



بررسی ژنتیکی تجمع کلر در برگ توتون شرقی (*Nicotiana tabacum* L.)

رضا درویش‌زاده^۱، میر جواد موسوی اندزقی^۲ و امیر فیاض مقدم^۳

۱- استادیار، دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)

۲ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشجویار، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۱۲

چکیده

کلر به‌عنوان یک ریز مغذی، اثرات مثبتی در کیفیت برگ توتون دارد. با این حال مقدار بیشتر کلر دارای اثرات سوء بر کیفیت توتون است. به‌منظور بررسی ژنتیکی تجمع کلر در برگ توتون شرقی (*Nicotiana tabacum* L.)، هر یک از دو لاین 'Basma 16-10' و 'SPT 406' با میزان تجمع کم کلر با رقم 'Basma S.31' با میزان تجمع بیشتر کلر تلاقی یافتند. والدین هر تلاقی به همراه نسل‌های F₁، F₂ و BC₁ و BC₂ مربوطه در شرایط مزرعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای تجمع کلر در برگ ارزیابی شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نسل‌های موردبررسی برای تجمع کلر در برگ در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. تجزیه میانگین نسل‌ها به‌منظور برآورد آثار ژن با استفاده از آزمون مقیاس وزنی و کای اسکور انجام گرفت. کای اسکور مدل ساده سه پارامتری افزایشی- غالبیت برای تلاقی‌ها معنی‌دار شد که حاکی از حضور اثرات متقابل غیرآلی در توارث صفت تجمع کلر در برگ است. برای تلاقی Basma 16-10 × Basma S. 31 بهترین مدل برای توجیه توارث صفت تجمع کلر در برگ مدل ۵ پارامتری با اجزای [m]، [h]، [i]، [j] و [l] می‌باشد. مقدار بالا و معنی‌دار [h] در مقایسه با [d] حاکی از نقش مهم مؤلفه غالبیت در کنترل صفت در این ترکیب تلاقی است. در ترکیب تلاقی SPT 406 × Basma S. 31 مدل ۴ پارامتری با اجزاء [m]، [d]، [i] و [l] بهترین مدل می‌باشد. حضور [d] و [i] در غیاب [h] بر اهمیت بیشتر اثرات ژنتیکی افزایشی در این ترکیب تلاقی در کنترل صفت تجمع کلر در برگ دلالت دارد. بنابراین می‌توان گفت مکانیسم درگیر در تجمع کلر در ژنوتیپ‌های فوق فرق می‌کند. بنابراین استراتژی‌های اصلاحی متفاوتی برای گزینش و اصلاح واریته‌های با تجمع کم کلر از جمعیت‌های در حال تفرق هریک از تلاقی‌ها لازم است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه میانگین نسل‌ها، تجمع کلر، تنوع ژنتیکی، توتون شرقی

مقدمه

سوزش و حفظ کیفیت برگ توتون می‌شود (۳۳). با این حال مقدار بیشتر کلر دارای اثرات سوء بر کیفیت توتون است تا آنجایی که محتوای کلر در برگ عامل اصلی تعیین کیفیت توتون در نظر گرفته می‌شود. مقدار آستانه کلر در برگ خوب و قابل قبول برای صنعت معمولاً زیر ۱/۵٪ می‌باشد (۴). مقادیر بیش از ۲٪ باعث جلوگیری از سوزش توتون در سیگار می‌شود (۱۵، ۲۰، ۲۶). تجمع کلر در برگ عمدتاً تحت تأثیر pH خاک (۴۱)، تراکم بوته (۲۷)، ژنوتیپ (۲۹، ۳۷، ۴۷) قرار می‌گیرد. درویش‌زاده و همکاران (۸) میزان تجمع کلر در برگ ۱۰۰ لاین توتون شرقی و نیمه شرقی را ارزیابی کرده و گزارش کردند که تنوع گسترده‌ای بین ژنوتیپ‌ها برای تجمع کلر در برگ وجود دارد. درویش‌زاده و علوی (۹) با تجزیه و تحلیل دی‌آل بین هشت ژنوتیپ توتون شرقی نشان دادند که ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای تجمع کلر در برگ معنی‌دار می‌باشد، باوجود این سهم اثرات غالبیت در توارث تجمع کلر بیشتر از سهم اثر افزایشی ژن‌ها بود (۹). لمپرچ و بتا (۲۸) با تجزیه و تحلیل دی‌آل بین ۸ ژنوتیپ توتون تیپ غربی نشان دادند که میزان تجمع کلر طبیعت پلی ژنیک دارد و سهم اثرات افزایشی در کنترل صفت بیشتر از اثرات غالبیت است. منطقه شمال غرب به لحاظ موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی خود یکی از بهترین مناطق تولید توتون‌های شرقی و نیمه شرقی است. تجمع کلر در برگ توتون شرقی عامل اصلی بازدارنده برای کشت گسترده آن در منطقه شمال غرب کشور می‌باشد (۸).

توتون (*Nicotiana tabacum* L.) یکی از محصولات با ارزش کشاورزی و صنعتی است و در اقتصاد کشورهای تولیدکننده آن نقش مهمی را ایفاء می‌کند و درآمد حاصل از فرآورده‌های مختلف این گیاه رقم قابل توجهی از درآمد ملی کشورهای تولیدکننده را تشکیل می‌دهد (۱۹). انواع مختلفی از توتون بر اساس معیارهایی از قبیل ناحیه تولید، نوع مصرف، روش عمل‌آوری (گرمخانه‌ای، هوا خشک و آفتاب خشک) و ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی تعریف شده است (۴۲). توتون شرقی یک گروه از واریته‌های آفتاب خشک را تشکیل می‌دهد که از نظر مورفولوژی، سازگاری، عملیات کشت، دسته‌بندی و کیفیت برگ خشک‌شده از دیگر گروه‌های توتون متفاوت است. مشخصات اصلی واریته‌های این گروه، داشتن برگ‌هایی کوچک به رنگ زرد شعله‌ای یا نارنجی با بافت ظریف و عطر نافذ می‌باشد. اصلاح توتون به‌منظور ایجاد واریته‌هایی با سازگاری بالا، عملکرد بیشتر و کیفیت شیمیایی مناسب انجام می‌گیرد (۴۸). برگ توتون از آب (۹۰-۸۵ درصد)، مواد معدنی و ترکیبات آلی که به اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و آلکالوئیدها تقسیم می‌شوند، تشکیل یافته است (۳۹). یکی از مهم‌ترین عواملی که قابل استفاده بودن برگ توتون در صنعت را تعیین می‌نماید، قابلیت سوزش آن است. این عامل متأثر از خصوصیات مورفولوژی، شیمیایی و نحوه عمل‌آوری برگ توتون می‌باشد. در میان عوامل شیمیایی، کلر به‌عنوان یک ریزمغذی، اثرات مثبتی در کیفیت برگ توتون دارد. مقدار کم آن باعث بهبود عملکرد و فاکتورهای کیفی از قبیل رنگ، الاستیسیته و

ژنوتیپ‌های Basma 16-10 و SPT 406 هر کدام با ژنوتیپ Basma S.31 در مرکز تحقیقات توتون ارومیه در تابستان ۱۳۸۸ تلاقی یافتند و نسل‌های F_1 ، F_2 و BC_1 و BC_2 آن‌ها در تابستان ۱۳۸۹ تهیه گردید. نشاهای توتون به صورت خزانه آزاد در مرکز تحقیقات توتون ارومیه تهیه شدند. کشت اصلی در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهید بهشتی ارومیه واقع در ۱۴ کیلومتری جاده ارومیه- مهاباد در سال زراعی ۱۳۹۰ انجام گرفت. این منطقه از نظر اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد و در عرض جغرافیایی 33° 37° شمالی و طول جغرافیایی 58° 44° شرقی قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۷ متر می‌باشد. بر اساس آمار چندساله ایستگاه هواشناسی ارومیه، متوسط، حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب $12/7^{\circ}$ ، $-4/5^{\circ}$ و 37° درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه $309/4$ میلی‌متر گزارش شده است.

نشاءها در مرحله ۷-۵ برگی با ارتفاع بوته ۱۲ سانتی‌متر به مزرعه منتقل شدند. شش نسل هر تلاقی شامل والدین و نسل‌های F_1 ، F_2 ، BC_1 و BC_2 در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. در حقیقت هر خانواده (والدین و نسل‌های F_1 ، F_2 ، BC_1 و BC_2 هر تلاقی) یک سری (Set) در نظر گرفته شد. شش تیمار هر سری در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار ارزیابی شدند. در هر تکرار ۱۲ خط به طول ۳ متر و با فاصله ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نشاء نسل‌های بدون تفرق صفات (والدین و F_1 آن‌ها) در یک خط و نسل‌های در حال تفکیک (F_2 ، BC_1 و BC_2) هر کدام در سه خط به فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی خطوط به وسیله چوب نشاء کاشته شدند. ۲ روز بعد از نشاءکاری اولین آبیاری (اب زندگانی) و نیز ۱۰ روز پس از آن دومین آبیاری صورت گرفت. در طی مراحل رشد بوته‌های توتون، عملیات وجین و سله شکنی و خاک‌دهی پایه بوته به صورت دستی انجام گرفت. به منظور مبارزه با شته سبز هلو^۱ تمام بوته‌ها به وسیله سم کنفیدور^۲ با نسبت ۲۵۰ سی‌سی در هزار لیتر سم‌پاشی شدند. برای مبارزه علیه کرم طوقه بر یا آگروتیس^۳ از سم آمبوش^۴ با غلظت ۰/۵ در هزار در هنگام غروب و پرعلیه بیماری سفیدک داخلی توتون^۵، سم ریدومیل مانکوزب^۶ به نسبت ۳ در هزار استفاده شد.

در طی مراحل رشد توتون برگ‌های رسیده از نظر صنعتی، در ۳ چین در هنگام صبح برداشت شدند و جهت عمل‌آوری به مرکز تحقیقات توتون ارومیه منتقل شدند. برگ‌ها با سوزن‌های مخصوصی از قسمت رگبرگ اصلی (دمار) و با فاصله ۳-۲ سانتی‌متر از قسمت دم برگ سوزن زنی شدند، سپس جلوی آفتاب خشک شدند. پس از خشکاندن برگ‌های توتون، از برگ‌های قسمت کمر برگ بوته که در چین دوم برداشت شده بود، نمونه‌برداری انجام گرفت و درصد کلر هر نمونه با استفاده از روش تیتراسیون در آزمایشگاه گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه ارومیه اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه، یک گرم از نمونه پودر شده توتون در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. پس از مخلوط کردن، در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. سپس محلول از

بهبود خاک و آب آبیاری به منظور کنترل سطح تجمع کلر در برگ، دشوار است، ولی می‌توان نسبت به انتخاب و اصلاح ارقام با تجمع کم کلر اقدام نمود. انتخاب بهترین روش اصلاحی و موفقیت آن بستگی به میزان اطلاع از کنترل ژنتیکی صفت موردنظر و نحوه توارث آن دارد (۱۰). برای حالتی که عمل افزایشی ژن نقش مهم‌تری در کنترل صفت دارد، تولید لاین‌های خالص و برای حالتی که عمل غیرافزایشی ژن‌ها مهم است، تولید ارقام هیبرید پیشنهاد می‌شود (۱۱). روش‌های مختلف برای ارزیابی جمعیت‌ها و تعیین اساس کنترل ژنتیکی صفات مورد مطالعه وجود دارد. یکی از بهترین روش‌ها، تجزیه میانگین نسل‌ها است (۴۴، ۲۴). در این روش نسل‌های مختلف از تلاقی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بدست می‌آیند و سپس از ارتباط میانگین نسل‌ها با اثرات ژنتیکی تشکیل‌دهنده هر نسل، بهترین مدل که بتواند تنوع بین میانگین‌ها را توجیه نماید، برآورد می‌شود (۱۱). در اغلب روش‌ها از جمله روش دی‌آل، ارزیابی واریانس ژنتیکی بر مبنای بررسی یک نسل صورت می‌گیرد (۱۶). با استفاده از تجزیه میانگین نسل‌ها علاوه بر اثرات افزایشی^۱ و غالبیت^۲، اثرات اپیستازی^۳ ژن‌ها و درجه غالبیت بر مبنای میانگین‌ها برآورد می‌شود (۲۴). هنرژاد و همکاران (۱۸) از تجزیه میانگین نسل‌ها به منظور مطالعه ژنتیک پایداری واریته‌های توتون به بیماری سفیدک دروغی استفاده کردند. با تلاقی دی‌آل یک‌طرفه چهار واریته توتون بل ۶۱-۱۰، برجرک سی، سامسون و ترامف پایدار و حساس به بیماری سفیدک دروغی و خودگشنی F_1 ها و همچنین تلاقی برگشتی آن‌ها با والدین مربوطه، نسل‌های F_2 و BC_1 و BC_2 تولید شدند. تجزیه میانگین نسل‌ها نشان داد پایداری ژنتیکی در مقابل بیماری در خانواده‌های برجرک سی \times بل ۶۱-۱۰ و ترامف \times بل ۶۱-۱۰ از مدل ساده افزایشی- غالبیت پیروی می‌کند. درحالی‌که در سایر خانواده‌ها آثار متقابل غیرآلی (اپیستاتیک) پدیدار گشته و بدین ترتیب برای توجیه آثار متقابل دو ژنی مدل شش پارامتری متر و جینکر (۳۲) برآش یافت.

در این پژوهش با استفاده از مقادیر تجمع کلر در برگ نسل‌های مختلف توتون، تنوع ژنتیکی، نحوه توارث و نوع عمل ژن برای تجمع کلر برآورد شده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشات

۳ ژنوتیپ توتون شرقی (Basma 16-10، SPT 406 و Basma S. 31) با میزان تجمع کلر متفاوت در برگ از میان ۱۰۰ ژنوتیپ موجود در بانک ژن مرکز تحقیقات توتون ارومیه بر اساس نتایج آزمایش‌های قبلی (۸) انتخاب شدند. دو ژنوتیپ Basma 16-10 و SPT 406 به عنوان ژنوتیپ‌های با تجمع کم کلر در برگ و Basma S. 31 به عنوان ژنوتیپ با میزان تجمع بیشتر کلر در برگ شناسایی شده بودند. SPT 406، یک اینبرد لاین انتخاب شده از توده محلی چپق به روش انتخاب تک بوته است. Basma S.31 رقم توتون شرقی است که در منطقه در سطح وسیع کشت می‌شود.

1- Additive effects	2- Dominance	3- Epistasis	4- Greenfly aphid	5- Confidor (Imidacloprid)
6- Agrotis	7- Ambosh	8- Tobacco blue mold	9- Ridomil mancozeb	

روابط زیر محاسبه شد.

$$h_{bs}^2 = \frac{1}{2} \frac{[V_{F2} - (V_{P1} \times V_{P1})]}{V_{F2}} \quad (31)$$

$$h_{bs}^2 = \frac{1}{3} \frac{[V_{F2} - (V_{P1} \times V_{P1} \times V_{F1})]}{V_{F2}} \quad (46)$$

$$h_{bs}^2 = \frac{1}{3} \frac{[V_{F2} - (V_{P1} + V_{P1} + V_{F1})]}{V_{F2}} \quad (2)$$

$$h_{bs}^2 = \frac{1}{2} \frac{[V_{F2} - (V_{P1} + V_{P1})]}{V_{F2}} \quad (2)$$

$$h_{bs}^2 = \frac{1}{4} \frac{[V_{F2} - (V_{P1} + V_{P1} + 2V_{F1})]}{V_{F2}} \quad (32)$$

وراثت‌پذیری خصوصی با استفاده از روش وارنر (۴۶) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$h_{ms}^2 = \frac{[2V_{F2} - (V_{BC1} + V_{BC2})]}{V_{F2}}$$

برای محاسبه حداقل تعداد ژن‌های کنترل‌کننده صفت از روابط زیر استفاده شد (۳۰،۷).

$$n = \frac{0.5(\sim P_2 - \sim P_1)}{8(u_{F2}^2 - u_{F1}^2)}$$

$$n = \frac{0.5(\sim P_2 - \sim P_1)}{8[u_{F2}^2 - (0.5u_{F1}^2 + 0.25u_{P1}^2 + 0.25u_{P2}^2)]}$$

$$n = \frac{0.5(\sim P_2 - \sim P_1)}{8[(u_{BC1}^2 + u_{BC2}^2) - (u_{F1}^2 + 0.5u_{P1}^2 + 0.5u_{P2}^2)]}$$

$$n = \frac{0.5(\sim F_1 - \sim P_1)}{4[u_{BC1}^2 - 0.5(u_{F1}^2 + u_{P1}^2)]}$$

$$n = \frac{0.5(\sim P_2 - \sim F_1)}{4[u_{BC2}^2 - 0.5(u_{F1}^2 + u_{P2}^2)]}$$

در روابط بالا μ و u به ترتیب میانگین و واریانس نسل را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی و آماری با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری Excel و SAS 9.1 انجام گرفت. برای ترسیم نمودار توزیع فراوانی صفت در نسل F_2 از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد.

کاغذ صافی عبور داده شد. ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه فیلتر شده برداشته شد و به آن ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. در بشر دیگری ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. به هر دو نمونه چند قطره از محلول کرومات پتاسیم (۵ گرم از K_2CrO_4 در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به‌عنوان معرف اضافه شد. سپس هر یک از نمونه‌ها به‌وسیله نیترات نقره N/40 (۴/۴۷) گرم از $AgNO_3$ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) تیتراسیون شد بطوریکه رنگ نمونه از زرد به نارنجی سوخته تبدیل شود و درصد کلر با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\% \text{Chlorine} = \frac{(A - B) \times f \times 35.5}{W \frac{(100 - M)}{100}}$$

A: مقدار $AgNO_3$ استفاده‌شده برای هر نمونه توتون، B: مقدار $AgNO_3$ استفاده‌شده برای نمونه شاهد، W: وزن توتون، M: درصد رطوبت برگ، f: نرمالیت $AgNO_3$.

تجزیه‌های آماری

آزمون نرمال بودن توزیع اشتباهات آزمایشی مطابق روش شاپیرو و ویلک (۴۳) و تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل آماری طرح پایه با رویه مدل خطی عمومی (GLM) انجام گرفت. تجزیه میانگین نسل‌ها بر اساس مدل زیر انجام گرفت.

$$Y = m + d + h + 2i + 2j + 2l$$

در این رابطه Y میانگین نسل، m میانگین همه نسل‌ها در یک تلاقی، [d] مجموع اثرات افزایشی، [h] مجموع اثرات غالبیت، [i] مجموع اثر متقابل بین اثرات افزایشی، [j] مجموع اثر متقابل بین اثرات افزایشی و غالبیت، [l] مجموع اثر متقابل بین اثرات غالبیت، ، ، ، ۲ و ۲ ضرایب پارامترهای ژنتیکی می‌باشند. ضرایب اجزای ژنتیکی از متر و جینکز (۳۲) گرفته شد. برآوردهای شش پارامتری یا کمتر با استفاده از حداقل مربعات وزنی^۱ انجام گرفت. معنی‌دار بودن پارامترها با استفاده از آزمون t بررسی شد. شش نسل هر ترکیب تلاقی با دو، سه، چهار، پنج و شش پارامتر امتحان شدند، تا مشاهده شود که کدام مدل به‌عنوان بهترین مدل می‌تواند میانگین‌ها را توجیه نماید. برآزش تمام مدل‌ها به‌وسیله آزمون نیکویی برازش بر مبنای توزیع کای اسکور^۲ (آزمون مقیاس وزنی) ارزیابی شد (۳۲،۱۳). اجزای تنوع^۳ از اطلاعات ۶ نسل با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (۳۲).

$$E_w = \frac{1}{4} (V_{P1} + V_{P2} + 2V_{F1})$$

$$D = 4V_{F2} - 2(V_{BC1} + V_{BC2} - E_w)$$

$$H = 4(V_{BC1} + V_{BC2} - V_{F2} - E_w)$$

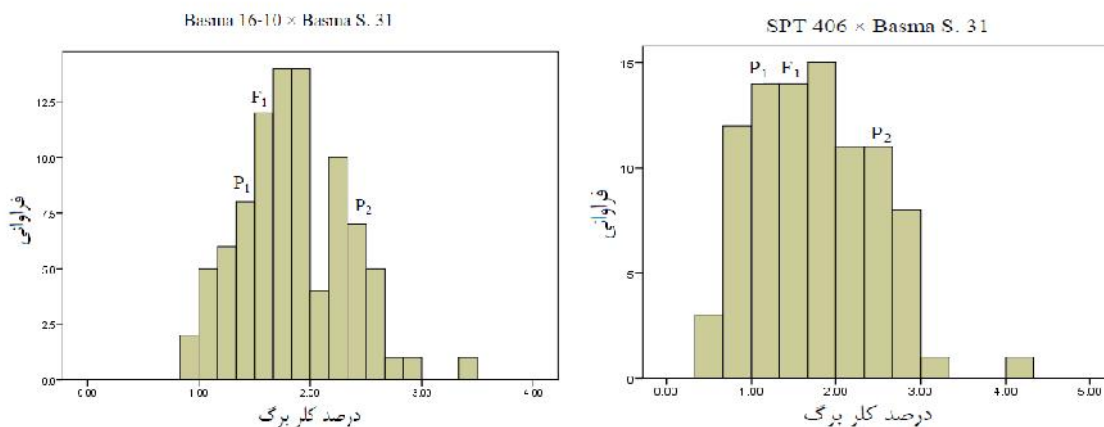
$$F = V_{BC1} - V_{BC2}$$

در روابط بالا E_w جزء غیرژنتیکی تنوع، D جزء افزایشی تنوع، H جزء غالبیت تنوع و F همبستگی h و d روی تمام مکان‌های ژنی می‌باشند. وراثت‌پذیری عمومی با استفاده از

نتایج و بحث

نمودارهای توزیع فراوانی تنوع گسترده‌ای برای تجمع کلر در برگ افراد نسل F_2 در هر دو ترکیب تلاقی نشان می‌دهد (شکل ۱). جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تفاوت بین نسل‌های مورد بررسی برای تجمع کلر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). با توجه به مشاهده اختلاف معنی‌دار برای تجمع کلر در برگ نسل‌های مورد مطالعه، تجزیه میانگین نسل‌ها به منظور بررسی ساختار ژنتیک صفت انجام گرفت. با تجزیه میانگین نسل‌ها اثر افزایشی، غالبیت و حضور اپیستازی تعیین می‌شود و در این زمینه آزمون مقیاس وزنی قوی‌ترین آزمون می‌باشد. برآورد اثرات ژنی همراه با آزمون مقیاس وزنی و کای اسکور در جدول ۲ آمده است. معنی‌دار شدن X^2 برای مدل سه پارامتری در هر ۲ ترکیب تلاقی نشان می‌دهد که مدل افزایشی- غالبیت با ۳ پارامتر $[d]$ ، $[h]$ ، برای توجیه ژنتیک تجمع کلر در برگ مناسب نبوده و مدل‌های کامل‌تری که آثار متقابل غیر آلی را در نظر می‌گیرند نیاز هست. برای تلاقی $Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$ بهترین مدل برای توجیه توارث صفت تجمع کلر در برگ مدل ۵ پارامتری با اجزای $[m]$ ، مجموع اثرات غالبیت $[h]$ ، مجموع اثر متقابل بین اثرات افزایشی \times افزایشی $[i]$ ، مجموع اثر متقابل بین اثرات افزایشی \times غالبیت $[j]$ و مجموع اثر متقابل بین اثرات غالبیت \times غالبیت $[l]$ می‌باشد. آزمون t برای تمام این اجزاء معنی‌دار است که نشان‌دهنده اهمیت این اجزاء در کنترل صفت

می‌باشد. مقدار بالا و معنی‌دار اثر غالبیت $[h]$ در مقایسه با اثر افزایشی $[d]$ حاکی از نقش مهم مؤلفه غالبیت در کنترل صفت در این ترکیب تلاقی است. علامت مثبت اثر غالبیت $[h]$ نشان می‌دهد که جهت غالبیت به سمت تجمع بیشتر کلر در برگ می‌باشد (۳). معنی‌دار بودن اثرات متقابل افزایشی \times افزایشی $[i]$ ، افزایشی \times غالبیت $[j]$ ، غالبیت \times افزایشی $[l]$ همگی بر وجود اثرات اپیستازی در توارث این صفت دلالت دارند. این امر با توجه به پلی ژنیک بودن صفت قابل توجیه است. همچنین در تفسیر علامت پارامترهای موجود در مدل برازش یافته، علامت مثبت اثر متقابل افزایشی \times افزایشی $[i]$ حاکی از مشارکت این اثر در تجمع بیشتر کلر در برگ می‌باشد (۳۴). علامت منفی اثرات متقابل افزایشی \times غالبیت $[j]$ و غالبیت \times غالبیت $[l]$ حاکی از مشارکت این اثرات در تجمع کمتر کلر در برگ می‌باشد (۳۴). علامت مخالف $[h]$ و $[l]$ نشان‌دهنده اپیستازی دوگانه یا مضاعف است (۳۸). اپیستازی مضاعف به دو صورت مغلوب مضاعف و غالب مضاعف بروز می‌کند. زمانی که ژن اول به صورت مغلوب از اظهار ژن دوم جلوگیری نماید و ژن دوم به صورت مغلوب از بروز ژن اول جلوگیری نماید اپیستازی از نوع مغلوب مضاعف است. زمانی که حضور حداقل یک ژن به صورت غالب اثر ژن دیگر را بپوشاند اپیستازی از نوع غالب مضاعف است. اپیستازی دوگانه یا مضاعف با کاهش تنوع در نسل F_2 و دیگر نسل‌های در حال تفرق، سبب اختلال در پروسه انتخاب می‌گردد (۲۲).



شکل ۱- توزیع فراوانی تجمع کلر در برگ افراد نسل F_2 تلاقی‌های $Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$ و $SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$
 Figure 1. Frequency distribution of chlorine accumulation in the leaf of F_2 individuals of crosses $Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$ and $SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$.

جدول ۱- تجزیه واریانس برای تجمع کلر در برگ توتون شرقی

Table 1. Analysis of variance for chlorine accumulation in the leaf of oriental tobacco

مورد	منابع تغییرات				%CV
	تکرار	سری	سری/ نسل	اشتباه آزمایشی	
df	۲	۱	۱۰	۲۲	۱۰/۱۱
MS	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۰۴	
F	۰/۹۶ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۱۱/۴۱ ^{**}		

* و ** به ترتیب اختلاف غیرمعنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشند. CV: ضریب تغییرات. DF: درجه آزادی. MS: میانگین مربعات.

جدول ۲- تخمین اجزاء ژنتیکی میانگین برای تجمع کلر در تلاقی های Basma 16-10 × Basma S. 31 و Basma S. 31 × SPT406 توتون شرقی

Table 2. Estimate of genetic components of mean for chlorine accumulation in the crosses Basma 16-10 × Basma S. 31 and SPT406 × Basma S. 31 of oriental tobacco

تلاقی	m	[d]	[h]	[i]	[j]	[l]	X ²
Basma 16-10 × Basma S. 31	۰/۷۸ ± ۰/۳۳	-	۲/۳۴ ^{**} ± ۰/۸۱	۱/۱۲ ^{**} ± ۰/۳۳	-۱/۰۴۳ ^{**} ± ۰/۱۸۴	-۱/۱۸ ^{**} ± ۰/۵۱	ns
SPT 406 × Basma S. 31	۲/۳۲ ^{**} ± ۰/۱۳	-۰/۹۵ ^{**} ± ۰/۰۸۳	-	-۰/۵۰ ^{**} ± ۰/۱۸۱	-	-۱/۲۵ ^{**} ± ۰/۲۸	ns

ns * و ** به ترتیب اختلاف غیرمعنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ می باشند. M: میانگین تمام نسل ها در یک تلاقی، [d]: مجموع اثرات ژنتیکی افزایشی، [h]: مجموع اثرات ژنتیکی غالبیت، [i]: مجموع اثر متقابل ایستاتیک افزایشی در افزایشی، [j]: مجموع اثر متقابل ایستاتیک افزایشی در غالبیت، [l]: مجموع اثر متقابل ایستاتیک غالبیت در غالبیت، X²: آماره کای اسکور.

از نظر علامت و بزرگی در مکان های مختلف با یکدیگر متفاوت می باشند. برآورد حداقل تعداد ژن های کنترل کننده صفت بر اساس فرمول های مختلف، در جدول ۴ ارائه شده است. متوسط تعداد ژن های کنترل کننده صفت در ترکیب تلاقی Basma 16-10 × Basma S.31 برآورد گردید. نیاز از آنجایی که روش های مختلف محاسبه حداقل تعداد ژن، نیاز به پیش فرض های خاصی همچون عدم وجود لینکاز، ایستازی، غالبیت یا اثرهای نامساوی در مکان های ژنی متفاوت دارند، وجود احتمالی هر یک از موارد فوق باعث برآورد کمتر از حد واقع ژن های کنترل کننده صفت شده است (۱۲).

برآورد اجزای تنوع بر اساس واریانس شش نسل V_{P1} ، V_{P2} ، V_{F1} ، V_{F2} ، V_{BC1} و V_{BC2} در ترکیب تلاقی Basma 16-10 × Basma S.31 نشان داد جزء غالبیت (H) بسیار بیشتر از جزء افزایشی (D) می باشد که نشان دهنده اهمیت بیشتر عمل غالبیت ژن ها نسبت به عمل افزایشی در کنترل صفت است. همچنین متوسط درجه غالبیت (H/D) بیشتر از یک می باشد که نشان دهنده وجود عمل فوق غالبیت ژن ها در کنترل صفت است (۳۵). مقدار منفی پارامتر F حاکی از آن است که ژن های غالب اکثر در والد با مقدار تجمع کمتر کلر در برگ هستند (جدول ۳). کوچک تر از یک بودن قدر مطلق پارامتر H/D نشان می دهد که ژن های کنترل کننده

جدول ۳- تخمین اجزاء واریانس، نسبت غالبیت، نسبت $F/(D \times H)1/2$ برای تجمع کلر در تلاقی های Basma 16-10 × Basma S. 31 و SPT 406 × Basma S. 31 توتون شرقی

Table 3. Estimates of the variation components, dominance ratio, $F/(D \times H)1/2$ ratio for chlorine accumulation in the crosses Basma 16-10 × Basma S. 31 and SPT 406 × Basma S. 31 of oriental tobacco

تلاقی	Ew	F	H	D	H/D	F/ H.D
Basma 16-10 × Basma S. 31	۰/۰۸	-۰/۰۲	۰/۴۱	۰/۰۵	۲/۸۳	-۰/۱۳
SPT 406 × Basma S. 31	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۵۹	۰/۳۷	۱/۲۶	۰/۶۳

D: جزء افزایشی واریانس ژنتیکی، H: جزء غالبیت واریانس، EW: جزء محیطی واریانس، F: همستگی بین جزء غالبیت و افزایشی روی تمام مکان ها، H/D: نسبت غالبیت، F/ D.H: انحراف از غالبیت.

جدول ۴- تخمین تعداد ژن های کنترل کننده تجمع کلر در تلاقی های Basma 16-10 × Basma S. 31 و SPT 406 × Basma S. 31 توتون شرقی

Table 4. Estimates of number of genes controlling chlorine accumulation trait in the crosses Basma 16-10 × Basma S. 31 and SPT 406 × Basma S. 31 of oriental tobacco

تلاقی	روش					میانگین
	I Cockerham (γ)	II Cockerham (γ)	III Lande (۳۰)	IV Lande (۳۰)	V Lande (۳۰)	
Basma 16-10 × Basma S. 31	۰/۸۱	۰/۹۰	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۶۴
SPT 406 × Basma S. 31	۱/۲۴	۱/۰۶	۰/۷۴	۰/۰۷	۵/۶۳	۱/۷۵

ژنتیکی) برای صفت در مقایسه با بخش غیر افزایشی بسیار کمتر و اندک است، لذا برای اصلاح صفت انتخاب در نسل های پیشرفته این ترکیب تلاقی نتایج خوبی به همراه خواهد داشت.

در ترکیب تلاقی Basma 16-10 × Basma S.31 اثرات ژنتیکی غیر افزایشی نقش مهم تری در کنترل صفت ایفا می کنند، نمی توان به موفقیت انتخاب در نسل های اولیه بعد از تلاقی امیدوار بود. زیرا اثر اصلاحی (بخش افزایشی واریانس

در ترکیب تلاقی $SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$ پارامتری با اجزاء [m]، مجموع اثرات افزایشی [d]، مجموع اثرات متقابل بین اثرات افزایشی \times افزایشی [i] و مجموع اثر متقابل بین اثرات غالبیت \times غالبیت [I] بهترین مدل برای توجیه توارث صفت تجمع کلر در برگ می‌باشد. آزمون t برای هر ۴ جزء این مدل معنی‌دار می‌باشد. اثر غالبیت [h] در این ترکیب تلاقی معنی‌دار نمی‌باشد. مشاهده اثر غالبیت غیر معنی‌دار ممکن است به واسطه حضور غالبیت دو جهته با اثرات ژنی نامتقارن باشد (۲۳، ۲۱). معنی‌دار بودن اثرات متقابل افزایشی \times افزایشی [i] و غالبیت \times غالبیت [I] بر وجود اثرات ایپستازی در توارث این صفت دلالت دارند. معنی‌دار نشدن اثر متقابل افزایشی \times غالبیت [j] ممکن است به علت خنثی کردن آثار مثبت و منفی در مکان‌های ژنی متفاوت باشد (۳۶). این نوع اثر ایپستازی نمی‌تواند به وسیله انتخاب (خصوصاً در نسل‌های اولیه در حال تفرق) تثبیت شود. حضور اثر افزایشی [d] و اثر متقابل افزایشی \times افزایشی [i] در غیاب اثر غالبیت [h] بر اهمیت بیشتر اثرات ژنتیکی افزایشی در این ترکیب تلاقی در کنترل صفت تجمع کلر در برگ دلالت دارد. علامت منفی اثر افزایشی [d] نشان‌دهنده تمایل نتاج به سمت والد دارای اندازه صفت (تجمع کلر) کمتر است (۴۰). از آنجاکه اثر افزایشی دارای علامت جبری منفی می‌باشد، احتمال می‌رود که بتوان در نتاج این ترکیب تلاقی، لاین‌های با تجمع کلر کم را در نسل‌های اولیه در حال تفکیک یافت. علامت منفی اثرات متقابل افزایشی \times افزایشی [i] و غالبیت \times غالبیت [I] حاکی از مشارکت این اثرات در تجمع کم کلر در برگ می‌باشد.

برآورد اجزای تنوع بر اساس واریانس شش نسل V_{P1} ، V_{P2} ، V_{F1} ، V_{F2} ، V_{BC1} و V_{BC2} نشان داد که در این ترکیب، تلاقی $SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$ هم سهم واریانس افزایشی و هم واریانس غالبیت قابل توجه است که نشان می‌دهد برای بهبود صفت در جمعیت حاصل از این ترکیب تلاقی علاوه بر روش اصلاح جمعیت، روش تولید هیبرید نیز موفقیت‌آمیز خواهد بود. به عبارت دیگر ابتدا می‌توان با گزینش ژنوتیپ‌های با تجمع کم کلر سهم ژن‌های مطلوب را در جمعیت مورد نظر افزایش داد و سپس با تلاقی بین ژنوتیپ‌های انتخابی هیبریدهای با تجمع کمتر کلر تولید نمود.

اگرچه عملی ساختن این اندیشه فقط با تولید و توسعه لاین‌هایی با نرعیمی ژنتیکی امکان‌پذیر خواهد بود (۲۲). مقدار مثبت F نشان می‌دهد که ژن‌های غالب عمدتاً در والدی قرار دارند که مقدار بیشتری از صفت مورد مطالعه را نشان می‌دهد (۱۴). کوچک‌تر از یک بودن قدر مطلق پارامتر $F/H.D$ نشان می‌دهد ژن‌های کنترل‌کننده از نظر علامت و بزرگی در مکان‌های مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشند (۳۸). متوسط تعداد ژن‌های کنترل‌کننده صفت در این ترکیب تلاقی $1/75$ برآورد گردید (جدول ۴). از آنجایی که روش‌های مختلف محاسبه حداقل تعداد ژن، نیاز به پیش فرض‌های خاصی همچون عدم وجود لینکاز، ایپستازی، غالبیت یا اثرهای نامساوی در مکان‌های ژنی متفاوت دارند وجود احتمالی هر یک از موارد فوق باعث برآورد کمتر از حد واقع ژن‌های کنترل‌کننده صفت شده است (۱۲).

وراثت‌پذیری عمومی صفت بر اساس روش‌های مختلف در ترکیب تلاقی اول ($Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$) به طور متوسط $0/59$ و در ترکیب تلاقی دوم ($SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$) $0/62$ برآورد گردید. وراثت‌پذیری خصوصی یا واقعی در ترکیب تلاقی اول $0/13$ و در ترکیب تلاقی دوم $0/32$ برآورد گردید (جدول ۵). قابلیت توارث شاخص مناسبی برای بررسی انتقال صفات از والدین به نتاج است. دستیابی به پیشرفت ژنتیکی در اثر انتخاب شدیداً متأثر از وراثت‌پذیری صفت مورد نظر است. وراثت‌پذیری در محدوده ۲۰ تا ۵۰ درصد توارث‌پذیری متوسط طبقه‌بندی می‌شود (۴۵). از آنجایی که وجود اثرات متقابل ایپستازی برای صفی فرضیات تجزیه جهت توزیع ژن‌ها در والدین را نقض می‌کند و در نتیجه به‌طور جدی هرگونه تلاش برای تجزیه واریانس ژنتیکی به اجزاء متناظر افزایشی و غالبیت را با مشکل مواجه می‌سازد و برآوردها را دچار اربیب می‌نماید (۵۶)، بنابراین در مطالعه فوق تنها برآوردهای وراثت‌پذیری عمومی از اعتبار لازم برخوردارند. متفاوت بودن برآورد وراثت‌پذیری در ترکیب تلاقی‌های مختلف در مطالعات مختلف گزارش شده است. مطالعات نشان داده‌اند وراثت‌پذیری نه تنها تحت تأثیر خصوصیات یک صفت، بلکه جمعیت و شرایط محیطی دربرگیرنده افراد تحت بررسی است. این شاخص معمولاً از جمعیتی به جمعیت دیگر متفاوت است.

جدول ۵- تخمین وراثت‌پذیری با روش‌های مختلف برای تجمع کلر در برگ تلاقی‌های $SPT\ 406 \times Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$ و $SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$ توتون شرقی

Table 5. Estimates of the heritability by different methods for chlorine accumulation trait in leaf of the crosses $Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$ and $SPT406 \times Basma\ S.\ 31$ of oriental tobacco

تلاقی	h_{NS}^2 Wanner (۴۶)	h_{BS}^2					میانگین
		I Mahmud & Kramer (۳۱)	II Wanner (۴۶)	III Allard (۲)	IV Allard (۲)	V Mather & Jinks (۳۲)	
$Basma\ 16-10 \times Basma\ S.\ 31$	۰/۱۳	۰/۵۶	-	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۵۹
$SPT\ 406 \times Basma\ S.\ 31$	۰/۳۲	۰/۶۶	-	۰/۶۰	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۶۲

h_{NS}^2 : وراثت‌پذیری خصوصی. h_{BS}^2 : وراثت‌پذیری عمومی.

تحقیقات توتون ارومیه انتخاب شده‌اند. نتایج تحقیقات قبلی (۱۷) نشان داده است دو ژنوتیپ Basma S.31 و SPT 406 علاوه بر تجمع کلر در برگ از نظر اکثر صفات زراعی نیز در نقطه مقابل همدیگر قرار دارند. والد SPT 406 دارای ارتفاع کوتاه، روز تا گلدهی کم، برگ‌های پهن با رنگ تیره و والد Basma S.31 دارای ارتفاع بلند، روز تا گلدهی بیشتر، برگ‌هایی با پهنای کمتر و رنگ روشن‌تر هستند. از آنجایی که تنوع فنوتیپی کافی در بین والدین، تنوع ژنتیکی جمعیت حاصل از تلاقی را افزایش می‌دهد بنابراین جمعیت در حال تفرق حاصل از ترکیب تلاقی Basma S.31 و SPT 406، پتانسیل ایجاد لاین‌هایی با صفات زراعی مطلوب علاوه بر تجمع کم کلر را دارد و برای فعالیت اصلاحی آتی پیشنهاد می‌شود.

در بررسی توارث صفت تجمع کلر در برگ مشخص شد که مدل‌های تبیین‌کننده‌ی ژنتیک تجمع کلر در برگ بسته به ترکیب تلاقی متفاوت است. می‌توان گفت مکانیسم درگیر در تجمع کلر در ژنوتیپ‌های فوق فرق می‌کند. بنابراین استراتژی‌های اصلاحی متفاوتی برای گزینش و اصلاح واریته‌های با تجمع کم کلر از جمعیت‌های در حال تفرق هر یک از تلاقی‌ها لازم است. در ترکیب تلاقی اول (Basma S. 31 × Basma S. 16-10) ژنوتیپ‌های درگیر در تلاقی، هر دو از تیپ باسما بودند. ژنوتیپ‌های باسما، تیپیک توتون‌های شرقی می‌باشند. در ترکیب تلاقی دوم (SPT 406 × Basma S. 31) ژنوتیپ مادری از تیپ باسما و پدری از تیپ چپق بود. لاین‌های از تیپ چپق از توده‌های بومی منطقه شمال غرب کشور بوده و از طریق روش گزینش لاین خالص در مرکز

منابع

1. Akehurst, B.C. 1981. Tobacco 2nd edition Tropical Agricultural Series. New York: Longman Inc. 164 pp.
2. Allard, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding, 2nd edition John Wily and Sons, Inc. New York. 254 pp.
3. Babaei, H.R., H. Zeinali Khanghah and A. Taleei. 2012. Genetic analysis of agronomic traits and seed shattering resistance in soybean (*Glycine max*). Seed and Plant Improvement Journal, 28(4): 593-609 (In Persian).
4. Chari, M.S. 1995. Role of research in the improvement of productivity and quality of Indian flue-cured Virginia tobacco. Central Tobacco Research Institute, Rajahmundry, India. 26-27 pp.
5. Choukan, R., H. Abtahi and E. Majidi Hervan. 2007. Genetic analysis of different traits in maize using diallel cross analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 8(4): 343-356 (In Persian).
6. Choukan, R. 2008. Methods of Genetical Analysis of Quantitative Traits in Plant Breeding. 1st edition. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. 270 pp (In Persian).
7. Cokerham, C.C. 1988. Modification in estimating the number of genes for a quantitative character. Genetics, 114: 659-664.
8. Darvishzadeh, R., R. Alavi and A. Sarrafi. 2011. Genetic variability for chlorine concentration in oriental tobacco genotypes. Archive of Agronomy and Soil Science, 57(2): 167-177.
9. Darvishzadeh, R. and R. Alavi. 2011. Genetic analysis of chlorine concentration in oriental tobacco. Journal of Plant Nutrition, 34: 1070-1078.
10. Dixit, G.P. 1998. Gene action for yield and its components in grass pea. Indian Journal of Genetics, 58: 91-95.
11. Farshadfar, E. 2000. Application of Quantitative Genetics in Plant Breeding. Tagh-E- Bostan Press, Kermanshah, Iran. 726 pp (In Persian).
12. Ghannadha, M.R. 1998. Gene action for latent period of stripe rust in five cultivars of wheat. Iranian Journal of Crop Sciences, 1: 53-71 (In Persian).
13. Ghannadha, M.R. 2000. Gene functiona for resistance to yellow rust in wheat. Iranian Journal of Crop Sciences, 3: 397-407 (In Persian).
14. Golparvar, A.R., I. Majidi-Haravan, F. Darvish, A.M. Rezaie and A. Ghasemi Pirbalouti. 2004. Genetic assessment of some morpho-physiological traits in bread wheat under drought stress conditions. Pajouhesh & Sazandegi, 62: 90-95 (In Persian).
15. Guardiola, J.M., O. Perez and L. Diaz. 1987. Effect of chlorine and potassium on combustibility from fine plantations. Tobacco, 10: 29-43.
16. Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1982. Quantitative Genetic in Maize Breeding. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. 680 pp.
17. Hatami Maleki, H., Gh. Karimzadeh, R. Darvishzadeh and R. Alavi. 2012. Genetic variation of oriental tobaccos using multivariate analysis. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(1): 100-106 (In Persian).
18. Honarnejad, R., M. Shoai Deylami and M. Mesbah. 2001. Genetics of resistance to blue mould (*Peronospora tabacina* Adam) of tobacco. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 5(2): 65-74 (In Persian).
19. Hosseinzadeh Fashalami, N., Z. Shahadati Moghaddam, Gh. Kiani, M.R. Salavati, P. Zamani, A.R. Mahdavi and R. Alinejad (2015). Investigation of genetic diversity among different oriental tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) varieties using multivariate methods. Journal of Crop Breeding, 7(15): 126-134 (In Persian).
20. Juan, R. and N. del Castillo. 1986. Irrigation water management and chemical and physical characteristics of covered dark tobacco. Riego y Drenaje, 9: 71-83.
21. Kamalizadeh, M., A.H. Hosseinzadeh and H. Zeinali Khaneghah. 2013. Evaluation of inheritance for some quantitative traits in bread wheat using generation means analysis under water deficit condition. Iranian Journal of Crop Sciences, 44(2): 317-326 (In Persian).

22. Karami, E., S.H. Sabagh Pur, M.R. Naghavi and M. Taeeb. 2011. Genetic analysis of earliness in chickpea (*Cicer arietinum* L.) using generation mean analysis. Iranian Journal of Pulses Research, 2(2): 63-68 (In Persian).
23. Karami, E. 2011. Genetic analysis of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) using generation mean analysis. Journal of Crop Sciences, 42(1): 165-182 (In Persian).
24. Kearsey, M. and H.S. Pooni. 1996. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. London: Chapman and Hall, 381 pp.
25. Kiani, Sh., N. Babaeian Jelodar, Gh. Ranjbar, S. K. Kazemitabar and M. Nowrozi. 2015. The genetical evaluation of quantitative traits in rice (*Oryza sativa* L.) by generation mean analysis. Journal of Crop Breeding, 7(15): 105-114 (In Persian).
26. King, M.J. 1990. Tobacco. In: Stewart, B.A. and D.R. Nielsen, editors. Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy Series, vol. 30. Madison (WI): American Society of Agronomy Inc. pp: 811-833.
27. Lamprecht, M.P., F.J. Shaw, C.J.H. Pretorius, A.H. Botha, M.C. Beer and J.G. Nel. 1979. The effect of spacing and topping on some quality components of low-profile flue-cured tobacco. Agroplanta, 11: 35-39.
28. Lamprecht, M.P. and A.H. Botha. 1975. Genetic basis of chlorine concentration in flue-cured tobacco. Agroplanta, 7: 25-30.
29. Lamprecht, M.P. and C.J. Steenkamp. 1972. Difference in chlorine content of flue-cured tobacco cultivars. Agroplanta, 4: 69-72.
30. Lande, R. 1981. The minimum number of genes contributing to quantitative variation between and within populations Genetics, 95: 541-553.
31. Mahmud, I. and H. Krammer. 1951. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. Agronomy Journal, 43: 605-609.
32. Mather, K. and T.L. Jinks. 1982. Biometrical Genetics. 3rd edition. Chapman & Hall. London, 396 pp.
33. McEvoy, E.T. 1957. The growth and mineral content of flue-cured tobacco as influenced by reaction of nutrient solutions with ionic forms of nitrogen Canadian Journal of Soil Science, 37: 79-83.
34. Mohammadi, M., S.S. Ramzanpour, S. Navabpour, H. Soltanloo, M. Kalate Arabi and Sh. Kia. 2012. Study on inheritance of resistance to Septoria tritici Blotch of wheat by generation means analysis. Journal of Plant Production, 19(4): 1-18 (In Persian).
35. Mostafavi, K.H., A.H. Hosseinzadeh, H. Zeinali Khaneghah and M. Khalou Bagheri. 2005a. Genetics of resistance to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in bread wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36(2): 341-351 (In Persian).
36. Mostafavi K.H., A.H. Hosseinzadeh and H. Zeinali Khaneghah. 2005b. Genetic analysis of yield and correlated traits in bread wheat (*Triticum aestivum*). Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36(1): 187-197 (In Persian).
37. Myhre, D.L., O.J. Attoe and W.B. Ogden. 1956. Chlorine and other constituents in relation to tobacco leaf-burn. Soil Science, 20: 547-551.
38. Nakhjavan, S., M.R. Bihamta, F. Darvish, B. Sorkhi and M. Zahravi. 2012. Heritability of agronomic traits in the progenies of a cross between two drought tolerant and susceptible barley genotypes in terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 14(2): 136-154 (In Persian).
39. Provost, A. 1959. Technique du Tabac. Lausanne: Holiographic S.A. 331 pp.
40. Rabiei, B. and A. Ghorbanipour. 2011. Assessment of gene action and heritability of important agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.) using generation mean analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 13(2): 408-423 (In Persian).
41. Reisenauer, H.M. and W.E. Colwell. 1950. Some factor affecting the absorption of chlorine by tobacco. Soil Science, 15: 222-229.
42. Ren, N. and M.P. Timko. 2001. ALFP analysis of genetic polymorphism and evolutionary relationships among cultivated and wild *Nicotiana* species. Genome, 44: 559-571.
43. Shapiro, S.S. and M.B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality. Biometrika, 52: 591-599.
44. Singh, R.P. and S. Singh. 1992. Estimation of genetic parameters through generation mean analysis in bread wheat. Indian Journal of Genetics, 52: 369-375.
45. Stansfield, W.D. 1991. Theory and Problems in Genetics. McGraw-Hill. 452 pp.
46. Warnner, J.N. 1952. A method for estimating heritability. Agronomy Journal, 44: 427-430.
47. Williamson, R.E. and J.F. Chaplin. 1981. Levels of chemical constituents in cured leaves of four burley tobacco cultivars according to stalk position. Tobacco Science, 25: 75-78.
48. Yang, B.C., B.G. Xiao, X.J. Chen and C.H. Shi. 2007. Assessing the genetic diversity of tobacco germplasm using inter simple sequence repeat and inter-retrotransposon amplification polymorphism markers. Annals of Applied Biology, 50: 393-40.

Study on Genetic of Chlorine Accumulation in Leaves of Oriental Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

Reza Darvishzadeh¹, Mir Javad Mousavi Andazghi² and Amir Fayyaz Moghaddam³

1- Professor, Urmia University, (Corresponding author: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)

2 and 3- Graduated M.Sc. Student and Associate Professor, Urmia University

Received: December 4, 2015

Accepted: June 1, 2016

Abstract

Chlorine as a micronutrient has a positive effect on the quality of tobacco leaves. However, the more chlorine has adverse effects on tobacco quality. To study the genetic accumulation of chlorine in leaves of oriental tobacco, each of the two lines 'Basma 16-10' and 'SPT 406' with the low accumulation of chlorine were crossed separately with Basma S. 31 with the high accumulation of chlorine. Parents of each cross together with F₁, F₂, BC₁ and BC₂ generations were evaluated for chlorine accumulation in a randomized complete block design with 3 replications under field condition. Analysis of variance showed a significant difference between generations for accumulation of chlorine in leaves. Therefore, generation mean analysis was performed to estimate gene actions using Chi-square and scaling tests. The Chi-square of simple three-parametric model (additive- dominance model) was significant for studied crosses that indicate the presence of non-allelic interaction in the inheritance of property of accumulation of chlorine in leaves. In 'Basma S. 31 × Basma 16-10' cross, the best model to explain the inheritance of chlorine accumulation is 5-parameters model with [m], [h], [i], [j] and [l] components. High and significant value of [h] compared to [d] show the importance of dominance effect in controlling trait. In 'SPT406 × Basma S. 31' cross, 4-parameters model with [m], [d], [i], and [l] components is the best model. The presence of [d] and [i] in the absence of [h] suggest the importance of additive genetic effects in control of chlorine. So we can say that the mechanisms involved in the accumulation of chlorine are different in studied genotypes. So, different breeding strategies are necessary to selection and modification of genotypes with low chlorine accumulation in segregation populations.

Keywords: Chlorine accumulation, Generation mean analysis, Genetic diversity, Oriental tobacco