

بررسی ژنتیکی صفات مهم زراعی و تعیین روابط بین آنها در آفتابگردان به کمک رگه‌های اینبرد نو ترکیب

علیرضا نبی پور^۱، بهمن یزدی صمدی^۲، احمد صرافی^۳، عباسعلی زالی^۴،
علیرضا طالعی^۵ و علی اکبر شاه‌نجات بوشهری^۶
۱، ۲، ۴، ۵، ۶، دانشجوی دوره دکتری، استادان، دانشیار و استادیار پردیس کشاورزی
و منابع طبیعی دانشگاه تهران - کرج ۳، استاد، دانشگاه پلی تکنیک تولوز فرانسه
تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۷/۸

خلاصه

عملکرد دانه و روغن در آفتابگردان صفاتی پیچیده هستند که محصول اثر متقابل صفات زیادی از گیاه می‌باشند. به همین دلیل ارزیابی صفات مختلف و بررسی ارتباطات بین آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. با استفاده از ۱۱۱ لاین اینبرد نو ترکیب و دو والد آنها، چند صفت مهم زراعی و ارتباطات بین آنها در آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان داد که بین درصد روغن و وزن صد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد. دانه‌های لاین‌های چندشاخه درصد روغن بیشتری نسبت به رگه‌های تک‌شاخه داشتند که می‌تواند به علت کوچک‌تر بودن بذر آنها باشد. در این مطالعه، با استفاده از آزمون کای مربع نحوه تفکیک صفت شاخه‌دهی نیز بررسی شد. همچنین با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، ۶ عامل استخراج شدند که مجموعاً ۸۵/۸۴٪ از تنوع موجود در داده‌ها را توجیه کردند. دانه‌های حاصل از گرده‌افشانی آزاد حاوی درصد روغن بیشتری نسبت به دانه‌های حاصل از خودگشنی بودند، لیکن گرده‌افشانی تأثیری روی وزن صد دانه نداشت. تجزیه رگرسیون نشان داد که تعداد روز تا گلدهی و قطر طبق مهم‌ترین عوامل تعیین کننده درصد روغن هستند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، رگه‌های اینبرد نو ترکیب، درصد روغن، اجزای عملکرد، صفات زراعی

مقدمه

آفتابگردان یک گیاه دانه روغنی است که سازگاری وسیعی با شرایط مختلف آب و هوایی داشته و حساسیت به فتوپریود در آن اندک است (۴۲). این گیاه پس از سویا، مهم‌ترین گیاه دانه روغنی یکساله در دنیا است (۲۰). عملکرد روغن بخش اقتصادی آفتابگردان را تشکیل می‌دهد که خود به عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن وابسته است. عملکرد دانه یک صفت مهم و بسیار پیچیده است که می‌توان آنرا محصول نهایی صفات با هم مرتبطی دانست که حساسیت زیادی به نوسانات محیطی دارند. وراثت‌پذیری عملکرد آنقدر پایین است که تا بحال ژنی که بطور

مستقیم روی آن اثر داشته باشد شناخته نشده است و بهبود آن از طریق گزینش غیرمستقیم برای یک یا چند صفت موثر در عملکرد صورت می‌گیرد. همبستگی بین اجزای عملکرد یک رابطه ساده نبوده بلکه حاصل اثر متقابل چندین صفت است (۳۵). شناخت روابط بین این صفات و برهم‌کنش آنها حداقل از دو جنبه برای اصلاح‌گران اهمیت دارد، اول برای اصلاح غیر مستقیم عملکرد و دوم اینکه اصلاح‌گر درمی‌یابد که با اصلاح یک صفت، چه صفات‌های دیگری خود به خود تغییر خواهند کرد (۲۴). در تحقیق انجام شده توسط سینگ و لبانا (۱۹۹۰) عملکرد دانه آفتابگردان همبستگی مثبتی با تعداد روز تا

لاین اینبرد نوترکیب آفتابگردان (F_۹) به همراه دو والد آنها (PAC-2 × RHA-266) بودند. این مواد به روش نتاج تک‌بذر (SSD) در موسسه INRA فرانسه تهیه شده‌اند. مواد گیاهی به صورت طرح آگمنت در ۷ بلوک و به همراه ۴ لاین اینبرد شاهد کشت شدند. کشت بذرها در تاریخ‌های ۱۸ و ۱۹ خرداد و نخستین آبیاری در تاریخ ۲۳ خرداد انجام شد. آبیاری‌های بعدی در زمان‌های لازم صورت گرفتند، به نحوی که گیاهان در معرض تنش رطوبتی قرار نگیرند. در زمان گلدهی از هر کرت ۴ بوته انتخاب شده و به منظور انجام خودگشایی طبق آن‌ها با پاکت پوشانده شد. صفاتی که در مزرعه اندازه‌گیری شدند شامل تاریخ‌های اولین گلدهی، ۵۰ درصد گلدهی و ۷۵ درصد گلدهی، تعداد برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، طول بلندترین شاخه فرعی، طول و عرض برگ، طول دم‌برگ، ارتفاع بوته، فاصله بلندترین نقطه ساقه از زمین، فاصله طبق تا زمین، قطر طبق اصلی و قطر بالا و پایین ساقه بودند. برای اندازه‌گیری صفات وزن صد دانه و درصد روغن در هر رگه، از بذرها ۵ طبق با گرده‌افشانی آزاد و ۴ طبق خودگشایی شده استفاده شد. درصد روغن به روش تشدید مغناطیسی هسته‌ای (NMR) اندازه‌گیری شد. اندازه‌های برگ و دم‌برگ مربوط به برگ سوم از بالا هستند. ارتفاع بوته از سطح زمین تا قاعده طبق تعیین شد. برای اندازه‌گیری قطر بالا و پایین ساقه، اندازه‌گیری‌ها در فاصله ۵ تا ۷ سانتی‌متری سطح خاک و ۵ تا ۷ سانتی‌متری قاعده طبق انجام شدند. اندازه‌گیری برای هر صفت (به جز تاریخ‌های گلدهی) روی ۵ بوته انجام شد. درصد خمیدگی بوته به صورت [فاصله طبق تا بلندترین نقطه ساقه] تقسیم بر (ارتفاع بوته) محاسبه شد. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SAS، EXCEL، SPSS، MINITAB و STATGRAPH استفاده شد. تجزیه واریانس با استفاده از رویه GLM در SAS انجام

رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر طبق و وزن صد دانه داشت. مارینکوویچ (۱۹۹۲) گزارش کرد که همبستگی بین قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه و عملکرد دانه مثبت و بسیار معنی‌دار است. رازی و آساد (۲۰۰۴) هیچ همبستگی مشخصی بین درصد روغن و صفات عملکرد دانه، روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد برگ و وزن صد دانه پیدا نکردند و گزارش کردند که درصد روغن تنها با درصد مغز دانه همبستگی داشت. در آزمایش لوکزکیویچ و کاکزمارک (۲۰۰۴) همبستگی بین درصد روغن دانه و تعداد روز تا گلدهی مثبت و معنی‌دار ولی همبستگی درصد روغن با تعداد برگ منفی بود.

به منظور شناخت عوامل بنیادینی که باعث بروز همبستگی بین صفات در آفتابگردان می‌شوند، محققین بسیاری اقدام به استفاده از تجزیه به عامل‌ها کرده‌اند (۲، ۳، ۱۳، ۱۶، ۲۱، ۳۹). همچنین، تلاش‌هایی در جهت پیش‌بینی عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان به کمک روش‌های رگرسیونی با استفاده از صفاتی که اندازه‌گیری آنها ساده باشد صورت گرفته است (۱، ۴، ۲۶، ۳۸، ۳۹).

آزمایش حاضر به منظور مطالعه نحوه کنترل ژنتیکی برخی از صفات مهم زراعی در آفتابگردان، شناسایی همبستگی‌های بین آنها و بررسی امکان پیش‌بینی عملکرد روغن توسط صفات ساده مورفولوژیکی طرح‌ریزی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار و تابستان ۱۳۸۱ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج اجرا گردید. جهت آماده سازی زمین، ابتدا خاک مزرعه با سم ترفلان با غلظت ۲ کیلوگرم در هکتار تیمار شد، سپس کودهای فسفات آمونیم و اوره به ترتیب با مقادیر ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده شدند. پس از آن عملیات دیسک و فاروژنی زمین انجام شد. بوته‌ها روی لبه پشته‌ها با فاصله ۳۰ × ۷۰ سانتی‌متر کشت شدند. فاصله دو کرت مجاور هم ردیف ۵۰ سانتی‌متر و دو کرت مجاور مقابل ۱۴۰ سانتی‌متر بود. مواد گیاهی شامل ۱۱۱

1. Recombinant inbred line
2. Single seed descent
3. Institut National de la Recherche Agronomique
4. Nuclear magnetic resonance

همانطور که پیش تر گفته شد، شاخه های تولید شده فرم های گوناگونی داشته و هر دو والد هم دارای شاخه بودند و ضمناً سبک شاخه بندی آنها متفاوت بود، در حالیکه در بین نتاج آنها لاین های بدون شاخه هم دیده شدند. در بررسی تفرق صفات در جوامع اینبرد نوترکیب، باید دقت داشت که به علت خالص بودن افراد جامعه نسبت های ممکن شامل ۱:۱ (معادل ۳:۱ و ۱:۲) و ۱۲:۴ (در F_۲، ۱:۱:۱:۱ (معادل ۳:۳:۱) و ۳:۱ (معادل ۹:۷ و ۱۳:۳ و ۱۵:۱) هستند. بنابراین در اینجا حداقل دو مکان ژنی باید کنترل این صفت را بر عهده داشته باشند. با فرض دخالت دو مکان ژنی، ژنوتیپ والدین AAbb و aaBB خواهد بود که چون نتاج آنها F_۹ هستند، تنها می توانند ژنوتیپ های خالص AAbb، AaBb، aaBB و aabb را با فراوانی ۰/۲۵ داشته باشند. دیده می شود که یک چهارم از نتاج دارای ژنوتیپ مغلوب و فاقد شاخه خواهند بود که به خوبی با آنچه در واقعیت مشاهده شده انطباق دارد.

هاکت و نولز (۱۹۷۰) در مطالعه ای به همین منظور، علاوه بر یک ژن غالب BR برای شاخه بندی سراسری، دو ژن دیگر، یکی برای شاخه بندی تحتانی و دیگری برای شاخه بندی انتهایی پیدا کردند و گزارش کردند که در صورت مغلوب بودن این دو ژن آخری، شاخه بندی بصورت سراسری در می آید. کواچیک و اسکالود (۱۹۹۰) نیز دو ژن مغلوب را گزارش کردند که تفرق آنها در F_۲ به صورت (۷:۹) (شاخه دار: تک طبق) بود و در صورت مغلوب بودن هر کدام از این دو ژن، بوته به فرم شاخه دار در می آید.

در مورد صفت قطر طبق، هیستوگرام مربوطه آشکارا نمایانگر وجود ژن های اصلی برای این صفت بود (شکل ۱). به نظر می رسد که این امر به علت اثر ژن شاخه دهی بر روی قطر طبق باشد که همبستگی قوی و منفی بین آنها موید این امر است. قطر طبق دقیقاً از همان نسبت شاخه دهی تبعیت نمی کند که علت اول آن تأثیرات محیطی و علت دوم آن این حقیقت است که همه فرم های شاخه دهی بر کاهش قطر طبق تأثیر یکسانی ندارند، مثلاً شاخه دهی تحتانی همراه با تعداد کمتر شاخه تأثیر خیلی کمتری روی کاهش قطر طبق دارد.

شد (۴۳). تجزیه به عامل ها بر اساس تجزیه به مولفه های اصلی با چرخش وریماکس انجام شد (۲۹). برای آزمون کای مربع از تصحیح ییتس استفاده شد (۵۰).

در مواقع لزوم بر روی داده ها تبدیل های مناسب صورت گرفت تا داده ها نرمال شوند و از این داده های تبدیل شده در انجام تجزیه ها استفاده شد. بر روی بوته های شاهد درصد روغن بذرها حاصل از گرده افشانی آزاد اندازه گیری نشد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس برای شاخه ها نشان داد که اثر بلوک برای هیچ کدام از صفات معنی دار نبود، در حالیکه اثر رقم در تمامی موارد بسیار معنی دار بود، بنابراین تصحیحی برای مقادیر مربوط به لاین ها لازم نبود.

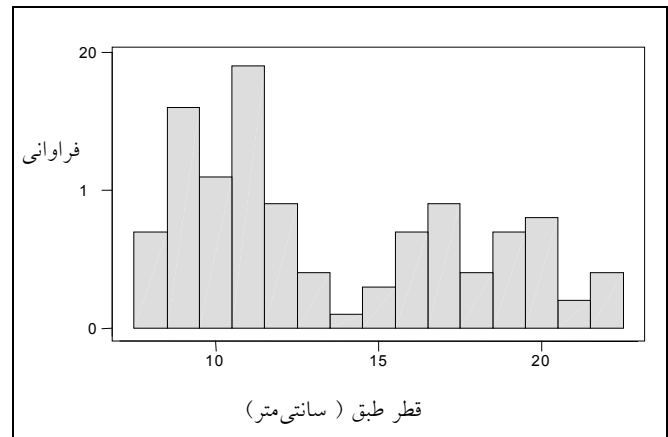
(

در مورد صفت شاخه فرعی، نتایج بدست آمده موید دخالت چند مکان ژنی در کنترل این صفت است. شاخه دهی سراسری، شاخه دهی انتهایی، شاخه دهی در پایین بوته، عدم ظهور شاخه و شاخه دهی ناقص فرم هایی بودند که در مزرعه مشاهده شدند. والد ماده، PAC-2، دارای شاخه فراوان بوده در حالیکه RHA-266 تعداد اندکی شاخه در پائین بوته داشت. بنظر می رسد ژن شاخه دهی که از والد RHA-266 به ارث رسیده است، دارای نفوذ و تظاهر کامل نباشد و از این جهت می توان آن را با صفت شش انگشتی در انسان مقایسه کرد (۴۶). نتیجه مشابهی توسط هالتوم و همکاران (۱۹۹۵) گزارش شده است.

از بین ۱۱۰ لاین مورد مطالعه (در مورد یک لاین اطلاعات شاخه دهی در دست نبود)، ۸۴ عدد دارای شاخه فرعی و ۲۶ عدد فاقد آن بودند. این مقدار با نسبت مورد انتظار ۸۲/۵ به ۲۷/۵ (۱:۳) به خوبی مطابقت دارد (۰/۰۴۸ = χ^2 با یک درجه آزادی). این نتیجه با گزارش فیک و زیمر (۱۹۷۵) هماهنگ است که تفرق ۳:۱ را برای این صفت دیده و پیشنهاد کردند که این صفت توسط یک ژن کنترل می شود. در چندین تحقیق دیگر هم نتایج مشابهی بدست آمده است (۷، ۳۷). با این حال،

تنومندتر که ذخیره بیشتری دارند، طول دوره گلدهی بیشتری دارند که مطابق برت و همکاران (۲۰۰۳) است.

بین وزن دانه و درصد روغن همبستگی منفی وجود داشت که نشان می‌دهد لاین‌های با بذره‌های ریزتر درصد روغن بیشتری داشته‌اند (جدول ۱). این نتیجه موافق نتایج فیک و همکاران (۱۹۷۴) و رشیدالشعرانی (۱۹۹۳) و مخالف گزارش خان (۲۰۰۱) و دودمانی و همکاران (۱۹۹۷) است. رازی و آساد (۲۰۰۴) رابطه معنی‌داری بین وزن هزاردانه و درصد روغن پیدا نکردند. برت و همکاران (۲۰۰۳) در یک مطالعه ۲ ساله، برای یکی از سال‌ها رابطه منفی و معنی‌داری بین وزن دانه و درصد روغن پیدا کردند. همبستگی کوچک منفی پیدا شده بین وزن صد دانه و درصد روغن می‌تواند به این علت باشد که برای میزان روغن هر بذر یک سقف خاص وجود دارد و با افزایش وزن بذر از یک حد خاص دیگر میزان روغن آن افزایش پیدا نکرده و در نتیجه از درصد روغن آن کاسته می‌شود (۸، ۴۷). درصد روغن بستگی شدیدی به نسبت پوسته : هسته دارد (۲۵) و رابطه آن با ضخامت پوسته منفی است (۴۸). بطور کلی بین وزن دانه و صفات مرتبط با اندازه بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت که مطابق نتایج رشیدالشعرانی (۱۹۹۳) است. در تمامی موارد، همبستگی بین درصد روغن بذر با صفات مختلف دقیقاً خلاف جهت همبستگی وزن دانه با آنها بود. بین درصد روغن بذر و تعداد روز تا گلدهی هیچ همبستگی معنی‌داری دیده نشد که مطابق گزارش رازی و آساد (۲۰۰۴) و برت و همکاران (۲۰۰۳) است. در آزمایش لئون و همکاران (۲۰۰۳)، تنها در دو محل از بین ۴ محل آزمایش همبستگی منفی بین تعداد روز تا گلدهی و درصد روغن معنی‌دار شد و در بقیه محل‌ها این همبستگی معنی‌دار نبود. آلبا و همکاران (۱۹۷۹) و هالتوم و همکاران (۱۹۹۵) وجود همبستگی منفی معنی‌دار بین روز تا گلدهی و درصد روغن را گزارش کردند. از آنجا که درصد روغن بذر نسبت به شرایط محیطی در طی دوره پر شدن دانه حساس است (۸) لذا زودرسی آفتابگردان در مناطق سرد و عرض‌های جغرافیایی بالا می‌تواند در بهبود درصد روغن نقش مهمی داشته باشد (۵، ۸، ۱۱، ۱۲، ۳۲).



شکل ۱- هیستوگرام مربوط به توزیع قطر طبق در بین لینه‌های اینبرد نوترکیب

همبستگی‌های مشاهده شده بین صفات در جدول (۱) خلاصه شده‌اند. مطابق انتظار، بین روز تا اولین گل، روز تا ۵۰٪ گلدهی و روز تا ۷۵٪ گلدهی همبستگی‌های بالایی دیده شد که موافق یافته‌های خان (۲۰۰۱)، دودمانی و همکاران (۱۹۹۷) و برت و همکاران (۲۰۰۳) است. همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین این ۳ صفت و صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، اندازه طبق، فاصله طبق تا زمین، ارتفاع بلندترین نقطه بوته و قطرهای بالا و پایین ساقه نشان می‌دهد که بوته‌های بلندتر طول دوره رویشی بیشتری داشته‌اند، که هماهنگ با گزارش دودمانی و همکاران (۱۹۹۷)، هالتوم و همکاران (۱۹۹۵)، رشیدالشعرانی (۱۹۹۳) و رازی و آساد (۲۰۰۴) است. در آفتابگردان، ژنوتیپ‌هایی که طول دوره رویشی بیشتری دارند عمدتاً بلندتر از بقیه ژنوتیپ‌ها می‌شوند، چرا که طویل شدن بوته‌ها تا زمان گلدهی ادامه می‌یابد (۶). بین این صفات و اندازه‌های مربوط به برگ همبستگی‌های منفی و معنی‌داری دیده شد که نشان می‌دهد تعیین برگ سوم انتخاب چندان مناسبی نبوده است و اینکه در اینگونه مطالعات، بجای تعیین یک شماره برگ خاص بهتر است برگ‌گی که در ناحیه‌ای خاص، مثلاً یک سوم بالایی بوته قرار دارد، اندازه‌گیری شود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول دوره رویشی و طول دوره گلدهی نشان می‌دهد که بوته‌های بلندتر و

بنابراین، همبستگی‌های بزرگ حاضر در جدول ۱ به احتمال بیشتری ناشی از اثرات پلیوتروپی هستند.

(با تجزیه به عامل‌ها، ۶ عامل استخراج شدند که مجموعاً ۸۴/۸۵٪ از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۲).

جدول ۲- عامل‌های استخراج شده با بارهای عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵

$$\begin{aligned} X_1 &= \text{اولین گل} = X_2 = 50\% \text{ گلدهی}, X_3 = 75\% \text{ گلدهی}, X_4 = \text{تعداد شاخه}, \\ X_5 &= \text{طول شاخه}, X_6 = \text{قطر طبق}, X_7 = \text{قطر بالای ساقه}, X_8 = \text{طول برگ}, \\ X_9 &= \text{عرض برگ}, X_{10} = \text{طول دمبرگ}, X_{11} = \text{ارتفاع بلندترین نقطه ساقه}, \\ X_{12} &= \text{فاصله طبق تا زمین}, X_{13} = \text{طول دوره گلدهی به دوره رویشی}, \\ X_{14} &= \text{طول دوره گلدهی}, X_{15} = \text{روغن آزاد کرده افشان}, X_{16} = \text{روغن} \\ &\text{خودگشن‌ها} \end{aligned}$$

عامل اول که ۳۰/۰۷٪ از تغییرات را توجیه کرد، دارای ضرایب بزرگ برای ۳ صفت روز تا گلدهی بود، لذا عامل طول دوره رویشی نامیده شد. عامل دوم ۲۳/۵۳٪ از تغییرات را توجیه کرد و به جدا کردن لاین‌های دارای شاخه فرعی و بدون شاخه فرعی مربوط بود، لذا عامل وضعیت شاخه‌بندی نامیده شد. عامل سوم، عامل اندازه برگ نام گرفت، چرا که ضرایب بزرگی برای اندازه‌های برگ داشت. این عامل ۱۱/۰۷٪ از تغییرات را توجیه کرد. عامل چهارم ۸/۷۴٪ از تنوع داده‌ها را توجیه کرده و به وضعیت خمیدگی طبق مربوط بود، بطوریکه مقادیر بزرگتر آن نشانه خمیدگی کمتر طبق به طرف زمین بود، لذا این عامل، وضعیت ایستادگی بوته و طبق نامیده شد. عامل پنجم به طول دوره تکمیل گلدهی مربوط می‌شود و نهایتاً عامل ششم هم عامل درصد روغن نام می‌گیرد. این دو عامل به ترتیب ۶/۴۳ و ۶/۰٪ از تغییرات را توجیه کردند.

با بیشتر شدن تعداد شاخه‌های جانبی، طول بلندترین شاخه فرعی نیز بیشتر شد و به همان نسبت قطر طبق و اندازه بذر آنها نیز کوچکتر گردید. فیک و همکاران (۱۹۷۴) گزارش کردند که در یک زمینه ژنتیکی مشابه، هر چه تعداد شاخه بیشتر می‌شد، اندازه بذرها کوچکتر می‌گردید. بنابراین بنظر می‌رسد که با زیاد شدن تعداد مخازن، اندازه تک‌تک مخازن کوچکتر می‌شود. در بوته‌هایی که شاخه‌های فرعی بیشتری دارند، طبق‌ها ابعاد کوچکتری داشته و درصد روغن بذرشان نیز بیشتر است. در حالیکه مستریس و همکاران (۱۹۹۸) اثر پلیوتروپی ژن شاخه‌دهی بر درصد روغن را مسئول می‌دانند، فیک و همکاران (۱۹۷۴) عقیده دارند که ژن شاخه‌دهی اثر مستقیمی روی درصد روغن ندارد و بیشتر بودن درصد روغن بذر لاین‌های شاخه‌دار بعلت کوچکتر بودن بذرهای آنها و همبستگی منفی بین اندازه بذر و درصد روغن است. برت و همکاران (۲۰۰۳) هم فرضیه پلیوتروپی را رد کرده و نظر می‌دهند که این همبستگی می‌تواند به علت پیوستگی بین ژنها باشد. تشخیص بین پیوستگی ژنها و پلیوتروپی برای اصلاح‌گران مهم است، زیرا اگر علت این همبستگی پلیوتروپی باشد، دیگر استفاده از این ژن برای اصلاح‌گران جذبه‌ای نخواهد داشت، زیرا هیبریدهای تجارتي فاقد شاخه هستند.

طبق‌های بزرگتر به بوته‌های بلندتر و تنومندتر مربوط بودند و بین خم‌شدگی طبق به سمت زمین و اندازه طبق رابطه مستقیمی وجود داشت. کواچیک و اسکالود (۱۹۹۰) گزارش کردند که ۱۲ ژن کنترل خم‌شدگی طبق را بر عهده داشتند. بین طول و عرض برگ و نیز طول دمبرگ رابطه‌های مستقیم و معنی‌دار دیده شد.

همبستگی بین صفات می‌تواند ناشی از پیوستگی ژن‌ها یا به علت حضور ژن‌های چند اثره باشد (۱۷). از آنجا که لینه‌های اینبرد نوترکیب در رسیدن به هموزیگوتی دو برابر یک جامعه ۲ F کراسینگ‌اور را تجربه می‌کنند (۲۲)، لذا از مقدار عددی همبستگی‌های ناشی از پیوستگی بین ژن‌ها کاسته می‌شود.

آووکادو با تغییر منبع گرده‌دهنده، کیفیت میوه نیز تغییر می‌کند (۱۰، ۲۷).

(

در مزرعه، برخی از لاین‌ها در بخش بالایی ساقه و نزدیک طبق، در محل خم شدگی ساقه، زخم‌هایی نشان دادند که از محل آنها شیره زرد رنگ چسبناکی به بیرون ترشح شده و زنبورهای زرد رنگ بزرگی را به خود جلب می‌کرد. در تمامی موارد لاین‌های مبتلا تک طبق و دارای ساقه‌های ضخیمی در قسمت بالایی بوته بودند. این آفت به بوته‌های دارای ساقه ضخیم که خاصیت سبزمانی بیشتری دارند خسارت می‌زند (تماس شخصی با بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج). با انجام رگرسیون لجستیک برای این صفت به کمک مولفه‌های اصلی، دو مولفه اول (PC1) :تومندی بوته شامل ضرایب مثبت برای صفات قطر بالای ساقه، قطر طبق، طول و عرض برگ و خمیدگی بوته و ضریب منفی برای تعداد شاخه و دوم (PC2): طول دوره رویشی شامل ضرایب بزرگ مثبت برای صفات روز تا مراحل مختلف گلدهی و تعداد برگ) وارد مدل شدند و مدل داده‌های موجود را با دقت ۹۸/۹۸ درصد بدرستی دسته‌بندی کرد (داده‌ها ارائه نشده‌اند). معادله حاصل به شرح زیر است:

$$P = \frac{1}{1 + e^{(-9.79 + 4.23PC1 + 3.37PC2)}}$$

زمانیکه رگرسیون لجستیک بر روی داده‌های اصلی انجام شد، به ترتیب سه متغیر قطر بالای ساقه، زمان لازم برای ۵۰ درصد گلدهی و طول شاخه فرعی وارد مدل شدند. این مدل قادر بود که دسته‌بندی را با دقت ۹۷ درصد انجام دهد. معادله حاصل به صورت زیر است:

$$P = \frac{1}{1 + e^{(-56.093 + 0.558X_1 - 0.578X_2 + 0.745X_3)}}$$

که در آن X_1 روز تا ۵۰٪ گلدهی، X_2 طول شاخه و X_3 قطر بالای ساقه می‌باشد.

این عامل‌ها در واقع به ادغام صفاتی می‌پردازند که همبستگی‌های بالایی با همدیگر دارند (۴۴)، و از آنجا که در رگه‌های اینبرد نوترکیب احتمال آنکه این همبستگی‌ها ناشی از ژن‌های چند اثره باشند بیشتر است، لذا می‌توان انتظار داشت که این عامل‌ها کمک موثری در شناخت ساختار کنترل کننده صفات مختلف باشند. همچنین، از آنجا که این عامل‌ها، برخلاف متغیرهای اولیه، متعامد بوده و از همدیگر مستقل هستند، اطلاعات آنها نیز از هم مستقل است و هر کدام جنبه‌های مختلفی از داده‌ها را اندازه می‌گیرند، لذا می‌توان از آنها در مواقعی که تکرار زیاد اطلاعات ما را به اشتباه خواهد انداخت، مثلاً تجزیه کلاستر، استفاده کرد. همچنین، در برخی مطالعات مکان‌یابی ژن‌های کمی (QTL) هنگامی که چندین صفت مورد بررسی قرار گرفته بودند، برای شناخت ژن‌هایی که همزمان روی چند صفت اثر می‌گذاشتند، به جای استفاده از داده‌های اصلی، از متغیرهای جدید حاصل از تجزیه به عامل‌ها یا دیگر روش‌های مشابه استفاده شده است (۳۰، ۳۴، ۴۹).

(

برای هر لاین، دو صفت وزن صد دانه و درصد روغن، هم بر روی بوته‌های حاصل از خودگشتی و هم بر روی بوته‌های دارای گرده‌افشانی آزاد اندازه‌گیری شدند. با انجام آزمون t برای نمونه‌های جفتی، معلوم شد که درصد روغن دانه‌های حاصل گرده‌افشانی آزاد به میزان بسیار معنی‌داری بیشتر از درصد روغن بذرهای سلف‌شده بود ($\bar{d} = 0.175^{**}$). از طرف دیگر، بین وزن صد دانه بذرهای حاصل از خودگرده‌افشانی و گرده‌افشانی آزاد تفاوت معنی‌داری دیده نشد ($\bar{d} = 0.100087^{ns}$ گرم). لذا در انجام آزمون‌های بعدی از متوسط این دو مقدار بعنوان وزن بذر هر لاین استفاده شده است.

دگ و همکاران (۱۹۹۹) در تحقیقی به منظور بررسی اثر نوع گرده‌افشانی بر روی وزن دانه و پریکارپ در مانگو، در سه تا از چهار رقم مورد بررسی اثر معنی‌داری مشاهده نکردند، در حالیکه در رقم چهارم وزن پریکارپ و بذرهای حاصل از گرده‌افشانی آزاد ۱/۵ برابر بیشتر از وزن آنها در بذرهای حاصل از خودگشتی بود. در تحقیقات پیشتر از آن وزن دانه تحت تاثیر قرار گرفته بود. همچنین مشخص شده است که در سیب و

1. Logistic

2. Stay-green

چندان زیاد نیست. معادله مشابه برای صفت درصد روغن بذرهای حاصل از خودگشنی بصورت زیر و دارای R^2 برابر ۰/۹۹ بدست آمد:

$$X_2 = 0.508 X_1 - 0.774$$

که در آن X_1 روز تا گلدهی و X_2 قطر طبق است. مقادیر استاندارد شده β برای ۵۰ درصد گلدهی و قطر طبق به ترتیب برابر ۱/۱۷۴ و -۰/۱۸۹ بود. ضریب منفی که برای قطر طبق بدست آمده، به همبستگی مثبت بین وزن بذر و قطر طبق و همبستگی منفی بین وزن بذر و درصد روغن مربوط می‌شود. اگر نظریه وجود محدودیت برای مقدار روغن در بذر آفتابگردان صحیح باشد، آنگاه برای وزن دانه و نیز قطر طبق یک اندازه بهینه وجود خواهد داشت که باید پیدا شود. همچنین، بر اساس فرمول‌های حاصل دیده می‌شود که "تعداد روز تا گلدهی" اثر بزرگی روی درصد روغن بذر دارد، هرچند که تجزیه همبستگی نتوانسته است آنرا نشان دهد. دلاوگا و هال (۲۰۰۱) گزارش کردند که درصد روغن با طول دوره پر شدن دانه همبستگی مثبتی دارد. مقدار کل روغن بذر بستگی به تشکیل سلولهای کوتیلدون دارد (۴۸) که این به نوبه خود به ذخایر گیاه بستگی دارد که با "روز تا گلدهی" در ارتباط است. زی‌توده ذخیره شده پیش از گلدهی در زمان گلدهی به بذر منتقل می‌شود و عمدتاً شامل کربوهیدرات‌ها و نیز مقداری ترکیبات نیتروژنی است (۸).

سپاسگزاری

بدینوسیله از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج که امکان اجرای بخشی از این تحقیق را فراهم کردند تقدیر می‌شود. از زحمات و راهنمایی‌های آقای مهندس خواجه عطاری، رییس این بخش و آقایان مهندس خدابنده، مهندس فرخی و مهندس سلطانی کارشناسان آن نیز صمیمانه قدردانی می‌شود.

1. Biomass

REFERENCES

۱. طالعی، ع. و ا. رشیدی اصل. ۱۳۷۸. بررسی تغییرات اجزای عملکرد و رگرسیون چندگانه بین برخی صفات در آفتابگردان در واکنش به تغییر الگوی کاشت. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۰. شماره ۳.

(

برای تعیین امکان پیش‌بینی وزن بذر و درصد روغن آن از روی دیگر صفات اندازه‌گیری شده، از تجزیه رگرسیون استفاده شد. در تعیین معادله‌های رگرسیون برای وزن بذر، دو صفت درصد روغن بذرهای حاصل از خودگشنی و بذرهای آزادگرده‌افشانی شده دخالت داده نشدند. برای تعیین معادله رگرسیونی مناسب از روش رگرسیون چند متغیره گام به گام استفاده شد. تنها متغیری که وارد مدل شد قطر طبق بود و R^2 این مدل برابر ۰/۴۰۲ بدست آمد، که نشان می‌دهد حدود ۴۰ درصد از تغییرات وزن دانه با قطر طبق قابل پیش‌بینی است. معادله حاصل به شرح زیر است:

$$X_1 = 0.244 X_2 + 0.694$$

که در آن X_1 نماینده قطر طبق است. این نتیجه توسط همبستگی قوی بین قطر طبق و وزن ۱۰۰ دانه تایید می‌شود.

در تجزیه رگرسیون برای درصد روغن بذرهای حاصل از گرده‌افشانی آزاد هم فقط قطر طبق وارد مدل شد. R^2 این مدل برابر ۰/۱۲۵ و معادله حاصله بصورت زیر بود:

$$X_1 = 0.344 X_2 - 43.158$$

که در آن X_1 نماینده قطر طبق است. با دخالت ندادن مقدار ثابت، معادله‌ای با فرمول زیر با R^2 برابر ۹۸ درصد بدست آمد:

$$X_2 = 0.262 X_1 - 0.519 X_2 + 0.703 X_1$$

که در آن X_1 روز تا گلدهی، X_2 قطر طبق و X_3 عرض برگ می‌باشند. از آنجا که ضرایب b موجود در معادله به واحد اندازه‌گیری صفات بستگی دارند، برای بیان میزان اهمیت هر متغیر از مقدار استاندارد شده β استفاده می‌شود که نماینده مقدار تغییر در متغیر پاسخ در واحد انحراف معیار به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل است (۲۹).

مقادیر استاندارد شده β برای ۵۰ درصد گلدهی، قطر طبق و عرض برگ به ترتیب برابر ۱/۰۸۴، -۰/۱۸۸ و ۰/۰۹۵ بود که نشان می‌دهد نقش صفت عرض برگ در تعیین درصد روغن

مراجع مورد استفاده

۱. طالعی، ع. و ا. رشیدی اصل. ۱۳۷۸. بررسی تغییرات اجزای عملکرد و رگرسیون چندگانه بین برخی صفات در آفتابگردان در واکنش به تغییر الگوی کاشت. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۰. شماره ۳.

۲. مظفری، ک. و ح. زینالی. ۱۳۷۶. تجزیه به عاملها در آفتابگردان تحت شرایط عادی و تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۸. شماره ۲.

3. Abdel-Gawad, A.A., S.A. Saleh, M.A. Ashoub & M.M. El-Gazzar. 1987. Factor analysis in yield of certain sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.). Annals of Agricultural Science, Ain Shams University. 32:1243-1255.
4. Ahmad, Q., M.A. Rana & S.U.H. Siddiqui. 1991. Sunflower seed yield as influenced by some agronomic and seed characters. Euphytica. 56 :137-142.
5. Andrade, F., & M. Ferreiro. 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. Field Crops Res. 48:155-165.
6. Bert, P.F., I. Jouan, D. Tourvieille de Labrouhe, F. Serre, J. Philippon, P. Nicolas, & F. Vear. 2003. Comparative genetic analysis of quantitative traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). 2. Characterization of QTL involved in developmental and agronomic traits. Theor. Appl. Genet. 107:181-189.
7. Carter, J.F.(ed). 1978. Sunflower, science and technology. Vol 19. American society of agronomy, Madison, Wisc. USA.
8. Conor, D.J. & A.J. Hall. 1997. Sunflower physiology. P.113-182. In Schneiter, A.A.(Ed.) Sunflower Technology and Production. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
9. Dag, A., S. Gazit, D. Eisenstein, R. El-Batsri & C. Degani. 1999. Effect of the male parent on pericarp and seed weights in several Floridian Mango cultivars. Scientia Horticulturae. 82:325-329.
10. Degani, C., A. Goldring, I. Adato, R. El-Batsri & S. Gazit. 1990. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield, and fruit characteristics of Fuerte avocado. Hort Sci. 25: 471-473.
11. de la Vega, A.J., S.C. Chapman, & A.J. Hall. 2001. Genotype by environment interaction and indirect selection for yield in sunflower. I. Two-mode pattern analysis of oil and biomass yield across environments in Argentina. Field Crops Res. 72:17-38.
12. de la Vega, A.J., & A.J. Hall. 2002. Effects of planting date, genotype and their interaction on sunflower yield. II. Components of oil yield. Crop Sci. 42:1202-1210.
13. Dieleman, J.A., D.A. Mortensen, L.J. Young & J.V. Stafford. 1999. Predicting within-field weed species occurrence based on field-site attributes. Precision agriculture '99, Part 1. Papers presented at the 2nd European Conference on Precision Agriculture, Odense, Denmark, 11-15 July 1999. Precision-agriculture-'99,-Part-1-and-Part-2.-Papers-presented-at-the-2nd-European-Conference-on-Precision-Agriculture,-Odense,-Denmark,-11-15-July-1999. 1999, PP: 517-528.
14. Doddamani, I.K., S.A. Patil & R.L. Ravikumar. 1997. Relationship of autogamy and self-fertility with seed yield and yield components in sunflower (*Helianthus annuus*, L.). Helia. 20:95-102.
15. Ealba, A.B., R. Tuberosa & G.P. Vannozzi. 1979. A path coefficient analysis of some yield components in sunflower. Helia. 2:25-28.
16. Elizondo-Barron, J. 1991. A factor analysis of plant variables related to yield in sunflower under water stress conditions. Helia. 14:55-63.
17. Falconer, D.S. & T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longman, Essex. UK.
18. Fick, G.N. & D.E. Zimmer. 1975. Linkage tests among genes for six qualitative traits in sunflower. Crop Sci. 15. 6:777-779.
19. Fick, G.N., D.E. Zimmer & D.C. Zimmerman. 1974. Correlation of seed oil content in sunflower with other plant and seed characteristics. Crop Sci. 14:755-757.
20. Flores Berrios, E., L. Gentzbittel, H. Kayyal, G. Alibert & A. Sarrafi. 2000. AFLP mapping of QTLs for invitro organogenesis traits using recombinant inbred lines in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theor. Appl. Genet. 101:1299-1306.

21. Gomez, D. & J. Elizando. 1992. Generating a selection index for drought tolerance in sunflower. II. Morphological characteristics and yield. : Proceedings of the 13th International Sunflower Conference Volume 2, Pisa, Italy, 7-11 September. 1992. pp: 1048-1053.
22. Haldane, J.B.S. & C.H. Waddington. 1931. Inbreeding and linkage. *Genetics*. 16:357-374.
23. Hockett, E.A. & P.F. Knowles. 1970. Inheritance of branching in sunflowers, *Helianthus annuus* L. *Crop Sci*. 10:432-436.
24. Holtom, M.J., H.S. Pooni, C.J. Rawlinson, B.W. Barnes, T. Hussain & D.F. Marshall. 1995. The genetic control of maturity and seed characters in sunflower crosses. *J. Agr. Sci., Cambridge* .125:69-78.
25. Joksimović, J., J. Atlagić & D. Škorić. 1999. Path coefficient analysis of some oil yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 22. Nr 31:35-42.
26. Kandil, A.A. & S.I. El-Mohandes. 1989. Head diameter of sunflower as an indicator for seed yield. *Helia*. 11:21-23.
27. Keulemans, J., A. Brusselle, R. Eyssen, J. Vercammen & G. van Daele. 1996. Fruit weight in apple as influenced by seed number and pollinizer. *Acta Hort*. 423:201-210
28. Khan, A. 2001. Yield performance, heritability and interrelationship in some quantitative traits in sunflower. *Helia*. 24:35-40.
29. Kinnear, P.R. & C.D. Gray. 1997. SPSS for Windows, made simple. Psychology press.
30. Korol, A.B., Y.I. Ronin, E. Nevo & P.M. Hayes. 1998. Multi-interval mapping of correlated trait complexes. *Heredity*. 80:273-284.
31. Kovacik, A. & V. Skaloud. 1990. Results of inheritance evaluation of agronomically important traits in sunflower. *Helia* 13:41-46.
32. Leon, A.J., F. H. Andradeb & M. Leec. 2003. Genetic Analysis of Seed-Oil Concentration across Generations and Environments in Sunflower. *Crop Sci*. 43:135-140.
33. Łuczkiwicz, T. & Z. Kaczmarek. 2004. The influence of morphological differences between sunflower inbred lines on their SCA effects for yield components. *J. Appl. Genet*. 45:175-182.
34. Mangin, B., P. Thoquet & N. Grimsley. 1998. Pleiotropic QTL analysis. *Biometrics* 54:88-99.
35. Marinković, R. 1992. Path coefficient analysis of some yield components of sunflower. *Euphytica*. 60:201-205.
36. Mestries, E., L. Gentzbittel, D. Tourvieille de Labrouhe, P. Nicolas & F. Vear. 1998. Analysis of quantitative trait loci associated with resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using molecular markers. *Mol. Breed*. 4:215-226.
37. Miller, J.F. 1992. Update on inheritance of sunflower characteristics. P. 905-945. In Proc. Of 13th Int. Sunflower Conf. 7-11 Sept. 1992. Pisa, Italy, Vol 1. Int. Sunflower Association, Toowoomba, Australia.
38. Nel, A.A. 2001. Determinant of sunflower seed quality for processing. PhD thesis, University of Pretoria.
39. <http://upetd.up.ac.za/thesis/submitted/etd-09012001-132144/unrestricted/00front.pdf>
40. Qiao, C.G., S.Y. Wang, F.P. Yu, L.J. Wade, J.R. Angew & A.C.L. Doulas. 1993. An improved mathematical model for predicting grain yield at the seedling stage in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Oil Crops of China*. 3:52-55.
41. Rachid Al-Chaarani, G. 2004. Variabilité génétique et identification des QTLs liés à la qualité des semences chez le tournesol (*Helianthus annuus* L.). Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, France.
42. Razi, H. & M.T. Assad. 1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower.
43. Robinson, R.G. 1978. Production and culture. pp.89-143. In : Carter, J.F.(ed). Sunflower, science and technology. Vol 19. American society of agronomy, Madison, Wisc. USA.
44. SAS Institute Inc. 1997. SAS/STAT Software: changes and enhancements through release 6.12. Cary, NC, U.S.A.

45. Sharma, S. 1996. Applied multivariate techniques. John Wiley & Sons.
46. Singh, S.B. & K.S. Lehana. 1990. Correlation and path analysis in sunflower. Crop improvement. 17:49-53.
47. Stansfield, W.D. 1983. Theory and problems of genetics. McGraw-Hill.
48. Villalobos, F.J., V.O. Sadras, A. Soriano, & E. Fereres. 1994. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower hybrids. Field Crops Res. 36:1-11.
49. Weiss, E.A. 1983. Oilseed crops. Longman, London and New York. 660pp.
50. Weller, J.I., G.R. Wiggans, P.M. VanRaden & M. Ron. 1996. Application of a canonical transformation to detection of quantitative trait loci with the aid of genetic markers in a multitrait experiment. Theor. Appl. Genet. 92:998-1002.
51. Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 718 pp.

Archive of SID

Genetic Analysis of Important Agronomic Traits and Their Interrelationships in Sunflowers Using Recombinant Inbred Lines

**A. R. NABIPOUR¹, B. YAZDI-SAMADI², A. SARRAFI³, A. A. ZALI⁴,
A. R. TALAIE⁵ AND A. A. SHAH NEJAT BUSHEHRI⁶**

**1, 2, 4, 5, 6, Ph. D. Student, Professors, Associate Professor and Assistant Professor, University College of Agricultural & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 3, Professor, Polytechnic, University of Toulouse, France
Accepted Sep. 29, 2004**

SUMMARY

Seed and oil yield in sunflower are complex traits, which are products of interactions between a number of other traits. Thus, an evaluation of different traits and a study of their interrelationships are of great importance. Using 111 sunflower recombinant inbred lines and their 2 parents, morphological traits, oil content as well as their interrelationships were studied. There was a negative correlation between oil content and seed weight. Branched lines bore more seed oil content in comparison with non-branching types. This might be attributed to the plant bearing smaller seeds. Applying chi-square test, segregation of some traits was also studied. Using factor analysis, six factors were extracted which accounted for %85.84 of variations among data. Paired t-test revealed that open pollinated seeds carried more oil content, but open pollination had no effect on seed weight. Regression analysis showed that days to flowering and head diameters were main determinants affecting oil content.

Key words: Sunflower, Recombinant inbred lines, Oil content, Yield components, Agronomic traits