

## تجزیه و تحلیل داده‌ها در آزمایش‌های کشت مخلوط با تجزیه واریانس دو متغیره و مقایسه میانگین‌ها و رسم منحنی‌ها از طریق محورهای اریب

### Data Analysis of Intercropping Experiments by Bivariate Analysis Variance and Comparison of the Means and Drawing Graphs with Skew Axes

علیرضا بهشتی

دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۶

#### چکیده

بهشتی، ع. ۱۳۹۵. تجزیه و تحلیل داده‌ها در آزمایش‌های کشت مخلوط با تجزیه واریانس دو متغیره و مقایسه میانگین‌ها و رسم منحنی‌ها از طریق محورهای اریب. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲: ۱۷۱-۱۵۷.

ارزیابی صحیح اثر رقابتی بین گونه‌های گیاهی در کشت‌های مخلوط نیازمند روش‌های مطلوب تجزیه و تحلیل داده‌ها است. تراکم و نسبت گونه‌ها به عنوان دو عامل کلیدی نتایج کشت مخلوط را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مشکل اساسی روش سری جایگزینی (روش معمول برای ارزیابی کشت‌های مخلوط) نادیده گرفتن طبیعت دویعدی کشت مخلوط (حد اقل دو گونه و تراکم مستقل برای هر گونه) است. نتایج به دست آمده از روش رگرسیون خطی نیز مستقل از تراکم نیست و تراکم‌های متفاوت نتایج متفاوتی دارند. روش تجزیه واریانس یک متغیره و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون‌هایی مانند LSD یا چند دامنه‌ای دانکن قادر به بیان پاسخ هر یک از دو گونه زراعی در کشت مخلوط به تیمارهای مختلف به‌طور همزمان نیست. در مقابل روش تجزیه واریانس دو متغیره از دقت و حساسیت کافی برای این منظور برخوردار است زیرا اثر تیمارها بر هریک از گیاهان به عنوان جزئی از سیستم کشت، مستقل از گیاه دیگر نبوده و ذیل اثر متقابل با آن قرار می‌گیرد. بیان اثرها در این روش به کمک رسم محورهای اریب انجام می‌شود که زاویه دو محور بسته به بزرگی اثر و مثبت بودن یا منفی بودن اثرها برهم بین دو حالت، این زاویه بین حالت بسته و یا باز تغییر می‌کند. در این بررسی ضمن آشنایی با اصول و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره و نکات تشابه و افتراق آن با تجزیه واریانس یک متغیره، به چگونگی مقایسه میانگین‌ها، رسم شکل‌ها، و محدوده معنی‌داری و تفاوت میانگین‌ها با کمک برنامه تهیه شده (محورهای اریب)\* پرداخته شده است. برای کاربردی کردن برنامه با ارائه فایل ورودی یک صفت (عملکرد) و به تصویر کشیدن چند نمونه از مقایسه میانگین‌های صفات متفاوت در اثر تیمارهای متفاوت (تراکم و یا نسبت کاشت) در کشت مخلوط سورگوم و کنجد و نیز سورگوم و سویا تلاش شد، آشنایی و کاربرد روش تجزیه واریانس دو متغیره، نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها در کشت مخلوط و چگونگی تعیین زمینه همبستگی و ارتباط دو گونه برای یک تیمار مشخص و از جمله امکان بررسی همزمان دو عملکرد به دست آمده از یک کرت (کشت مخلوط) در یک تیمار مشخص فراهم شود.

واژه‌های کلیدی: کوواریانس، نرم‌افزار، رگرسیون، همبستگی، کشت مخلوط.

## مقدمه

در دهه گذشته تقاضا برای سرمایه‌گذاری هر چه بیشتر روی سیستم‌های کشت مخلوط افزایش یافته است. نیاز روزافزون به مواد غذایی ضرورت افزایش تولید محصولات زراعی را بیش از هر زمانی آشکار کرده است (Altieri and Liebman, 1986). با توجه به محدودیت و حتی کاهش اراضی مناسب برای تولید غذا، بالا بردن تولید الزاماً باید از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح انجام شود. از سوی دیگر پی‌آمدهای ناشی از مصرف نهاده‌ها به منظور افزایش بازده در واحد سطح نگرانی‌هایی را در نقاط مختلف جهان به همراه داشته است، بنابراین به نظر می‌رسد که بالا بردن کارایی استفاده از نهاده یا به عبارت دیگر افزایش عملکرد به ازاء واحد مصرف نهاده مناسب‌ترین روش برای حصول عملکرد بیشتر در واحد سطح باشد (Francis, 1989). کشت مخلوط یا توأم دو یا چند گونه زراعی در یک قطعه زمین قرن‌هاست که در نقاط مختلف جهان با موفقیت اجرا می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که سیستم‌های مخلوط قادرند که عملکرد در واحد سطح را در مقایسه با تک‌کشتی همان گونه‌ها در مخلوط افزایش دهند. مطالعات انجام شده در مورد مکانیزم افزایش عملکرد در سیستم‌های مخلوط مشخص ساخته است که این افزایش به دلیل بالا رفتن کارایی استفاده از نهاده‌ها در نتیجه اثر مکملی گونه‌ها با یک‌دیگر حاصل می‌شود.

به بیان دیگر گونه‌های مخلوط یا از منابع متفاوتی استفاده کرده و یا منابع مشترکی را در زمان و مکان متفاوت (Banik *et al.*, 2006؛ Hoyt, 1993؛ Fukai and Trenbath, 1993) با کارایی بیشتری نسبت به تک‌کشتی مورد استفاده قرار می‌دهند، بنابراین نظام‌های مخلوط قادرند تا عملکرد بیشتر در واحد سطح را به دلیل استفاده موثرتر از آب، نور و مواد غذایی، با حداقل مصرف نهاده‌ها در مقایسه با کشت‌های خالص امکان‌پذیر سازند (Midmore, 1993؛ Morris and Garrity, 1993).

گرایش عمومی به سمت سیستم‌های پایدار تولید، توسعه کشت‌های مخلوط را به دلیل حفاظت خاک و بهبود حاصلخیزی (Coolman and Hoyt, 1993)، ثبات عملکرد (Liebman and Davis, 2000)، کنترل علف‌های هرز (Banik *et al.*, 2006)؛ (Baumann *et al.*, 2000) و آفات و بیماری‌های گیاهی (Altieri and Liebman, 1986) از طریق برقراری روابط متقابل بین گونه‌ها در اکوسیستم‌های زراعی به خوبی توجیه می‌کند (Fukai and Trenbath, 1993). برای حفظ عملکرد بالا و ظهور محاسن کشت‌های مخلوط انتخاب گونه‌های مخلوط از نظر قابلیت مکملی آن‌ها در الگوی مصرف منابع و نیز نسبت اختلاط گونه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Banik *et al.*, 2006). بنابراین برای ارزیابی موفقیت یک مخلوط لازم است تا

چگونگی توزیع رقابت و اثر درون گونه‌ای و بین گونه‌ای را به صورت کمی از طریق استفاده از چندین آزمایش سری جایگزینی در محدوده‌ای از تراکم‌های مختلف و کشت‌های خالص هر یک از گونه‌ها به روش رگرسیون از طریق معادله معکوس خطی به دست آوردند و این روش را به عنوان راه حلی برای رفع مشکل سری جایگزینی گزارش کردند.

روش تجزیه واریانس یک متغیره و مقایسه چند دامنه‌ای دانکن که امروزه کاربرد زیادی در تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش‌های مخلوط دارد (Chew, 1976; Evans *et al.*, 1982)، توانایی بررسی پاسخ هر یک از گیاه زراعی و یا علف هرز به تیمارهای مختلف و معین اعمال شده در آزمایش را به صورت همزمان دارا نیست و چنین قابلیت را ندارد (Dear and Mead, 1983 a,b). یکی از روش‌های حساس و دقیق تجزیه و تحلیل آزمایش‌های مخلوط که چنین قابلیت را داراست، روش تجزیه واریانس دو متغیره است. گیلور و پیرس (Gilliver and Pearce, 1983) کاربرد تجزیه واریانس دو متغیره را برای اولین بار در کشت‌های مخلوط گیاهان زراعی توصیه نمودند و شمای گرافیکی این روش را طراحی کردند. این روش توانایی بررسی عکس‌العمل هر یک از گیاهان مخلوط به تیمارهای آزمایش را به صورت همزمان در یک شمای گرافیکی دارد. زمینه ارتباط ممکن بین دو کمیت به دست آمده

گونه‌های مختلف زراعی در نسبت‌های مختلف که معمولاً در قالب آزمایش‌های جایگزینی اجرا می‌شوند، با کشت‌های خالص همان گونه‌ها مورد مقایسه قرار گیرند. برای ارزیابی مزیت‌های مخلوط از نظر افزایش عملکرد روش‌های مختلفی توسعه یافته است که هر یک از نظر قدرت و کاربرد، ویژگی‌های خود را دارا هستند. روش‌های طراحی و تجزیه و تحلیل داده‌ها در کشت‌های مخلوط در تفسیر نتایج بسیار مهم هستند. تراکم و نسبت گونه‌ها در کشت مخلوط به عنوان دو عامل کلیدی نتایج کشت مخلوط را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مارشال و جین (Marshall and Jain, 1969) ثابت کردند که نتایج طرح سری جایگزینی مستقل از تراکم نیستند پس تراکم‌های مختلف نتایج متفاوتی در بر دارند. جولیف و همکاران (Joliffe *et al.*, 1984) اظهار داشتند که مشکل اساسی روش سری جایگزینی، نادیده گرفتن طبیعت دوبعدی داده‌ها (دو گونه) است. کوزنس (Cousens, 1988)، رجنمانک و همکاران (Rejmanek *et al.*, 1989)، روش و همکاران (Roush *et al.*, 1989) و وات کین سون (Watkinson, 1981) نیز بیان کردند که در آزمایش‌های سری جایگزینی نتایج به شکل تک بعدی ارائه می‌شود در حالی که سیستم مورد مطالعه در کشت‌های مخلوط و یا آزمایش‌های رقابتی دوبعدی است. جولیف و همکاران (Joliffe *et al.*, 1984) و نیز اسپیترز و کراف (Spitters and Kropff, 1989)

و ذکر جزئیات آن (جدول ۱) و نحوه کارکرد برنامه نرم‌افزار از این جدول و داده‌های به دست آمده آشنا می‌شویم. همچنین در قسمت بعد به منظور تفهیم چگونگی کارکرد برنامه برای رسم محورهای اریب و چگونگی مقایسه میانگین‌ها در کشت مخلوط و تجزیه و تحلیل میانگین‌های دو گونه به صورت توأم، با ارائه فایل داده‌های صفت ارتفاع برای این دو گونه به عنوان مثال حقیقی با چگونگی ورود داده‌ها برای استفاده نرم‌افزار محورهای اریب و نیز چگونگی رسم این محورها همراه با ذکر جزئیات، قسمت‌های مرتبط با ورودی‌ها و خروجی‌های برنامه مورد توجه قرار می‌گیرد. نرم‌افزار محورهای اریب (Skew Axis) همراه با برنامه Dos Box (برای اجرای برنامه QBASIC در محیط Windows) در وبگاه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به آدرس [www.spil.ir/spSPII/](http://www.spil.ir/spSPII/) جهت استفاده کاربران در دسترس است.

#### اصول کلی و چگونگی تجزیه واریانس دو

##### متغیره

دو هدف اصلی تجزیه واریانس شامل فراهم کردن تخمینی از تغییرات باقیمانده داده‌ها یا همان خطای آزمایش و نیز ارزیابی اهمیت مطلق و نسبی تیمارهای مختلف آزمایشی یا همان منابع تغییر است (Anonymous, 2002). در آزمایش‌هایی که فقط یک گونه (گیاه زراعی) مورد بررسی قرار می‌گیرد، فقط یک ستون از اعداد وجود دارد که با یک انحراف معیار

از هر یک از دو گیاه در هر واحد آزمایشی به صورت یک همبستگی مثبت یا منفی بروز می‌کند. در این روش تشکیل جدول تجزیه واریانس به روش معمول میسر نیست و باید از روش خاصی را برای محاسبه آماره F و درجه آزادی واریانس‌ها پیروی کرد (Dear and Mead, 1983 a,b); (Gilliver and Pearce, 1983).

دیرومید (Dear and Mead, 1983 a,b) ساختار و کاربرد رسم محورهای اریب به روش دو متغیره را به تفصیل مورد بررسی قرار داده و کاربرد آن را توصیه و ثابت کردند که حساسیت تیمارهای مورد تحقیق در این روش در این آزمایش‌ها افزایش می‌یابد. هدف از این بررسی تشریح اصول کلی و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره و همچنین ارائه برنامه کامپیوتری به زبان کویک بیسیک (QBASIC) برای بررسی چگونگی مقایسه میانگین‌ها در کشت مخلوط با استفاده از رسم محورهای اریب (Skew Axis) است. بدین منظور و به جهت کاربردی کردن تجزیه واریانس دو متغیره و همچنین رسم محورهای اریب در آزمایش‌های کشت مخلوط، با بهره‌گیری از اطلاعات و داده‌های به دست آمده از کشت مخلوط سورگوم و کنجد در نسبت‌ها و تراکم‌های مختلف اصول کلی و چگونگی تجزیه واریانس دو متغیره با ارائه جدول تجزیه واریانس دو متغیره برای صفت عملکرد زیست توده در کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و کنجد

جدول ۱- تجزیه واریانس دو متغیره ( میانگین مربعات و مجموع حاصلضرب ها ) برای عملکرد زیست توده دو محصول سورگوم و کنجد

Table 1. Bivariate analysis (SS, SSP) for biomass of sorghum and sesame

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	کنجد/کنجد		سورگوم/کنجد		محاسبه F	Calculated F
			SS (Y1)	SS (Y2)	مجموع حاصل ضربها SSP	F		
Replication	تکرار	3	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	77.18	T <sub>12</sub>	-722.40	167**
Planting rate	نسبت کاشت	2	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	545.20	T <sub>12</sub>	-331.50	5*
Density	تراکم	2	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	99.340	T <sub>12</sub>	271.12	132**
Planting rate × density	نسبت کاشت × تراکم	4	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	834.20	T <sub>12</sub>	-71.00	56**
Error	خطا	24	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	93.50	E <sub>12</sub>	379.00	

مربوط به مقادیر مجموع و میانگین مربعات تیمار و میانگین مربعات خطا برای هر یک از اجزای کشت مخلوط (یا دو گیاه رقیب در مطالعات رقابت)، و محاسبه مجموع حاصل ضربها (SSP) با نرم افزارهایی مانند SAS یا Genstat که از رویه مدل های خطی عمومی (GLM) و دستور تجزیه و تحلیل چند متغیره استفاده می کنند امکان پذیر است ولی چنان که گفته خواهد شد محاسبه مقدار F می تواند به شکل دستی انجام شود تا اطلاعات لازم برای رسم منحنی های با محورهای اریب فراهم شود. ابتدا در مورد محاسبات لازم برای تشکیل جدول تجزیه واریانس بحث می شود و در بخش بعدی آزمون های معنی داری آورده می شود.

در جدول تجزیه واریانس دو متغیره هدف پیدا کردن دو مجموع مربعات برای هر عملکرد زیست توده هر گونه SS1 (گونه اول در مثال

مقایسه می شوند و تشخیص حداکثر اختلافات در بین تیمارها و تعیین معنی داری این اختلافها به سادگی امکان پذیر است (آزمایش های یک متغیره یا Univariate). در آزمایش های کشت مخلوط با دو گیاه زراعی روبرو هستیم، لذا دو ستون از اعداد و دو انحراف معیار برای مقایسه اعداد دو ستون وجود دارد و مقایسه های به علت وجود همبستگی بین اعداد متناظر دو ستون (دو عدد به دست آمده از هر کرت هر یک مربوط به یک گیاه تحت تاثیر یک تیمار مشخص) پیچیده تر است. با این وصف جدول تجزیه واریانس دو متغیره کاملاً ساده بوده و آزمون های معنی داری به روال معمول با استفاده از آماره F همانند جدول تجزیه واریانس یک متغیره امکان پذیر است. اگر چه در این روش رعایت بعضی شرایط ویژه ضروری است (Dear and Mead, 1983a). تمام محاسبات

SSP می‌توان از معادله ۱ استفاده کرد که بر اساس محاسبه مجموع اعداد صفت مورد مطالعه (مثلاً عملکرد) دو گونه به دست می‌آید که در ذیل به آن پرداخته می‌شود. در خطوط برنامه ارائه شده در این مقاله (محورهای اریب Skew Axis) مقادیر  $SS(1)$ ،  $SS(2)$  و  $SSP$  محاسبه نمی‌شوند بلکه مقادیر مورد نیاز برای رسم محورها و دایره‌های مقایسه میانگین‌ها از طریق داده‌های ورودی است که یا در فایل داده‌های خام (داده‌های یک صفت مشخص مثل عملکرد یا ارتفاع) درج می‌شوند و یا ورودی‌هایی که در حین اجرای برنامه به صورت دستی وارد می‌شوند که در قسمت نمایش نمودار محورهای اریب و مقایسه میانگین‌ها به آن پرداخته می‌شود.

#### ۱- محاسبه SP از طریق تجزیه عملکرد کل

اولین مرحله به دست آوردن مجموع عملکرد کل ( $Y_3$ ) است  $Y_3 = Y_1 + Y_2$  است که با انجام تجزیه واریانس یک متغیره مقدار  $SS3$  محاسبه می‌شود. برای محاسبه  $SSP$  (مجموع حاصل ضرب‌ها) برای هر یک از منابع تغییر در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) از معادله ۱ استفاده می‌شود:

معادله ۱

$$SP(1,2) = (SS(3) - SS(1) - \frac{SS(2)}{2})$$

بدین معنی که مجموع مربعات دو متغیره

جدول ۱ گیاه سورگوم) و  $SS_2$  (گونه دوم در مثال جدول ۱ گیاه کنجد) و یک مجموع حاصل ضرب‌ها  $SSP$  برای هر یک از منابع تغییر است. این سه کمیت در یک ماتریس متقارن  $2 \times 2$  در نظر گرفته می‌شود که به آن ماتریس  $SSP$  اطلاق می‌شود و آزمون معنی‌داری معمول نیز برای آن انجام می‌شود. منظور از متقارن بودن این است که دو عدد واقع شده در قطر ماتریس مساوی مجموع حاصل ضرب‌ها هستند. دو مجموع مربعات با اندیس ۱ و ۲ و مجموع حاصل ضرب‌ها با اندیس ۱۲ مشخص می‌شود. به ازای هر یک از اجزای ماتریس  $SSP$  یک ماتریس مربعات خطا وجود دارد که به شکل  $E_1$  (مجموع مربعات خطا برای گیاه اول)،  $E_2$  (مجموع مربعات خطا برای گیاه دوم) و  $E_{12}$  (مجموع مربعات خطا برای حاصل ضرب‌ها). در ارتباط با هر  $SSP$  عدد دیگری وجود دارد که نشان‌دهنده درجه آزادی آن است برای  $E$   $SSP$  این عدد با  $e$  کوچک نشان داده خواهد شد. محاسبه  $SSP$  کار ساده‌ای است زیرا مجموع مربعات هر یک از گونه‌ها می‌تواند از جدول تجزیه واریانس یک متغیره اخذ شوند. هنگامی که دو محصول به صورت جداگانه تجزیه شوند فقط نیاز به محاسبات برای به دست آوردن مجموع حاصل ضرب‌ها است. ماتریس  $SSP$  را می‌توان با کمک نرم‌افزارهای آماری مانند SAS و استفاده از رویه  $GLM$  و دستور  $manova$  محاسبه کرد (Anonymous, 2011). برای محاسبه دستی

حاصل ضربها است. مقادیر  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_{12}$  نیز به ترتیب شامل مجموع مربعات تیمار مربوط به هر منبع تغییر در جدول ۱ هستند.

معادله ۳

$$F = (L - 1) \times (e/T)$$

برای محاسبه F جدول نیز درجه آزادی صورت دو برابر درجه آزادی منبع تغییر مورد نظر و درجه آزادی مخرج  $(e - 1) \times 2$  منظور می شود و e برابر درجه آزادی خطای آزمایش و T درجه آزادی بلوک یا تیمار مورد بررسی است.

در برنامه کامپیوتری مورد استفاده مقدار F به عنوان داده ورودی در زمان اجرای برنامه باید توسط کاربر وارد شود.

**INPUT "F. Table....."; F**

۲- نمایش نموداری داده های تجزیه واریانس

دو متغیره و مقایسه میانگینها

نمودار داده های دو متغیره نتایج عددی را بسیار واضح تر و سریع تر از یک جدول اعداد نشان می دهد. میانگین رسم شده برای هر اثر به صورت یک جفت عدد  $(X_1, X_2)$  است. رسم محورهای اریب و نمایش مقایسه میانگینها با تدوین یک برنامه کامپیوتری به زبان QBASIC تحت عنوان محورهای اریب (Skew Axis) از طریق محاسبات لازم بر اساس دو فرمول زیر انجام می شود. خطوط برنامه با تشکیل حلقه های مشخص (Loop) تعریف شده در برنامه مقادیر

اولیه از مجموع مربعات متغیر سوم یا عملکرد کل کسر شده سپس حاصل نصف می شود. خصوصیات مهمی که استفاده از این روش را در برنامه های کامپیوتری مناسب می سازد این است که نیازمند محاسباتی علاوه بر آنچه در مجموع مربعات معمول انجام می شود نیست، بنابراین هر برنامه ای که قادر به ایجاد جدول تجزیه واریانس یک متغیره باشد می تواند برای تشکیل جدول واریانس دو متغیره مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال یک جدول تجزیه واریانس دو متغیره (جدول ۱) برای محاسبات این سه جزء در یک آزمایش فاکتوریل در پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار (کشت مخلوط سورگوم و کنجد) برای صفت عملکرد زیست توده آورده می شود. در این آزمایش نسبت کاشت دارای سه سطح  $(۶۷:۳۳, ۵۰:۵۰, ۳۳:۶۷)$  و تراکم کاشت نیز دارای سه سطح است.

برای محاسبه F هر منبع تغییر ابتدا از طریق معادله ۲، مقدار L را محاسبه کرده و سپس از معادله ۳ چنانچه درجه آزادی تیمار یا بلوک از ۱ بزرگ تر باشد مقدار F به دست می آید.

معادله ۲

$$L = \frac{(T_1 + E_1) \times (T_2 + E_2) - (T_{12} + E_{12})^2}{(E_1 \times E_2) - E_{12}^2}$$

در معادله بالا  $E_1$  مجموع مربعات خطا برای گیاه اول،  $E_2$  مجموع مربعات خطا برای گیاه دوم و  $E_{12}$  (مجموع مربعات خطا برای

$Y_1$  و  $Y_2$  (معادله‌های ۴ و ۵) را از طریق داده‌های خام فایل ورودی (مثلاً داده‌های عملکرد دانه) که در آغاز اجرای برنامه نام و مسیر فایل را از کاربر به عنوان ورودی می‌خواهد، محاسبه می‌کند (جدول ۲).

جدول ۲- فایل ورودی برای صفت عملکرد دانه در کشت مخلوط سورگوم و سویا با فرمت ASCII  
Table 2. Data for seed yield in sorghum and soybean intercropping system with ASCII format

3, 3, 4, 1853156.844, 5611674.505, 1056792.7, 24  
1682.76 1998 1656.12 1407.48 2131.07 1962.22 2091.05 1992.11  
3023.73 2481.11 3047.07 2140 1610 1351.11 1771.11 1497.78  
3250 3082.65 3304.44 3296.09 870.23 886.88 1236.54 944.61  
2525.25 2376.51 1887 1930.29 1790 2332.28 2712.47 2431.22  
2911.11 3492.85 2384.44 2953.33 1446.28 1898.89 1877.78 1498.89  
4067.57 4082.22 3331.67 4139.84 993.45 1182.15 1408.59 1232.1  
2274.39 3255.46 2479.29 2396.49 3900.44 3976.5 3833.83 3889.37  
4705.68 4283.49 3787.78 2447.79 2687.78 3209.38 2108.89 2072.22  
4764.66 5870 4442.21 3445.55 1981.35 2063.5 1416.36 1619.38

عبارتند از:

سطح منبع تغییر یا متغیر اول (در این مثال نسبت کاشت و برابر ۳)، سطح منبع تغییر دوم (در این مثال تراکم و برابر ۳)، تعداد تکرار (در این مثال برابر ۴)،  $E_1, E_2, E_{12}$  که در این مثال به ترتیب برابر 1056792.7، 5611674.505 و 1853156.844 می‌باشند و در آخر n که درجه آزادی خطای آزمایش است.

خط دوم این فایل شامل داده‌های خام به دست آمده از آزمایش برای صفت مورد بررسی (عملکرد دانه سورگوم و سویا) است که به ترتیب از سمت چپ به راست شامل اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و اولین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در تکرار اول برای گونه زراعی اول (سورگوم) است. دومین داده در خط دوم اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و اولین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در

s: INPUT "Name of Data File

(D:[PATH]\FileName.Ext),"; da\$

معادله ۴

$$Y_1 = \frac{X}{\sqrt{V_1}}$$

معادله ۵

$$Y_2 = \frac{(X_2 - V_{12} X_1 / V_1)}{\sqrt{V_2 - V_{12}^2 / V_1}}$$

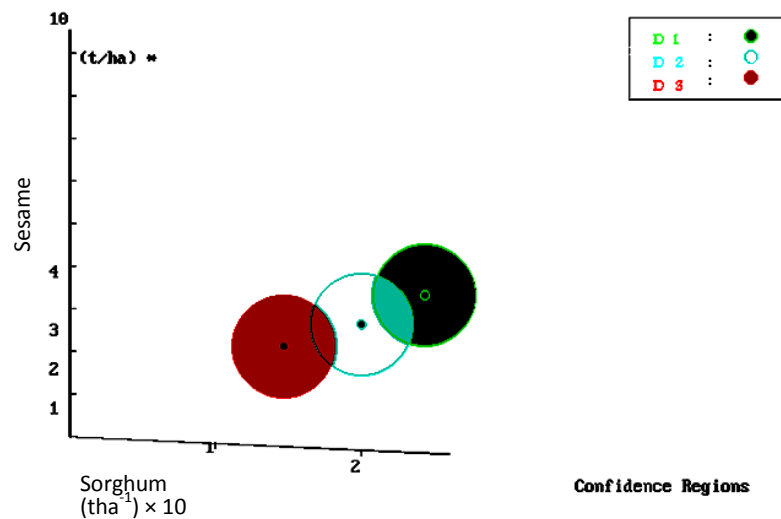
به عنوان مثال فایل داده‌های عملکرد دانه سورگوم و سویا به شکل زیرباید مرتب شود (به عنوان مثال فایل B1.DAT). این فایل در یک محیط ویراستاری متن با فرمت ASCII از قبیل notepad و یا WordPad همراه با پسوند EXT و به صورت DAT است. در خط اول این فایل به ترتیب و از چپ به راست داده‌های ورودی



تیمار برای هر گونه در بقیه تکرارها ادامه می یابد. این روند برای همه تیمارها در خطوط بعدی تکرار خواهد شد و در نهایت در خط آخر سومین سطح منبع تغییر اول و سومین سطح متغیر دوم در تکرار اول و سپس در بقیه تکرارها برای دو گونه به ترتیب در ادامه ثبت می شود.

$V_1, V_2$  و  $V_{12}$  به ترتیب از تقسیم  $E_1, E_2$  و  $E_{12}$  بر درجه آزادی خطا (e) به دست می آید. برای تست معنی داری میانگین ها مقادیر شعاع دایره ها بر اساس فرمول  $\sqrt{4F/NN}$  و  $\sqrt{2F/NN}$  به ترتیب برای مقایسه حوزه معنی داری هر میانگین ( $R_1$ ) یا منطقه اطمینان (شکل ۱) و مقایسات میانگین ها یا منطقه عدم معنی داری ( $R_2$ ) (شکل های ۲، ۳ و ۴) استفاده می شود.

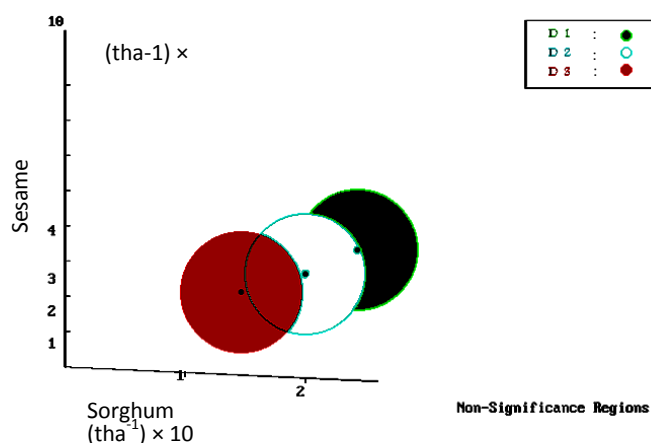
تکرار دوم برای گونه زراعی اول (سورگوم)، سومین داده اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و اولین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در تکرار سوم برای گونه زراعی اول (سورگوم) است و در نهایت همین تیمار در تکرار چهارم برای گونه اول و سپس همین تیمار در تکرار اول برای گونه دوم زراعی و در ادامه همین خط داده های ششم، هفتم و هشتم همین تیمار برای تکرارهای دوم و سوم و چهارم خواهد آمد، بنابراین در هر خط به تعداد تکرارها برای هر گونه عدد و داده خام وارد خواهد شد. در خط سوم به ترتیب از سمت چپ به راست شامل اولین سطح متغیر اول (نسبت کاشت) و دومین سطح متغیر دوم (تراکم کاشت) در تکرار اول برای گونه زراعی اول (سورگوم) است و این



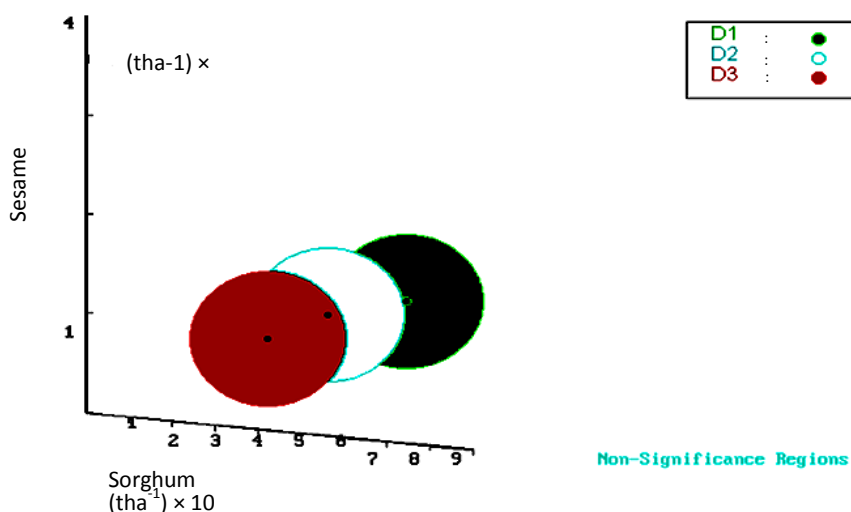
شکل ۱- اثر تراکم کاشت بر وزن زیست توده سورگوم و کنجد (منطقه اطمینان)  
 Fig. 1. Effects of plant density on biomass weight of sorghum and sesame (Confidence region)

برنامه منظور شده است و برابر تعداد مشاهداتی

مقدار NN نیز به عنوان داده ورودی در



شکل ۲- اثر تراکم کاشت بر وزن زیست توده سورگوم و کنجد (منطقه عدم معنی داری)  
 Fig. 2. Effect of plant density on biomass weight sorghum and sesame (non- significance regions)



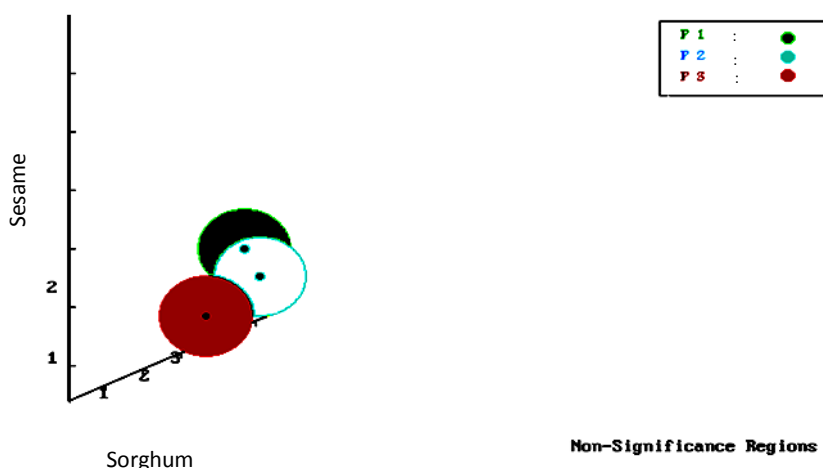
شکل ۳- اثر تراکم کاشت بر عملکرد دانه سورگوم و کنجد (منطقه عدم معنی داری)  
 Fig. 3. Effect of plant density on seed yield of sorghum and sesame (non- significance regions)

Make Each Mean."; NN

در حقیقت شعاع این دوایر برای ارزیابی مقایسه میانگین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که شعاع دایره منطقه عدم معنی داری (R2) دو برابر (R1) یا منطقه اطمینان است. نرم‌افزار این مقادیر را حساب می‌کند. منطقه عدم معنی داری (R2)

است که هر میانگین را در منبع تغییر مورد بررسی می‌کند. مثلاً چنانچه مقایسه میانگین‌های اثر نسبت کاشت مورد بررسی قرار گرفته تعداد مشاهدات برابر ۱۲ یعنی حاصل ضرب سطوح دو منبع تغییر دیگر (تراکم و تکرار) است.

INPUT "Number of Observations That



شکل ۴- اثر نسبت کاشت بر شاخص برداشت سورگوم و کنجد (منطقه عدم معنی داری)  
 Fig. 4. Effect of planting rate on rate on harvest index of sorghum and sesame (non-significance regions)

رسم و پردازش R1، R2 و یا R1R2 به ترتیب برای این دو شعاع جویا می شود. R1R2 نیز برای نمایش مقایسه میانگین اثرهای متقابل است.

```
COLOR 14: INPUT " Please Enter
Your Number Selection"; Number
INPUT " Please Enter R1 , R2 OR
R1R2 "; r$$
```

با اجرای برنامه و قبل از سؤال در مورد R1 و R2 نظر کاربر در ارتباط با اثر اصلی تیمار یا منبع تغییر اول یا دوم و یا اثرهای متقابل سؤال می شود و به ترتیب با توجه به نظر کاربر به ترتیب عدد ۱، ۲ و ۳ برای این ورودی باید انتخاب شود.

```
COLOR 10: PRINT "
1) The Main Effects of First
Treatments"
```

در حقیقت درست مانند مقایسه میانگین ها در تجزیه واریانس یک متغیره برای بررسی اثر یک منبع تغییر یا تیمار مشخص در یک صفت مثلاً عملکرد دانه یک محصول است با این تفاوت که در این روش نمایش مقایسه میانگین ها برای بررسی اثر یک منبع تغییر یا تیمار مشخص در یک صفت برای هر دو محصول به طور همزمان انجام می شود. در نمایش منطقه اطمینان (R1) هدف نشان دادن بازه ای یا حوزه ای از نقاط (اطمینان ۹۹ درصد یا ۹۵ درصد) است که در هر کدام از سطوح از تیمار مورد بررسی مثلاً تراکم وجود دارند. مثلاً نقاطی که در تراکم کم قرار دارند، یا نقاطی که در نسبت کاشت ۳۳:۶۷ قرار دارند.

```
R1 = SQR(2 × F / NN); R2 = SQR(4 × F / NN)
```

این دو کمیت به عنوان داده محاسباتی توسط نرم افزار هستند، اما نظر کاربر را برای

```

INPUT a$
COLOR 14, 4: PRINT "Please Enter
SubTitle "; : COLOR 9, 0: LINE
INPUT h$
PRINT : PRINT
COLOR 14, 3: PRINT "Enter Title of X
Axis: "; : COLOR 11, 0: INPUT ;
XT$: XT$ = UCASE$(XT$)
COLOR 14, 5: PRINT TAB(1); "What
is X unit "; : COLOR 10, 0: INPUT
F$: F$ = "(" + F$ + ")"* + xd$
COLOR 14, 3: PRINT "Enter Title of
Y Axis: "; : COLOR 11, 0: INPUT ;
YT$: YT$ = UCASE$(YT$)
COLOR 14, 5: PRINT TAB(1); "What
is Y unit "; : COLOR 10, 0: INPUT
ff$: ff$ = "(" + ff$ + ")"* + yd$

```

در ارزیابی و تحلیل مقایسه میانگین‌ها برای اثر یک منبع تغییر بر یک صفت، چنانچه مراکز دوایر رسم شده در داخل یک‌دیگر قرار گیرند آن دو یا چند تیمار مورد بررسی با یک‌دیگر اختلاف معنی‌داری نخواهند داشت. برای مثال در شکل ۲ اثر تراکم بر وزن زیست توده دو محصول سورگوم دانه‌ای و کنجد معنی‌دار بوده و سه تراکم با یک‌دیگر اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند (نتایج به دست آمده از آزمایش کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و کنجد اجرا شده در ایستگاه تحقیقاتی طرق در سال ۱۳۸۷ در سه تراکم کاشت و سه نسبت کاشت و در چهار

```

PRINT "
2) The Main Effects of Second
Treatments"
PRINT "
3) The Effects of Interaction Treatments

```

نرم‌افزار این امکان را برای کاربر فراهم آورده است تا برای جانمایی بهتر محل مرکز دوایر مقایسه میانگین‌ها نسبت به دو محور اریب دو ضریب (coef1 و coef2) که به صورت داده ورودی هستند، را در نظر گرفته است. این دو ضریب بسته به میزان بزرگی و اختلاف داده‌های دو گونه با هم برای یک صفت برای coef1 حدود ۳۶۰ و برای coef2 حدود ۱ است. کاربر پس از رسم و مشاهده میانگین‌ها می‌تواند با انتخاب گزینه ویرایش (E) که در صفحه مانیتور نمایان می‌شود. نسبت به تغییر مقادیر این دو ضریب جهت برخورداری از شکل بهتر استفاده کند. همچنین می‌تواند با انتخاب گزینه (C) نسبت به تغییر رنگ دوایر اقدام کند. گزینه P نیز برای انتخاب چاپ منظور شده است.

```

INPUT "coef1"; Aa
INPUT "coef2"; Aaaa

```

در نرم‌افزار عنوان شکل، عنوان و زیر عنوان محورهای اریب و واحد‌های محورها به عنوان داده ورودی در نظر گرفته شده است. سایر خطوط برنامه، محاسباتی و برای کارکرد و ویرایش مطلوب برنامه نوشته شده است.

```

COLOR 14, 4: PRINT "Please Enter
Your Title "; : COLOR 9, 0: LINE

```

محورها حاکی از همبستگی منفی یا پاسخ متناقض دو گونه نسبت به تیمار اعمال شده است و دو گونه دو رفتار متناقض نسبت به تیمار اعمال شده نشان می دهند و با افزایش مقدار صفت مورد بررسی در یک گونه، همزمان برای صفت مورد بررسی در گونه دوم شاهد کاهش خواهیم بود (شکل ۴).

بررسی و ارزیابی نسبت برابری زمین با استفاده از تجزیه واریانس دو متغیره و به کمک برنامه محورهای اریب (Skew Axis) با دقت و حساسیت بیشتری نیز قابل محاسبه و نمایش است (Dear and Mead, 1983 a,b).

تمام محاسبات مربوط به مقادیر مجموع و میانگین مربعات تیمار و میانگین مربعات خطا برای هر یک از اجزای کشت مخلوط (یا دو گیاه رقیب در مطالعات رقابت)، و محاسبه مجموع حاصل ضرب ها (SSP) با نرم افزارهایی مانند SAS یا Genstat که از رویه مدل های خطی عمومی (GLM) و دستور آنالیز چند متغیره استفاده می کنند امکان پذیر است همان طور که گفته شد محاسبه مقدار F می تواند به شکل دستی انجام شود تا اطلاعات لازم برای رسم منحنی های با محورهای اریب فراهم شود.

تکرار بر اساس آزمایش فاکتوریل در پایه طرح بلوک های کامل تصادفی). در این شکل تراکم D1 و D2 با یکدیگر اختلاف ندارند، ولی تراکم D1 و D3 چون مراکز دوایر در داخل هم نیستند اختلاف معنی داری دارند. برای قرائت دقیق مقادیر وزن زیست توده در هر یک از تراکم ها از مرکز هر دایره دو خط به موازات محورها رسم می شود و محل برخورد این خطوط با محورهای اریب مقادیر دقیق برای سطوح تیمارها در هر گونه را نشان می دهد.

شکل های ۲، ۳ و ۴ منطقه عدم معنی دار را برای هر یک از تیمارهای مورد بررسی یا منابع تغییر (مثلاً تراکم یا نسبت کاشت) بر صفت مورد بررسی (مثلاً عملکرد دانه یا بیوماس و یا شاخص برداشت) نشان می دهد. شکل ۴ نشان دهنده همبستگی منفی بین دو محور برای صفت شاخص برداشت تحت تاثیر اثر نسبت کاشت در کشت مخلوط سورگوم و کنجد است. زاویه باز بین دو محور همبستگی مثبت (شکل های ۲ و ۳) و زاویه بسته همبستگی منفی را نشان می دهد.

باز بودن محورها حاکی از اثر مثبت تیمار اعمال شده بر روی دو گونه به صورت همزمان است (شکل های ۲ و ۳). بر عکس بسته بودن

## References

Altieri, M. A., and Liebman, M. 1986. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping. pp. 183-218. In: Francis, C. A. (ed.) Weed Management in

- Multiple Cropping Systems. Vol. 1. Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Anonymous 2011.** SAS/STAT User`s Guide. Second ed. SAS Institute Inc., Gary, North Carolina, USA.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006.** Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
- Baumann, D.T., Kropff, M. J., and Bastiaans, L. 2000.** Intercropping leeks to suppress weeds. *Weed Research* 40: 359-374.
- Chew, V. 1976.** Comparing treatment means: A compendium. *HortScience* 11: 348-37.
- Coolman, R. M., and Hoyt, G. D. 1993.** Increasing sustainability by intercropping. *Horticulture Technology* 3: 309-311.
- Cousens, R. 1985 .** Simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology*. 107: 239-252.
- Cousens, R. 1988.** Misinterpretation of results in weed research through in appropriate use of statistics. *Weed Research* 28: 281-289.
- Dear, K. B. G., and Mead, R. 1983a.** The use of bivariate analysis techniques for the presentation, analysis and interpretation date statistics in intercropping. Technical Report No. 1. Department of Applied Statistics, Reading University, Reading, UK.
- Dear, K. B. G., and Mead, R. 1983b.** Testing assumptions and other topics in bivariate analysis in intercropping . Technical Report No. 2. Department of Applied Analysis Statistics, Reading University, Reading, UK.
- Evans., R. A., Book, D. N., and Young, J. A. 1982.** Quadratic response surface analysis of seed germination trials. *Weed Science* 30: 411-416.
- Francis, C.A. 1989.** Biological efficiencies in multiple-cropping systems. *Advances in Agronomy* 42: 1-42.
- Fukai, S., and Trenbath, B. R. 1993.** Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field Crops Research* 34: 247-271.
- Gilliver, B., and Pearce, S. C. 1983.** A graphical assessment of data from an intercropping factorial experiment. *Experimental Agriculture* 19: 23-31.

- Joliffe, P. A., Minjas, A. N., and Runeckles, V. C. 1984.** A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. *Journal of Applied Ecology* 21: 227-243.
- Liebman, M., and Davis, A. S. 2000.** Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research* 40: 27-47.
- Marshall, A. D., and Jain, S. K. 1969.** Interference in pure and mixed population of *Avena fatua* and *Avena barbata*. *Journal of Ecology* 57: 251-270.
- Midmore, D. J. 1993.** Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. *Field Crops Research* 34: 357-380.
- Morris, R. A., and Garrity, D. P. 1993.** Resource capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrients. *Field Crops Research* 34: 319-334.
- Rejmanek, M. G., Robinson, R., and Rejmannkova, E. 1989.** Weed-Crop competition: Experimental designs and models for data analysis. *Weed Science* 37: 276-284.
- Roush, M. L., Radosevich, S. R., Wagner, R. G., Maxwell, B. D., and Petersen, D. T. 1989.** A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. *Weed Science* 37: 268-275.
- Spitters, C. J. T., and Kropff, M. J. 1989.** Modeling competition effects in intercropping systems. Discussion paper for workshop on intercropping IITA, Ibadan, Nigeria. [www.ats.ucla.edu/stat/sas/library/nesug00/bt3005.pdf](http://www.ats.ucla.edu/stat/sas/library/nesug00/bt3005.pdf)
- Watkinson, A. R. 1981.** Interference in pure and mixed populations of *Agrostemma gitbago*. *Journal of Applied Ecology* 18: 967-976.