌افشانی آسان و مؤثر می‌شود (شکل ۴ و ۵). انتخاب کردن پرچم‌ها در مرحله مناسب رشد در رسیدن به نتیجه‌ی مطلوب حائز اهمیت است (شکل ۶) و توجه به استفاده از گرده بالغ برای گرده‌افشانی غنچه گل‌ها بسیار اهمیت دارد. گرده فقط باید از گل‌های تازه باز شده جمع‌آوری شود. گرده بالغ از پرچم‌ها به صورت گرده و غبار زرد خارج می‌شود (شکل ۸). در شکل ۷ نحوه باز کردن گل پدری و جدا کردن پرچم‌ها مشاهده می‌شود. انتخاب والد پدری براساس اهداف اصلاحی مورد نظر تعیین می‌گردد. از آنجا که احتمال موفقیت در تلاقی سویا کم است استفاده از یک نشانگر مورفولوژیک در کنار برنامه اصلاحی ضرورت دارد. به عنوان مثال در مطالعات گذشته از رنگ گل و هیپوکوتیلدون به عنوان نشانگر بصری برای شناسایی گیاهان و بذره‌ای هیبریدی استفاده شده است. صفت رنگ گل و هیپوکوتیلدون بنفش نسبت به رنگ

سفید غالب است بنابراین می‌توان والد پدری را گل بنفش و والد مادری را سفید انتخاب نمود، در صورتی که نتاج بنفش شوند، تلاقی با موفقیت انجام شده است (وودورس، ۱۹۲۲).

پس از آماده کردن غنچه گل مادری، انتخاب گل پدری جهت جمع‌آوری دانه‌های گرده، گرده‌افشانی باید بلافاصله با توزیع گرده بر روی کلاله مادری انجام شود (شکل ۹). باید دقت نمود که حتماً گرده بر روی کلاله قرار گیرد. برای جلوگیری از خشک شدن کلاله می‌توان غنچه مادری را با لایه نازکی از پنبه مرطوب پوشاند.

زمان مناسب انجام تلاقی براساس فصل رشدی و شرایط آب و هوایی متفاوت است. تلاقی معمولاً بین ساعت ۸:۳۰ الی ۱۰:۳۰ صبح انجام می‌شود. با این حال در فصل سرد باز شدن گل، پرچم و آزاد شدن گرده گل با تأخیری در حدود نیم تا یک ساعت انجام می‌شود. تلاقی را می‌توان در شرایط کنترل شده (در دستگاه فیتوترون) از ساعت ۸:۳۰ الی ۱۱:۳۰ انجام داد. بعد از تلاقی باید برچسب‌گذاری مناسب صورت گیرد (شکل ۱۰ و ۱۱). بعد از انجام تلاقی آبیاری صحیح و تغذیه مناسب گیاه اهمیت دارد تا تنشی به گیاه وارد نشود. موفقیت‌آمیز بودن تلاقی چهار روز الی یک هفته بعد از گرده‌افشانی قابل مشاهده است. در صورت موفقیت‌آمیز بودن تلاقی، غنچه سبز رنگ و در حال رشد باقی می‌ماند، در غیر این صورت غنچه خشک شده و از گیاه ریزش می‌کند. گیاه مادری باید هر هفته بررسی شود و غنچه‌های جدید باید حذف شود. در نگاه اول این فرآیند ممکن است پیچیده به نظر برسد ولی کل روش را می‌توان در کمتر از ۲-۳ دقیقه انجام داد. اگر تلاقی به طرز صحیحی انجام شده باشد، طی چند هفته بعد غلاف مورد نظر رشد می‌کند.

یک کارگر با تجربه می‌تواند در شرایط آب و هوای مناسب، ۱۲۰ گل سویا را روزانه با میانگین موفقیت ۵۰ درصد تلاقی دهد که در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر این مقدار کمتر است. شایع‌ترین علل عدم موفقیت گرده‌افشانی مصنوعی عبارتند از، آسیب رسیدن به جوانه گل، استفاده از غنچه گل نابالغ، گرده مرطوب به علت شبنم زود هنگام، گرده چسبنده به علت جوانه‌زدن و گرده ناکافی می‌باشد (فهر، ۱۹۸۰). از خزانه‌های خارج فصل می‌توان برای بهبود برنامه‌های اصلاحی از جمله تلاقی، نسل‌های پیشرفته، افزایش بذر استفاده نمود (کیانزیو، ۱۹۸۵).

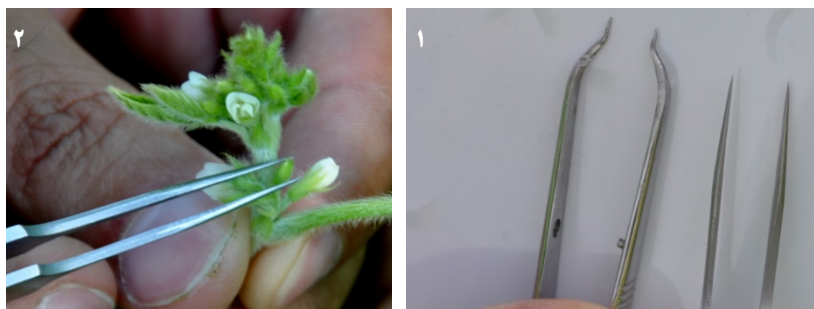
واکر و همکاران (۱۹۷۹) گزارش دادند که میانگین درصد گرده‌افشانی در روش بدون سترون کردن ۴۴٪ نسبت به روش سترون کردن (۳۶٪) بیشتر و معنی‌دار شد. روش بدون سترون کردن با صرفه‌جویی در وقت اجازه می‌دهد حداقل ۱۰٪ گل‌های بیشتری در هر ساعت نسبت به روش سترون شدن تلاقی داده شوند.

به نظر می‌رسد تفاوت قابل توجهی در کارایی هیبریداسیون برای ارقام رشد محدود و رشد نامحدود وجود دارد. ارقام رشد نامحدود معمولاً خوشه‌های کوتاهی در زاویه برگ دارند و رسیدن به آنها و دستکاری گل‌ها دشوار است. ارقام رشد محدود معمولاً خوشه‌های بلندی در بالای گیاه دارند که بسیار بالاتر از زاویه برگ هستند (شکل ۱۲). یک اصلاحگر باتجربه می‌تواند غنچه‌های بیشتری در ارقام رشد محدود (حدود ۵۰ غنچه در ساعت) در مقابل ارقام رشد نامحدود (۲۰ غنچه در ساعت) تلاقی دهد (هارتوینگ، ۱۹۷۸).

توصیه ترویجی

دورگ‌گیری سویا با مشکلات عدیده‌ای مانند مورفولوژی خاص گل و تعداد کم دانه حاصل از تلاقی روبروست. این امر یکی از موانع گسترش تنوع ژنتیکی سویا تلقی شده و معرفی ارقام جدید سویا و ترویج آنها را با اشکال مواجه می‌کند. لذا استفاده از روش‌های بهینه برای رفع این مشکلات و تلاقی آسان‌تر و پربازده‌تر این گیاه روغنی پروتئینی با ارزش در نوع خود حائز اهمیت بوده و گامی در راه توصیه کشت این گیاه در سطح کشور محسوب می‌شود.

روش مورد استفاده در این بررسی که حاصل چندین سال تحقیق و آزمون و خطا بوده، گام مؤثری در انجام دورگ‌گیری در سویا است. ضمن اینکه طی این روش کمترین آسیب به غنچه گیاه سویا وارد می‌شود و نسبت به سایر روش‌ها سرعت اجرای بالاتری داشته و با به کارگیری آن می‌توان تعداد دورگ‌های بیشتری را در طی یک بازه زمانی مشخص انجام داد. امید است با به کارگیری این روش توسط به‌نژادگران سویا، کارایی دورگ‌گیری افزایش یافته و بهره‌وری این فرآیند افزایش یابد. مراحل کار در ادامه به صورت تصویری ارائه می‌گردد.



شکل ۱ و ۲- انتخاب پنس با نوک تیز و پیدا کردن غنچه گل باز نشده در پایه مادری.



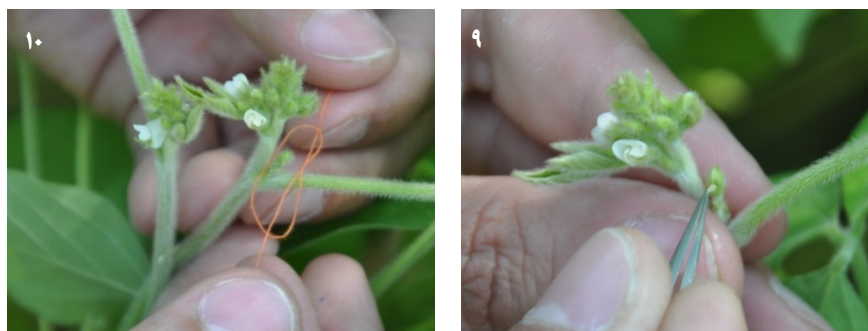
شکل ۳ و ۴- حذف جوانه‌های جانبی و گل‌های باز شده اطراف غنچه انتخابی در پایه مادری- این عمل به محققین کمک می‌نماید در مراحل بعدی، گل تلاقی داده شده را شناسایی و بررسی کنند. داشتن چندین غلاف، شناسایی غلاف‌های حاصل از تلاقی را مشکل می‌سازد و شکل بعدی برش عمودی غنچه گل مادری، از انتهای غنچه نوک پنس را وارد کرده و به سمت نوک غنچه حرکت می‌کنیم تا غنچه باز شود. در این مرحله نوک پنس نباید زیاد وارد گل شده و به مادگی آسیب برساند.



شکل ۵ و ۶- باز کردن غنچه گل مادری (سفید) و مرحله درست انتخاب گل پدری (بنفش)، گلبرگ گل‌های پدری قابل رؤیت باشد و پرچم‌ها حاوی گرده باشند.



شکل ۷ و ۸ - جدا کردن پرچم از گل پدری و تست گرده بر روی ناخن - بهتر است برای اطمینان از وجود گرده کافی، پرچم را به آرامی بر روی ناخن قرار داد چنانچه گرده زرد رنگ رویت شود. این پرچم‌ها برای تلاقی دادن مناسب است.



شکل ۹ و ۱۰ - نحوه انتقال دانه گرده به مادگی غنچه‌ها و علامت‌گذاری غنچه تلاقی داده شده - در این مرحله به آرامی به دور غنچه مادری تلاقی یافته، نخ بسته می‌شود. می‌توان برای هر والد پدری نخ با رنگ‌های مختلف انتخاب کرد. در یادداشت‌ها نیز ابتدا والد مادری در سمت چپ و بعد علامت "x" و سپس والد پدری درج می‌شود.



شکل ۱۱ - تصویر غنچه تلاقی داده شده.



شکل ۱۲- تنوع در طول شاخه گل‌دهنده.

منابع

- سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی. ۱۳۹۸. پرورش و تولید غلات و گیاهان صنعتی. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران. ۳۴۸ صفحه.
- روح الهی، س. ۱۳۹۷. تحلیل صنعتی بهشهر. مشاوره سرمایه گذاری ایده مفید. گزارش هفتگی شرکت ها . ۹ صفحه.
- نجفیان، گ. قدم، ع. محمودی، م. اسدی، ه. راستجو، غ. ر. ۱۳۹۷. سومین جشنواره معرفی ارقام جدید زراعی و باغی . مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۲۸ صفحه .
- نجفیان، گ. مقدم، ع. محمودی، م. قنبری، ع. ا. ۱۳۹۶. دومین جشنواره معرفی ارقام جدید زراعی و باغی . مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۲۶ صفحه .
- Agrawal, P. Ravikumar, R. L. Salimath, P. M. and Patil, S. A. 2001. Improved method for increasing the efficacy of hybridization in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. Indian J. Genet., 61(1): 76-77.
- Allen, L. H. Jr. and K. J. Boote. 2000. Crop ecosystem responses to climate change: Soybean. p. 133-160. In K.R. Reddy and H.F. Hodges (ed.) Climate change and global crop productivity. CAB International, Wallingford, UK.
- Andrews, C. H. 1966. Some aspects of pod and seed development in Lee soybeans. Dissertation Abstract, Section B, 27 (5): 13-47.

- Baraev, K. H. A. 1992. Procedure increasing hybrid seed set in soybean. *Selektsiya i Semenovodstvo*, Moskva. 1: 30-31.
- Bernard, R. L. and M. G. Weiss, 1973. QualitatLve genetics. p. 117-154. In B. E.Caldwell (ed.) *Soybeans: improvement, production, and uses*. Am. Soc. Of Agron., Madison, Wis.
- Carlson, J. B. and Lersten, N. R. 1987. Reproductive morphology. In: WILCOX, J.R. (Ed.). *Soybeans, improvement, production and uses*. Madison: American Society of Agronomy,. p. 95- 134.
- Cianzio, S. R. de. 1985. Off-season nurseries enhance soybean breeding and genetics programs.n p. 329-336. In: R Shibles (ed.), *Proc. World Soybean Res. Conf*. Westview Press, Boulder, CO.
- Dall'Agnol, A. 1980. Flowering and fruiting patterns of five determinate soybean cultivars.. 88p. Thesis (Ph. D. Genetics) - University of Florida, Gainesville.
- FAO. 2017. FAOSTAT. Food and agricultural commodities production. Available at[http:// faostat. FAO. Org/ site/ 339/ default. aspx](http://faostat.FAO.Org/site/339/default.aspx). FAO.
- Fehr, W. R. 1980. Soybean. p. 589-599. In: W. R Fehr and H. H. Hadley (eds.), *Hybridization of crop plants*. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Gazzoni, D. L. 2016. Soybean and bees. Brazilian Agricultural Research Corporation. Brasília, DF : Embrapa.149 p.
- Gridnew, A. K. and Kochegura, A. V. 1988. Methods of increasing the efficacy of hybridization in soybean. *Selektsiya i Semenovodstvo*, Moscow. 3: 10-12.
- Hansen, W., Shibles, R. 1978. Seasonal log of the flowering and podding activity of field-grown soybeans. *Agro. Journal*, 70: 47-50,
- Hardman, L. L. 1970. The effects of some environmental conditions on flower production and pod set in soybean *Glycine max* (L.) Merrill var. Hark. *International Dissertation Abstract*, v(5): 2401-8.
- Hartwig, E. E. 1978. Personal communication. Delta Branch Experiment Station, Stoneville, MS 38776.
- Johnson, H. W. and Bernard, R. L. 1962. Soybean genetics and breeding. *Advances in Agronomy*, 14: 149-221.

- Kanchana, P., Lakshmi Santha, M. Dilip Raja, K. 2015. A Review on *Glycine Max* (L.) Merr. (Soybean). World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 5(1): 356-371.
- Kato, I. Sakaguchi, S. Naito, Y. 1955. Anatomical observations on fallen buds, flowers, and pods of soybean, *Glycine max*. M. Bulletin of the Division of Plant Breeding and Cultivation, Tokai-Kinki National Agricultural Experiment Station Bulletin, 2: 159-168.
- Kolot, V. N. 1981. Hybridization of soybean in south of the ukrain. Referativnyi Zhurnal, 8.65.270.1
- Li, Weidong. Duan, Gule. and Xu, J. J. 1996. Effect of emasculating and pollinating time on rate of soybean crossing success. Soybean Sci., 15: 362-366.
- Liu, K. 1997. Chemistry and Nutritional Value of Soybean Components. Soybean Chem Technol Util. 25-113.
- Pamplin, R. A. 1963. The anatomical development of the ovule and seed in the soybean. International Dissertation Abstract, 63: 5128.
- Raper, C. D. and P. J. Kramer. 1987. Stress physiology. p. 589-641. In J.R. Wilcox (ed.) Soybeans: Improvement, production, and uses. ASA Monogr. 16. 2nd ed. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Schnebly, S. R. and Fehr, W. R. 1983. Effects of year and planting dates on fatty acid composition of soybean genotypes. Crop Sci 33:716-719.
- Shoup, D. Duncan, S. Ciampitti, I. A. 2016. Soybean Production Handbook: Seedbed Preparation and Planting Practices. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 52 p. www.ksre.ksu.edu.
- Song, T. Barua, K. Buseman, G. & Murphy, A. 1998. Soy isoflavone analysis: quality control and a new internal standard. Am J Clin Nutr. 14745-95.
- Talukdar, A. Shivakumar, M. 2012. Pollination without emasculation: an efficient method of hybridization in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Current SC 628 lence, 103(6): 628-630.
- Van Schaik, P. H. and Probst, A. H. 1958. Effects of some environmental factors on flower productive efficiency in soybeans. Agronomy Journal. 50: 192-197.

- Vollman, J. Gruber, H. Gretzmacher, R. and Ruckenbauer, P. 1992. Note on efficiency of artificial hybridization in soybean. *Bodenkulture*. 43: 123-127.
- Webster, B. D. Leopold, A. C. 1977. The ultrastructure of dry and imbibed cotyledons of soybean. *American Journal of Botany*, 64: 1286-1293.
- Wiebold, W. J. Ashley, D. A. 1981. BOERMA, H. R. Reproductive abscission levels and patterns for eleven determinate soybean cultivars. *Agronomy Journal*. 73: 43-46.
- Williams, L. F. 1950. Structure and genetic characteristics of the soybean. In: Markley, K. S. (Ed.). *Soybeans and soybean products*. New York: Interscience Publishers. 111-134.
- Woodworth, C. W. 1922. The extent of natural cross-pollination in soybeans. *J. Am. Soc. Agron.* 14:278-283.
- Zhang, F. Smith, D. L. 1999. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) physiology and symbiotic dinitrogen fixation. In: SMITH, D. L. (Ed.). *Crop yield, physiology and processes*. Berlin: Springer. p. 375-379.