

# تجزیه علیت آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم

عزت الله فرشادفر

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ پذیرش مقاله: ۲۸/۴/۹۹

## خلاصه

لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم کاپله در زمینه ژنتیکی گندم بهاره چینی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی برای مدت سه سال در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه مورد آزمایش قرار گرفتند. داده‌های مربوط به عملکرد دانه و اجزاء عملکرد بر اساس این مفهوم که اجزاء عملکرد به ترتیب و در مراحل مختلف تکامل گیاه بوجود می‌آیند و نیز با این فرض که می‌توان منابع محیطی را به سه گروه مستقل از هم تفکیک نمود، مورد تجزیه قرار گرفتند. سپس آثار متقابل ژنوتیپ و محیط بوسیله سه جزء ضریبی که مرکب از سه جزء ژنوتیپی و سه جزء محیطی است، ارائه گردیدند. این اجزاء بوسیله تجزیه ضریب علیت برآورد شدند. نتایج نشان داد که سهم نسبی تعداد دانه در سنبله (۷۲) در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بیشتر از سهم نسبی تعداد سنبله در بوته (۷۱) و وزن دانه (۷۳) می‌باشد. همچنین مشاهده شد که حساسیت تعداد دانه در سنبله به تغییرات محیطی (۲۲) کمتر از دو جزء دیگر (۲۱) است بنابراین نقش بیشتری در پایداری فنوتیپی گندم در شرایط این آزمایش دارد. تجزیه لاینهای جایگزینی نشان داد که بیشتر ژنهایی که سهم نسبی تعداد دانه در سنبله (۷۲) در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را کنترل می‌کنند بر روی لاین جایگزین شده کروموزومی ۶A قرار دارند، و علاوه بر این لاین از عملکرد (W) قابل ملاحظه‌ای نیز برخوردار است. لذا توصیه می‌شود که برای اصلاح همزمان عملکرد و پایداری عملکرد در گندم از کروموزوم ۶A استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: محل کروموزومی ژن، تجزیه علیت، آثار متقابل ژنوتیپ و محیط، لاینهای جایگزین شده کروموزومی

## مقدمه

پژوهشگران علم ژنتیک و اصلاح نباتات اخیراً توجه خود را بر روی عواملی متمرکز نموده‌اند که سهم عمده‌ای در آثار متقابل ژنوتیپ و محیط دارند. لذا مقالات زیادی پیرامون روشهای مقایسه تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ و محیط ارائه شده است (۱، ۲، ۳ و ۷). روشهای آماری چند متغیره نیز بعنوان روشهای مفیدی برای مطالعه آثار متقابل ژنوتیپ و محیط پیشنهاد شده‌اند (۲ و ۴). از آن میان

می‌توان روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی<sup>۱</sup>، تجزیه الگو<sup>۲</sup>، تجزیه خوشه‌ای<sup>۳</sup> و تجزیه AMMI<sup>۴</sup> را نام برد (۲، ۴، ۵ و ۷). گرافایوس و توماس (۶) در سال ۱۹۷۱ روش دیگری را برای مطالعه آثار متقابل ژنوتیپ و محیط ارائه نمودند. آنان بیان داشتند که ظهور یک صفت اقتصادی در یک گیاه زراعی نتیجه یک سری فعالیت‌های فیزیولوژیکی در طول دوره رشد آن است. این گونه صفات را معمولاً "صفات پیچیده (مرکب) گویند. هر یک از اجزاء این صفت

1 - Principal Component Analysis

2 - Pattern analysis

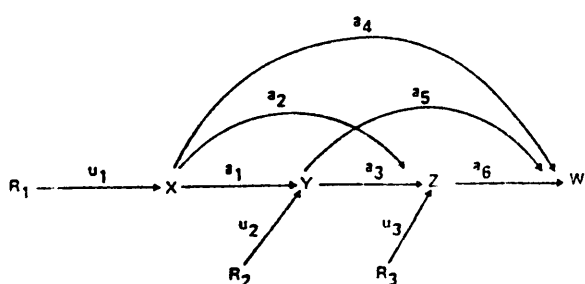
3 - Cluster Analysis

4 - Additive Main Effect and Multiplicative Interactions (AMMI)

تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و سپس با استفاده از مدل تای (۹) و (۱۰)، گرافایوس و توماس (۶) و تجزیه علیت رایت (۱۲) سهم هریک از اجزاء عملکرد را در آثار متقابل ژنوتیپ و محیط تعیین نمودیم. در این مدل فرض بر آن است که اولاً "ترتیب تاریخی رشد اجزاء عملکرد از X (تعداد سنبله در بوته) به Y (تعداد دانه در سنبله) به Z (وزن دانه) می باشد و عملکرد (W) از حاصلضرب این اجزاء بدست می آید، یعنی  $W = X.Y.Z$  می باشد. و ثانیاً "فرض بر آن است که منابع محیطی را می توان به سه گروه مستقل تحت عنوان  $R_1, R_2, R_3$  تجزیه کرد و هر گروه سبب تقویت رشد اجزاء تشکیل دهنده صفت در طول تکامل رشد میشود. نمودار علیت با استفاده از سیستم WXYZ در شکل ۱ نشان داده شده است.

به منظور پی بردن به رابطه این سه گروه محیطی مستقل از تجزیه علیت (۹، ۱۰، ۱۱) استفاده شده است. فرض کنید که  $\rho_{zw}, \rho_{yw}, \rho_{xw}, \rho_{yz}, \rho_{xz}, \rho_{xy}$  ضرائب همبستگی بین اجزاء تشکیل دهنده عملکرد و خود عملکرد و  $a_1$  تا  $a_4$  ضرائب علیت مربوطه هستند. با توجه به این مفاهیم خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \rho_{xy} &= a_1 \\ \rho_{xz} &= a_1 + a_1 a_2 \\ \rho_{yz} &= a_2 + a_1 a_2 \quad (1) \\ \rho_{xw} &= a_1 + a_1 a_2 + a_2 a_3 + a_1 a_2 a_3 \\ \rho_{yw} &= a_2 + a_1 a_2 + a_2 a_3 + a_1 a_2 a_3 \\ \rho_{zw} &= a_3 + a_2 a_3 + a_2 a_3 a_4 + a_1 a_2 a_3 a_4 \end{aligned}$$



شکل ۱- نمودار علیت که نشان دهنده رابطه بین عملکرد (W) و ترتیب تکوینی رشد اجزاء عملکرد (از X به Y به Z) میباشد. در این نمودار  $a_1$  تا  $a_4$  ضرائب علیت و  $R_1, R_2, R_3$  منابع محیطی مستقل از هم هستند.

مرکب ممکن است تحت تاثیر ژنوتیپ، محیط و یا آثار متقابل آنها قرار گیرد. طبق نظر این پژوهشگران عملکرد گیاهان زراعی یک صفت پیچیده است که اجزاء تشکیل دهنده آن در طول تکامل رشد گیاه بصورت تکوینی و در طول زمان بوجود می آیند، بدینصورت که مثلاً "در گندم ابتدا تعداد سنبله در گیاه (X)، سپس تعداد دانه در سنبله (Y) و بالاخره وزن دانه (Z) بوجود می آید و عملکرد (W) حاصلضرب این اجزاء است. نظر به اینکه اجزاء عملکرد در طول تکامل رشد گیاه حاصل می شوند، لذا عوامل محیطی آثار متفاوتی بر روی آنها دارند. در این مقاله سعی بر آن است که با توجه به مفهوم رشد تکوینی اجزاء عملکرد (۶)، مدل پیشنهادی تای (۹، ۱۰) و تای - همکاران (۱۱) و تجزیه علیت<sup>۱</sup> رایت (۱۲) آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در لاینهای جایگزینی گندم مورد تحلیل قرار گیرد و سهم هرصفت در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط مشخص شود و بعلاوه محل کروموزومی ژنهای کنترل کننده آنها مشخص گردد.

### مواد و روشها

با استفاده از ۱۹ لاین جایگزین شده کروموزومی (۲A) و ۲B در دسترس نیستند) گندم که در آن یک جفت کروموزوم از گندم کاپله (دهنده کروموزوم) به زمینه ژنتیکی گندم بهاره چینی (گیرنده کروموزوم) اضافه شده است، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی برای مدت ۳ سال بصورت زیر انجام شده است.

از هر لاین جایگزین شده کروموزومی سه عدد بذر در داخل گلدانهای پلاستیکی  $30 \times 30 \times 30$  سانتی متر، حاوی ۴ کیلوگرم خاک، کشت شد. آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی انجام شد. در سال اول از زمان کاشت تا برداشت گلدانها به مقدار مورد نیاز آبیاری کامل شدند، در سال دوم گیاهان قبل از گلدهی تا ظهور سنبلهها حدوداً یک هفته و در سال سوم از زمان ظهور سنبلهها تا برداشت معرض تنش آبی قرار گرفتند. در طول دوره رشد دامنه تغییرات درجه حرارت و طول روز به ترتیب ۲۴-۱۴ درجه سانتی گراد و ۱۳/۵-۱۵/۵ ساعت در نظر گرفته شد. پس از برداشت چهار صفت تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و عملکرد بوته در هر گلدان اندازه گیری شد. ابتدا عملکرد گیاهان در معرض

عملکرد ژنوتیپ نام است.

فرمول بالا یک مدل ریاضی جدید برای عملکرد مشاهده (W<sub>ij</sub>) می‌باشد. این مدل شامل اثر میانگین ژنوتیپی (μ<sub>wij</sub>)، سه جزء ضربی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط (شامل سه جزء ژنوتیپی V<sub>1i</sub>، V<sub>2i</sub>، V<sub>3i</sub> و سه جزء محیطی Γ<sub>1ij</sub>، Γ<sub>2ij</sub>، Γ<sub>3ij</sub>) و جزء اشتباه (e<sub>ij</sub>) می‌باشد.

هر یک از سه جزء ژنوتیپی سهم اجزاء X، Y و Z در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و هر یک از سه جزء محیطی نیز سهم این اجزاء را در محیط مشخص می‌کنند.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم در سه رژیم مختلف آبی در جدول ۱ آمده است. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاینهای جایگزینی تفاوت بسیار معنی‌دار را بین لاینهای جایگزینی گندم، محیطها و آثار متقابل ژنوتیپ و محیط نشان داد. نظر به اینکه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار است، لذا با استفاده از تجزیه علیت و مدل‌های بیان شده، علت معنی‌دار بودن آن و سهم هر یک از صفات در این اثر متقابل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

میانگین عملکرد دانه و اجزاء ژنوتیپی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم کایله (CD) در زمینه ژنتیکی گندم بهاره چینی (CS) در جدول ۲ نشان داده شده است.

دامنه تغییرات میانگین عملکرد در سه محیط ۲/۹۲ برای

جدول ۱ - تجزیه مرکب لاینهای جایگزین شده کروموزومی در سه رژیم مختلف آبی.

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات
محیط	۲	۶۴۸/۲۹***
تکرار در محیط	۶	۴/۴۹
لاینهای جایگزینی	۲۰	۶/۵۵***
لاینهای جایگزینی × محیط	۴۰	۵/۵۴***
خطا	۱۲۰	۱/۹۵

\*\*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ضرائب علیت شش گانه را میتوان با حل معادلات همزمان و به

شرح زیر بدست آورد.

$$A = \Delta^{-1} \rho \quad (2)$$

$$A^{-1} = (a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ a_5 \ a_6) \quad \text{در این معادله:}$$

$$\rho = (\rho_{xy} \ \rho_{xz} \ \rho_{yz} \ \rho_{xw} \ \rho_{yw} \ \rho_{zw})$$

و ماتریس Δ نیز به صورت زیر است:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 1 & \rho_{xy} & 0 & 0 & 0 \\ & & \rho_{xy} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \rho_{xy} & \rho_{xz} \\ 0 & 0 & 0 & \rho_{xy} & 1 & \rho_{yz} \\ 0 & 0 & 0 & \rho_{xz} & \rho_{yz} & 1 \end{vmatrix}$$

U<sub>1</sub>، U<sub>2</sub> و U<sub>3</sub> بر ترتیب ضرائب علیت از R<sub>1</sub> به R<sub>3</sub>، از X،

به Y<sub>1</sub> و از R<sub>4</sub> به Z می‌باشد، که عبارتند از:

$$U_1 = \pm 1$$

$$U_2 = \pm (1 - a_1^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$U_3 = \pm (1 - a_1 \rho_{xy} - a_3 \rho_{yz})^{1/2}$$

این ضرائب با توجه به مقیاسی که در سیستم بکار می‌رود می‌توانند مثبت و یا منفی باشند. در اینجا از ضرائب مثبت استفاده شده است. اگر W، R<sub>1</sub>، R<sub>2</sub> و R<sub>3</sub> به ترتیب نشان دهنده عملکرد و سه رژیم مختلف آبی باشند، در آن صورت خواهیم داشت:

$$W = V_1 r_1 + V_2 r_2 + V_3 r_3 + e \quad (4)$$

در این فرمول، V<sub>1</sub>، V<sub>2</sub> و V<sub>3</sub> ضرائب علیت از R<sub>1</sub>، R<sub>2</sub> و R<sub>3</sub> به عملکرد (W) و e اثر باقی مانده است.

ضرائب علیت V<sub>1</sub>، V<sub>2</sub> و V<sub>3</sub> را می‌توان با فرمولهای زیر بدست آورد.

$$V_1 = U_1 (a_4 + a_1 r_1 a_5 + a_2 a_6 + a_1 a_3 a_4) = U_1 \rho_{xw}$$

$$V_2 = U_2 (a_2 a_4 + a_5) \quad (5)$$

$$V_3 = U_3 a_4$$

اگر m ژنوتیپ در n محیط مورد آزمایش قرار گیرند، در آن صورت عملکرد ژنوتیپ نام در محیط نام را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

$$W = \mu_{wi} + V_{1i} r_{1j} + V_{2i} r_{2j} + V_{3i} r_{3j} + e_{ij} \quad (6)$$

در این فرمول V<sub>gi</sub> = V<sub>gi</sub> σ<sub>wi</sub> برای g = 1, 2, 3 و σ<sub>wi</sub> واریانس

جدول ۲- میانگین عملکرد و اجزاء ژنوتیپی ( $V_1, V_2, V_3$ ) آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در لاینهای جایگزینی گندم

$V_3$	$V_2$	$V_1$	میانگین	لاینهای جایگزین شده کروموزومی
۵/۱۲	۷/۵۶	۵/۵۰	۵/۴۷	۱A
۰/۹۲	۱/۳۶	۰/۹۹	۳/۴۵	۳A
۲/۲۶	۳/۳۴	۲/۴۳	۳/۴۶	۴A
۴/۶۱	۶/۸۱	۴/۹۵	۴/۴۹	۵A
۱۲/۲۴	۱۸/۰۶	۱۳/۱۴	۶/۱۴	۶A
۰/۸۹	۱/۳۲	۰/۹۶	۴/۷۸	۷A
۵/۸۶	۸/۶۵	۶/۲۹	۵/۴۴	۱B
۴/۲۹	۶/۳۴	۴/۶۱	۴/۶۸	۳B
۵/۷۶	۸/۵۱	۶/۱۹	۵/۳۸	۴B
۴/۴۱	۶/۵۲	۴/۷۴	۴/۸۱	۵B
۸/۱۸	۱۲/۰۷	۸/۷۸	۴/۴۹	۶B
۵/۷۳	۸/۴۵	۶/۱۵	۴/۸۹	۷B
۷/۴۵	۱۱/۰۰	۸/۰۰	۵/۳۷	۱D
۶/۴۲	۹/۴۷	۶/۸۸	۴/۵۷	۲D
۲/۵۸	۳/۹۶	۲/۸۸	۴/۳۳	۳D
۱/۸۹	۲/۷۹	۲/۰۳	۲/۹۳	۴D
۷/۳۹	۱۰/۹	۷/۹۳	۴/۴۷	۵D
۳/۳۱	۴/۸۹	۳/۵۶	۴/۵۸	۶D
۶/۳۱	۹/۳۲	۶/۷۷	۴/۹۸	۷D
۸/۳۸	۱۲/۰۵	۸/۴۹	۵/۹۴	CD
۶/۳۷	۹/۳۶	۶/۸۱	۵/۵۷	CS

دهنده آن است که تعداد دانه در سنبله سهم بیشتری نسبت به تعداد سنبله در بوته و وزن دانه در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط دارد. در بین لاینهای جایگزینی بیشترین مقدار  $V_3$  متعلق به لاین جایگزین شده کروموزومی ۶A است ( $V_3 = 18/06$ ). این مطلب نشان می‌دهد که ژنهای کنترل کننده مقدار  $V_3$  بیشتر بر روی کروموزوم ۶A متمرکز هستند و لذا در برنامه‌های اصلاح نباتات می‌توان با استفاده از تکنیکهای مهندسی کروموزوم نسبت به انتقال این کروموزوم به گونه‌های زراعی اقدام نمود.

مطلب دیگر آنکه بیشترین عملکرد نیز متعلق به لاین جایگزین شده کروموزومی ۶A است. این امر دلالت می‌کند بر اینکه

لاین ۴D تا ۶/۱۴ برای لاین ۶A متغیر بود. با توجه به میانگین عملکرد لاینهای ۱A، ۶A، ۱B، ۴B و ۱D در مقایسه با میانگین عملکرد لاینهای CD (دهنده) و CS (گیرنده) می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین میانگین عملکرد در سه رژیم مختلف آبی متعلق به لاینهای جایگزین شده کروموزومی ۱A، ۶A، ۱B، ۴B و ۱D می‌باشد. مقایسه سه جزء ژنوتیپی  $V_1$ ،  $V_2$  و  $V_3$  نشان می‌دهد که کلیه لاینهای جایگزین شده کروموزومی دارای مقادیر مثبت و بالای جزء ژنوتیپی  $V_3$  در مقایسه با اجزاء ژنوتیپی  $V_1$  و  $V_2$  می‌باشند. در لاینهای با عملکرد بالا نیز جزء ژنوتیپی  $V_3$  دارای سهم بیشتری در متغیر ژنوتیپ و محیط از سایر اجزاء است. این مطلب نشان

جدول ۳- برآورد سه جزء محیطی  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_3$  در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط لاینهای جایگزین شده کروموزومی گندم

محیط (رژیمهای مختلف آبی)	$T_1$	$T_2$	$T_3$
آبیاری کامل	۱/۶۱	۰/۰۳	-۰/۸۵
تنش قبل از گلدهی	-۰/۷۱	۰/۰۸	۰/۰۹
تنش بعد از گلدهی	۰/۴۸	-۰/۱۶	-۰/۷۹

آن بود که سه عامل مشترک یعنی سه جزء محیطی  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_3$  وجود دارد که بیشتر واریانس ژنوتیپهای مورد آزمایش در طول محیطهای مختلف را توضیح می‌دهند.

فرض سه فاکتور مشترک و تعیین سه بار فاکتورها برای هر ژنوتیپ که در واقع ضرائب علیت  $V_1$ ،  $V_2$  و  $V_3$  بود همگی بر مبنای ترتیب تاریخی رشد اجزاء عملکرد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در این تجزیه نیازی به دوران فاکتورها نبود، زیرا موقعیت سه فاکتور با فرض رابطه علیت بین عملکرد و اجزاء آن مورد توجه قرار گرفت. موفقیت این روش بستگی دارد به اعتبار طرح رابطه علیت و اینکه آیا سه جزء محیطی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در بین کلیه ژنوتیپها مشترک هستند یا خیر؟

در بین اجزاء عملکرد، جزء  $Y$  (تعداد دانه در سنبله) سهم بیشتری در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و بعلاوه نقش بیشتری در افزایش عملکرد دارد.

با توجه به اینکه پایداری عملکرد و اجزاء تشکیل دهنده آن دارای کنترل ژنتیکی هستند و نتایج حاصل از تجزیه لاینهای جایگزینی در این آزمایش نشان داد که بیشتر ژنهای کنترل کننده  $Y$  و نیز  $W$  بر روی  $6A$  قرار دارند، لذا استفاده از این لاین برای افزایش همزمان عملکرد و پایداری فوتوتیپی پیشنهاد می‌شود. و بعلاوه هر قدر مقدار  $T$  برای صفتی بیشتر باشد بدین معناست که آن صفت بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی بوده و پایداری کمتری دارد. نظر به آنکه مقدار  $T_3$  در هر سه محیط پایین بود، این مطلب نشان می‌دهد که حساسیت صفت  $Y$  (تعداد دانه در سنبله) به عوامل محیطی کم بوده و لذا پایداری و سازگاری آن بیشتر است و لذا به منظور اصلاح سازگاری، و در صورت تأیید نتایج این آزمایش در شرایط مزرعه، می‌توان آن صفت را در برنامه‌های انتخاب برای سازگاری مورد توجه قرار داد.

بالا بردن و افزایش  $V_3$  سبب افزایش مقدار عملکرد و پایداری بیشتر آن در محیطهای متفاوت است.

برآورد سه جزء محیطی  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_3$  در سه سال (سه رژیم مختلف آبی) در جدول ۳ نشان داده شده است.

اجزاء محیطی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط نشان می‌دهد که در هر سه محیط قدر مطلق  $T_1$  از  $T_2$  و  $T_3$  بیشتر است (بجز  $T_3$  در محیط سوم). و بعلاوه تغییرات  $T_1$  نیز بیشتر از  $T_2$  و  $T_3$  است. مقایسه دو جزء محیطی  $T_1$  و  $T_2$  نشان می‌دهد که تغییرات  $T_1$  بیشتر از  $T_2$  است. این مطالب نشان دهنده آن است که حساسیت دو صفت  $X$  (تعداد سنبله در بوته) و  $Z$  (وزن دانه) به تغییرات محیطی بیشتر از صفت  $Y$  (تعداد دانه در سنبله) است. لذا بالا بودن مقدار عملکرد لاین  $6A$  و نیز زیاد بودن جزء ژنوتیپی  $V_3$  در آن مؤید ثبات بیشتر  $Y$  در برابر تغییرات محیط است. بالا بودن  $T_3$  ( $T_3 = -0.79$ ) در محیط سوم یعنی تنش بعد از گلدهی نشان دهنده آن است که وقوع تنش در طول دوره دانه بستن، وزن دانه را بیشتر از سایر اجزاء در معرض خسارت قرار می‌دهد.

تای (۱۰) در سال ۱۹۷۹ سازگاری اجزاء عملکرد در سیب‌زمینی را با روش تجزیه علیت مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که برآورد  $T_3$  بزرگتر و متغیرتر از  $T_1$  و  $T_2$  در محیطهای مختلف بود. همچنین تای و همکاران (۱۱) در سال ۱۹۹۴ با استفاده از تجزیه علیت شاخص حساسیت به حرارت را برای اجزاء عملکرد در سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که جزء محیطی  $T_3$  بزرگتر از سایر  $T$ ها بود.

نتیجه نهایی آنکه روشی که در اینجا ارائه شد کاربرد تجزیه به عاملهاست. در تجزیه عاملها سعی بر آن است که با استفاده از ماتریس کوواریانس یا کورولاسیون گروهی از متغیرها آنها را بوسیله تعداد کمتری فاکتورهای فرضی توضیح داد. فرض اصلی تجزیه فعلی

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

- ۱- فرشادفر. ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد اول، انتشارات دانشگاه رازی - کرمانشاه.
- ۲- فرشادفر. ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد دوم، انتشارات دانشگاه رازی - کرمانشاه.
3. Becker, H. C., and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding . *Plant Breeding*. 01:1-23
4. Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Adv. Agron.* 44:55-85.
5. Gauch, H. G. 1994. Statistical analysis of regional yield trials : AMMI analysis of factorial designs. *Cornel Uni. Press. Ithaca. USA.*
6. Grafius, J. E., and R. L. Thomas. 1971. The case for indirect genetic control of sequential traits and the strategy of deployment of environmental resources by the plant. *Heredity*. 27:433-442.
7. Lin, C. S., M. R. Binns, and L. P. Lefkovich. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26:894-900.
8. Lin, C. S., and M. R. Binns. 1994. Concepts and methods for analysing regional trial data for Cultivar and location selection. *Plant Breeding Review*. 72:271-297.
9. Tai, G. C. C. 1975. Analysis of genotype-environment interaction based on the method of path coefficient analysis. *Can. J. Genet. Cytol.* 17:141-149.
10. Tai, G. C. C. 1979. Analysis of genotype-environment interactions of potato Yield. *Crop Sci.* 19:434-438.
11. Tai, G. C. C., D. levy, and W. K. Coleman. 1994. Path analysis of genotype-environment interactions of potatoes exposed to increasing warm-climate. *Euphytica*. 75:49-61.
12. Wright, S. 1923. The Theory of path coefficients. *Genetics*. 8: 239-255.

**Path analysis of genotype-environment interactions  
in wheat substitution lines**

**E. FARSHADFAR**

Assistant prof., Department of Agronomy and plant Breeding,  
College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

Accepted Jun 30, 1999

**SUMMARY**

Wheat substitution lines of Cappelle into the genetic background of Chinese spring were tested in a completely randomized block design with three replications for three years in College of Agriculture, Razi University of Kermanshah. Data of grain yield and yield components were analyzed based on the concept that yield components are determined sequentially at different stages in the ontology of plants and the hypothesis that the environmental resources can be separated into the independent groups. The genotype-environment interaction is then represented by three multiplicative terms which are composed of three genotypic and three environmental components. These components were estimated using the method of path coefficient analysis. It was concluded that the relative contribution of the number of seed per spike ( $V_s$ ) in the genotype-environment interactions was higher than that of number of spike per plant ( $V_p$ ) and seed weight ( $V_w$ ). It was also observed that the sensitivity of number of seed per spike to the environmental fluctuations ( $r_s$ ) was less than that of the other two components ( $r_p$  and  $r_w$ ) and hence play more important role in the phenotypic stability of wheat. Substitution analysis showed that most of the genes controlling relative contribution of number of seed per spike ( $V_s$ ) in the genotype-environment interactions and grain yield ( $W$ ) are located on chromosome 6A. Therefore, it is recommended to use 6A chromosome to simultaneously improve yield and yield stability in wheat.

**Key Words:** Chromosomal location of gene, path analysis, genotype-environment interaction, substitution lines.