

PRIMENA ANALIZE TESTA TROSTRUKOG UKRŠTANJA KOD SUNCOKRETA (*H. annuus* L.)

Radovan Marinković, Ana Marjanović-Jeromela

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Izvod: U radu je prikazan praktičan postupak analiza testa trostrukog ukrštanja. Za ilustraciju metode uzeti su podaci za površinu kotiledona od genetičkog materijala koji se sastojao od dve inbred linije, njihovog ukrštanja i 30 ukrštanja koja su nastala u ukrštanjima inbred linija kao i njihovog ukrštanja sa deset slučajno odabranih linija.

Ključne reči: dominacija, aditivnost, analiza varijanse, eksperiment III

Uvod

Prema Kearsley and Jinks (1968) najdelotvornija analiza promenljivosti svojstva u populaciji sa slučajnim ukrštanjem može se uraditi, u slučaju kada se imaju dve kontrasne inbred linije, ako se primeni proširena varijanta eksperimenta III (Comstock and Robinson, 1952). U okviru ove šeme svaka individua i slučajno odabrana ukršta se sa obe inbred linije i njihovim hibridom – F_1 da bi se proizvele tri grupe potomstava - L_{1i} , L_{2i} i L_{3i} koji se zatim gaje u ogledu sa ponavljanjima. Ako se uradi analiza varijanse tri ortogonalna poređenja između srednjih vrednosti familija za svaku pojedinačnu i u originalnom uzorku populacije na pr. $L_{1i} + L_{2i} + L_{3i}$, $L_{1i} - L_{2i}$ i $L_{1i} + L_{2i} - 2L_{3i}$ ovo automatski dovodi do razdvajanja aditivnih (d^2a) i dominantnih (h^2a) efekata gena, testiranja njihove signifikantnosti i testiranje prisustva ne-alelne interakcije.

Materijal i metod rada

Dve inbred linije, L-8B i L-26B, su ukrštene i proizvedena je njihova F_1 generacija. Svaki od ova tri genotipa (tester) ukršteni su sledeće godine sa deset različitih linija i proizvedeno je 30 ukrštanja.

Ogled sa 13 roditelja (10 linija i tri testera) i 30 ukrštanja bio je postavljen na oglednom polju Instituta na Rimskim Šančevima. Ogled je bio postavljen u tri ponavljanja po slučajnom blok sistemu. Materijal je bio posejan ručno u dobro pripremljeno zemljište i u optimalnom roku. Razmak između redova bio je 70 cm, a između biljaka u redu 30 cm.

Površina kotiledona (cm^2) određena je pomoću aparata LICOR INC. 3100 (USA) u laboratoriji. Veličina uzorka kod roditeljskih linija i ukrštanja iznosila je 20 biljaka po ponavljanju, odnosno 60 biljaka na nivou ogleda.

Postupak izračunavanja i komentar izračunatih podataka

Bauman (1959; cit. po Singh i Chaudhary, 1979) pisao da će se epistaza ispoljiti ako vrednost potomstva ukrštanja između prostog ukrštanja i testera

(TVC) odstupa signifikantno od proseka vrednosti prostih hibrida proizvedenih ukrštanjem dve inbred linije sa testerom (Tab 1). Odstupanje epistaza označen kao „d“ može biti sa pozitivnim i negativnim znakom. Ako je „d“ nula onda rezultat treba da bude kao što se očekuje u koloni dominacije koja pokazuje odsustvo episteze.

Tab.1. Teoretsko očekivanje epistaze

Tab.1. Theoretical expectations in epistasis

| Ukrštanje Cross | Neki stepen dominacije Any degree of dominance | Epistaza Epistasis |
|--------------------|---|-----------------------|
| A x C | X_1 | X_1 |
| B x C | X_2 | X_2 |
| (A x B) x C | $(X_1 + X_2)/2$ | $(X_1 + X_2 + d)/2$ |

Pretpostavka adekvatnosti aditivno-dominantnog modela može biti dokazana ukoliko se vrednost za $L_{1i} + L_{2i} - 2L_{3i}$ ne razlikuje značajno od nule [$\{1/2(d+h) + 1/2(h-d)\} - \{2(1/2)h\} = 0$; Tab. 2]. U slučaju prisustva epistaze ova neće biti nula.

Tab. 2. F_2 ukrštena sa oba roditelja i F_1 generacija

Tab. 2. F_2 crossed to both parents and F_1

| F_2 frekvencija genotipova F_2 genotypes Frequency | AA | Aa | Aa | Sredina Mean |
|---|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| Sredina od $F_2 \times P_1(L_1)$ Mean of $F_2 \times P_1(L_1)$ | d | $(1/2)(d+h)$ | H | $(1/2)(d+h)$ |
| Sredina od $F_2 \times P_2(L_2)$ Mean of $F_2 \times P_2(L_2)$ | h | $(1/2)(h-d)$ | -h | $(1/2)(h-d)$ |
| Sredina od $F_2 \times F_1(L_3)$ Mean of $F_2 \times F_1(L_3)$ | $(1/2)(d+h)$ | $(1/2)h$ | $(1/2)(h-d)$ | $(1/2)h$ |

Analiza varijansa

Prvi korak u analizi TRIPLE TEST CROSS je da se uradi analiza varijanse prema postojećem modelu i test značajnosti razlika između genotipova koji obuhvataju roditelje i ukrštanja. Ukoliko je izračunata vrednost značajna ili visoko značajna TRIPLE TEST CROSS analiza se nastavlja.

Tab. 3. Podaci za površinu kotiledona (cm²) za roditelje i ukrštanja.Tab. 3. Cotyledon area data (cm²) on parents and crosses.

| Red. broj Ord. num. | Hibrid Hybrids | Ponavljanje - Replication | | | Total |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|
| | | I | II | III | |
| 1 | L ₁ X P ₁ | 4.77 | 4.71 | 4.46 | 13.94 |
| 2 | L ₁ X F ₁ | 5.24 | 5.43 | 4.71 | 15.38 |
| 3 | L ₁ X P ₂ | 4.05 | 4.30 | 4.27 | 12.62 |
| 4 | L ₂ X P ₁ | 2.95 | 2.27 | 2.75 | 7.97 |
| 5 | L ₂ X F ₁ | 2.54 | 2.90 | 2.78 | 8.22 |
| 6 | L ₂ X P ₂ | 2.97 | 2.21 | 3.10 | 8.28 |
| 7 | L ₃ X P ₁ | 2.90 | 2.70 | 3.55 | 9.15 |
| 8 | L ₃ X F ₁ | 2.28 | 2.80 | 2.60 | 7.68 |
| 9 | L ₃ X P ₂ | 5.17 | 4.70 | 4.63 | 14.5 |
| 10 | L ₄ X P ₁ | 4.59 | 4.18 | 5.17 | 13.94 |
| 11 | L ₄ X F ₁ | 4.27 | 4.60 | 4.95 | 13.82 |
| 12 | L ₄ X P ₂ | 4.73 | 4.76 | 4.64 | 14.13 |
| 13 | L ₅ X P ₁ | 4.99 | 4.91 | 4.61 | 14.51 |
| 14 | L ₅ X F ₁ | 2.80 | 2.52 | 2.37 | 7.69 |
| 15 | L ₅ X P ₂ | 5.81 | 5.57 | 5.58 | 16.96 |
| 16 | L ₆ X P ₁ | 9.01 | 9.48 | 8.70 | 27.19 |
| 17 | L ₆ X F ₁ | 8.98 | 9.45 | 8.96 | 27.39 |
| 18 | L ₆ X P ₂ | 8.50 | 8.30 | 8.14 | 24.94 |
| 19 | L ₇ X P ₁ | 3.79 | 3.92 | 3.46 | 11.17 |
| 20 | L ₇ X F ₁ | 3.99 | 3.93 | 3.64 | 11.56 |
| 21 | L ₇ X P ₂ | 3.38 | 3.31 | 3.29 | 9.98 |
| 22 | L ₈ X P ₁ | 4.92 | 4.98 | 5.18 | 15.08 |
| 23 | L ₈ X F ₁ | 4.94 | 4.98 | 5.32 | 15.24 |
| 24 | L ₈ X P ₂ | 3.59 | 3.49 | 3.66 | 10.74 |
| 25 | L ₉ X P ₁ | 3.99 | 3.79 | 4.05 | 11.83 |
| 26 | L ₉ X F ₁ | 4.43 | 4.59 | 4.66 | 13.68 |
| 27 | L ₉ X P ₂ | 3.89 | 4.21 | 4.07 | 12.17 |
| 28 | L ₁₀ X P ₁ | 4.29 | 4.13 | 3.43 | 11.85 |
| 29 | L ₁₀ X F ₁ | 4.89 | 4.64 | 4.10 | 13.63 |
| 30 | L ₁₀ X P ₂ | 4.31 | 4.52 | 4.39 | 13.22 |
| Total hibrida Total of hybrids | | 136.96 | 136.28 | 135.22 | 408.46 |
| B. Linije - Lines | | | | | |
| 31 | KS - R-1 | 4.52 | 4.74 | 4.61 | 13.87 |
| 32 | KS - R-5 | 2.85 | 2.25 | 2.07 | 7.17 |
| 33 | KS - R-8 | 3.53 | 3.49 | 3.31 | 10.33 |
| 34 | KS - R-90 | 4.01 | 3.98 | 4.02 | 12.01 |
| 35 | KS - R-30 | 3.81 | 3.84 | 4.14 | 11.79 |
| 36 | KS - R-50 | 4.33 | 4.36 | 4.49 | 13.18 |
| 37 | KS - R-106 | 3.85 | 3.86 | 3.26 | 10.97 |
| 38 | KS - R-10 | 3.36 | 3.59 | 3.04 | 9.99 |
| 39 | KS - R-33 | 3.09 | 3.15 | 2.81 | 9.05 |
| 40 | KS - R-21 | 2.13 | 1.98 | 1.97 | 6.08 |
| Total linija Total of lines | | 35.48 | 35.24 | 33.72 | 104.44 |

| C. Testeri - Testers | | | | | | |
|--|----------------|--------|--------|--------|--------|--|
| 41 | P ₁ | 3.41 | 3.55 | 3.38 | 10.34 | |
| 42 | P ₂ | 2.29 | 2.19 | 2.85 | 7.33 | |
| 43 | F ₁ | 3.68 | 3.22 | 3.30 | 10.20 | |
| Total testera Total of testers | | 9.38 | 8.96 | 9.53 | 27.87 | |
| Total roditelja (Linije + testeri) Total of parents (Lines + testers) | | 44.86 | 44.20 | 43.25 | 132.31 | |
| Total hibrida + roditelja Total hybride + parents | | 181.82 | 180.48 | 178.47 | 540.77 | |

Uzimajući podatke iz Tab.1 prvo se izračunava korektivni faktor koji se koristi za izračunavanje totalne varijacije i varijacije između i unutar grupa, a radi se na sledeći način:

$$C.F. = \frac{T^2}{N} = \frac{540,77^2}{129} = \frac{292432,19}{129} = 2266,92$$

Ukupna suma kvadrata (Total Sum of Squares):

$$Q = (4,77)^2 + (5,24)^2 + \dots + (2,85)^2 + (3,30)^2 - CF = \\ = 2578,15 - 2266,92 = 311,23$$

Suma kvadrata ponavljanja (Replication Sum of Squares)

$$S.S = \frac{(181,82)^2 + (180,48)^2 + (178,47)^2}{43} - C.F. = \frac{97483,084}{43} - C.F. = 2267,05 - 2266,92 = 0,13$$

Suma kvadrata tretmana (Treatment Sum of Squares)

$$S.T. = \frac{(13,94)^2 + (15,38)^2 + \dots + (10,20)^2}{3} - C.F. = \frac{7211,82}{3} - C.F. = 2403,94 - 2266,92 = 137,02$$

Suma kvadrata pogreške (Error Sum of Squares) =

$$= \text{ukupna suma kvadrata} - \text{suma kvadrata ponavljanja} - \text{suma kvadrata tretmana} = \\ = 311,23 - 137,02 - 0,13 = 174,08$$

Sada, tretmani mogu biti podeljeni na sledeći način:

Hibrid:

$$S.S = \frac{(13,94)^2 + (15,38)^2 + \dots + (13,22)^2}{3} - C.F.(hibrida) = \frac{6305,72}{3} - 1853,77 = 2101,91 - 1853,77 = 248,14$$

Gde je,

$$C.F.(hibrida) = \frac{(408,46)^2}{90} = \frac{166839,57}{90} = 1853,77$$

Slično,

$$S.S = \frac{(13,87)^2 + (7,17)^2 + \dots + (10,20)^2}{3} - \frac{(132,31)^2}{39} = \frac{1411,15}{3} - \frac{17505,94}{39} = 470,38 - 448,87 = 21,51$$

Hibrid v.s. roditelj

$$S.S = \frac{(3 \times 408,46 - 30 \times 132,31)^2}{[3(13)^2 \times 30 + (30)^2 \times 13]} = \frac{(1225,38 - 3969,3)^2}{[3(5070 + 11700)]} = \frac{(-2743,92)^2}{[3(16770)]} = \frac{7529097}{50310} = 149,65$$

Nadalje, roditelji S.S. takođe mogu biti podeljeni u sledeće grupe:

Linije

$$S.S = \frac{(13,87)^2 + (7,17)^2 + \dots + (9,05)^2 + (6,08)^2}{3} - \frac{(104,44)^2}{30} = \frac{1146,46}{3} - \frac{10907,71}{30} = 382,15 - 363,59 = 18,56$$

Tester

$$S.S = \frac{(10,34)^2 + (7,33)^2 + (10,20)^2}{3} - \frac{(27,87)^2}{9} = \frac{264,68}{3} - \frac{776,74}{9} = 88,23 - 86,30 = 1,93$$

Tester S. S. može takođe biti izračunat na sledeći način:

$$(P_1 + P_2) \text{ vs. } F_1 \text{ S. S.} = [1(10.34 + 7.33) - 2(10.20)]^2 / [3(1)^2 \times 2 + (2)^2 \times 1] = \\ = [17.67 - 20.4]^2 / 10 = (-2.73)^2 / 10 = 0.745.$$

$$P_1 \text{ vs } P_2 \text{ S. S.} = (10.34 - 7.33)^2 / [3(1^2 \times 1 + 1^2 \times 1)] = (3.01)^2 / 6 = 1.51$$

Tab. 4. Analiza varijanse

Tab. 4. Analysis of Variance

| Izvor - Source | Step. slob. d.f. | Suma kvad. S. S. | Sred. kvad. M. S. | F. izrač. |
|--|------------------|------------------|-------------------|-----------|
| Ponavljanja Replications | 2 | 0.132 | 0.066 | |
| Tretmani Treatments | 42 | 305.37 | 7.27 | 106.91** |
| Hibridi Hybrids | 29 | 248.14 | 8.56 | 125.88** |
| Roditelji Parents | 12 | 21.51 | 1.79 | 26.32** |
| Linije Lines | 9 | 18.56 | 2.06 | 30.29** |
| Tester Testers | 2 | 1.93 | 0.965 | 14.19** |
| $P_1 + P_2$ vs. F_1 | 1 | 0.74 | 0.74 | 10.88** |
| P_1 vs. P_2 | 1 | 1.51 | 1.51 | 22.20** |
| Linija vs. tester Lines vs. tester | 1 | 1.93 | 1.93 | 28.38** |
| Hibrid vs. Roditelji Hybrids vs. Parents | 1 | 149.65 | 149.65 | |
| Pogreška Error | 84 | 5.73 | 0.068 | |

(b) Test epistaze.

Kao što je napred opisano, test signifikantnosti razlika $L_{1i} + L_{2i} - 2L_{3i}$ daje informaciju o prisustvu ili odsustvu epistaze. Treba napomenuti da $L_{1i} + L_{2i} - 2L_{3i}$ za svaku liniju u svakom ponavljanju se prvo izračuna, a zatim testira (Tab. 6)

Tab.5. Odstupanje $2L_{3i}$ potomstava od L_{1i} i L_{2i} potomstavaTab.5. The deviations of $2L_{3i}$ families from L_{1i} and L_{2i} family means

| Red. broj S.N. | Linije Lines | R-I | R-II | R-III | Total | Sredina Mean | M. S. |
|-------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
| 1 | KS – R-1 | -1.66 | -1.85 | -0.69 | -4.20 | -1.40 | 0.39 |
| 2 | KS – R-5 | 0.84 | -1.32 | 0.29 | -1.19 | -0.40 | 1.03 |
| 3 | KS – R-8 | 3.51 | 1.80 | 2.98 | 8.29 | 2.76 | 0.77 |
| 4 | KS – R-90 | 0.78 | -0.24 | -0.09 | 0.45 | 0.15 | 0.30 |
| 5 | KS – R-30 | 5.20 | 5.44 | 5.45 | 16.09 | 5.36 | 0.02 |
| 6 | KS – R-50 | -0.45 | -1.12 | -1.08 | -2.65 | -0.88 | 0.14 |
| 7 | KS – R-106 | -0.81 | -0.63 | -0.53 | -1.97 | -0.66 | 0.02 |
| 8 | KS – R-10 | -1.37 | -1.49 | -1.80 | -4.66 | -1.55 | 0.05 |
| 9 | KS – R-33 | -0.98 | -1.18 | -1.20 | -3.36 | -1.12 | 0.02 |
| 10 | KS – R-21 | -1.18 | -0.63 | -0.38 | -2.19 | -0.73 | 0.17 |
| Total | | | | | 4.61 | 1.53 | 2.91 |

Izračunate vrednosti u Tab. 5. su dobijene tako što su, recimo kod linije 1 (KS – R - 1) (-1.66), sabrane vrednostu 4.77 i 4.05 pa od zbira je oduzeta dostruka vrednost broja 5.24. Navedene vrednosti su sredine familija L_1 , L_2 i L_3 . Zatim se računa sredina kvadrata za svaku liniju, a koja se dobije kada se varijansa podeli sa njihovim stepenom slobode. Na primer, sredina kvadrata za liniju 1 (KS – R - 1) je računa na sledeći način:

$$\begin{aligned} \text{M. S. za liniju 1} &= [(-1.66)^2 + (-1.85)^2 + (-0.69)^2 - (-4.20)^2 / 3] / 2 = \\ &= [6.6542 - 17.64 / 3] / 2 = [6.6542 - 5.88] / 2 = 0.39 \end{aligned}$$

Na isti način se izračunaju sredine kvadrata i za ostale linije.

Kada se izračunaju sredine kvadrata za svaku liniju ponaosob pristupa se računanju sredine kvadrata za sve linije na sledeći način:

$$\begin{aligned} \text{M. S. linija} &= [(-4.20)^2 + (-1.19)^2 + \dots + (-2.19)^2 - (4.61)^2 / 9] / 27 = \\ &= [395.578 - 21.25 / 9] / 27 = [395.578 - 2.361] / 27 = \\ &= 393.317 / 27 = 14.56 \end{aligned}$$

Tab.6. ANOVA za testiranje epistaze

Tab.6. ANOVA for testing epistasis

| Izvor Source | Step. slob. d. f. | Sred. kvad. M. S. | F. izračunato |
|--|----------------------|----------------------|---------------|
| Linije Lines | 9 | 14.56 | 5.00 |
| Pooled Pooled (Sum of M: S: of all lines) | 20 | 2.91 | |

Ima dva načina za testiranje signifikantnosti epistaze. Prvi, poređenje M. S. linija pomoću „F“ testa.

Na drugi način epistaza može biti testirana korišćenjem „t“ testa na sledeći način:

$$t = \text{Sredina (Mean)} / \text{S. E.}$$

gde je S. E. = $(2.91/30)^{1/2} = (0.097)^{1/2} = 0.31$

Otuda, $t = 0.153/0.31 = 0.49$.

gde je Sredina = Suma sredina / broj posmatranja = $1.53/10 = 0.153$; delitelj 30 kod S.E. je ukupan broj posmatranja. Znak se neuzima u obzir pošto se odnos računa za „t“.

C. Izračunavanje D i H komponenti.

Metod testa trostrukog ukrštanja takođe omogućava ocenu D i H komponenti.

Tab.7. $L_1 + L_2$ totali

Tab.7. $L_1 + L_2$ totals

| Red. Broj S. N. | Linije Lines | R – I | R – II | R – III | Total |
|--------------------|-----------------|-------|--------|---------|--------|
| 1 | KS – R-1 | 8.82 | 9.01 | 8.73 | 26.56 |
| 2 | KS – R-5 | 5.92 | 4.48 | 5.85 | 16.25 |
| 3 | KS – R-8 | 8.07 | 7.40 | 8.18 | 23.65 |
| 4 | KS – R-90 | 9.32 | 8.96 | 9.81 | 28.09 |
| 5 | KS – R-30 | 10.80 | 10.48 | 10.19 | 31.47 |
| 6 | KS – R-50 | 17.51 | 17.78 | 16.84 | 52.13 |
| 7 | KS – R-106 | 7.17 | 7.23 | 6.75 | 21.15 |
| 8 | KS – R-10 | 8.51 | 8.47 | 8.84 | 25.82 |
| 9 | KS – R-33 | 7.88 | 8.00 | 8.12 | 24.00 |
| 10 | KS – R-21 | 8.60 | 8.65 | 7.82 | 25.07 |
| Total | | 92.60 | 90.46 | 91.13 | 274.19 |

Vrednosti u Tab.7. dobijene su sabiranjem vrednosti za L_1 (4.77 i L_2 (4.05) familije iz Tab. 3. Korišćenjem podataka iz Tabele 7 treba uraditi analizu varijanse na sledeći način:

$$\text{Korekcionni faktor (C. F.)} = (274.19)^2 / 30 = 75180.158/30 = 2506.005$$

$$\text{Ponavljjanje S. S.} = [(92.60)^2 + (90.46)^2 + (91.13)^2] / 10 - \text{C. F.} =$$

$$= [25062.4485] / 10 - 3759.01 = 2506.2448 - 2506.005 = 0.24.$$

$$\text{Linije (suma) S. S.} = [(26.56)^2 + (16.25)^2 + \dots + (25.07)^2] / 3 - \text{C. F.} =$$

$$= [8344.264] / 3 - 2506.005 = 2781.42 - 2506.005 = 275.42.$$

$$\text{Total S. S.} = (8.82)^2 + (5.92)^2 + \dots + (7.82)^2 - \text{C. F.} =$$

$$= 2784.84 - 2506.01 = 278.83$$

$$\text{Pogreška S. S.} = \text{Ukupna suma S. S.} - \text{Ponavljjanje S. S.} - \text{Linije S. S.} =$$

$$= 278.83 - 0.24 - 275.42 = 3.17$$

Tab.8. $L_1 + L_2$ totali

Tab.8. $L_1 + L_2$ totals

| Izvor Source | Step. slob. d. f. | Suma kvadr. S. S. | Sred. kvadr. M. S. | E (M. S.) |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Ponavljjanja Replications | 2 | 0.24 | 0.12 | |
| Linije (suma) Lines (sums) | 9 | 275.42 | 30.60 | $2_s + 2r \quad 2_g$ |
| Pogreška Error | 18 | 3.17 | 0.18 | 2_s |
| Total | 29 | | | |

Iz Tab.8. evidentno je da je:

$${}^2g = (M. S. linija - M. S. pogreške)/2r = (30.60 - 0.18)/6 = 5.07.$$

Pošto je ${}^2g = (1/8)D$, to je $D = 40.56$.

(ii) Procena H: Za ovu svrhu u Tabeli 9 su date vrednosti odstupanja L_2 od L_1 kao i analiza varijanse iz ovih podataka.

Tab.9. $L_1 - L_2$ totali

Tab.9. $L_1 - L_2$ totals

| Red. broj S. N. | Linije Lines | R - I | R - II | R - III | Total |
|--------------------|-----------------|-------|--------|---------|-------|
| 1 | KS - R-1 | 0.72 | 0.40 | 0.19 | 1.31 |
| 2 | KS - R-5 | -0.02 | 0.06 | -0.35 | -0.31 |
| 3 | KS - R-8 | -2.27 | -2.00 | -1.08 | -5.35 |
| 4 | KS - R-90 | -0.14 | -0.58 | 0.53 | -0.19 |
| 5 | KS - R-30 | -0.82 | -0.66 | -0.97 | -2.45 |
| 6 | KS - R-50 | 0.51 | 1.18 | 0.56 | 2.25 |
| 7 | KS - R-106 | 0.41 | 0.61 | 0.17 | 1.19 |
| 8 | KS - R-10 | 1.33 | 1.49 | 1.52 | 4.34 |
| 9 | KS - R-33 | 0.10 | -0.42 | -0.02 | -0.34 |
| 10 | KS - R-21 | -0.02 | -0.39 | -0.96 | -1.37 |
| Total | | -0.20 | -0.31 | -0.41 | -0.92 |

Prvo se izračuna korelacioni faktor:

$$= (-0.92)/2/30 = 0.8464/30 = 0.028$$

Suma kvad. ponavljanja S. S.

$$= [(-0.2)^2 + (-0.31)^2 + (-0.41)^2]/10 - C. F. =$$

$$= (0.304)/10 - 0.028 = 0.030 - 0.028 = 0.002$$

Total S. S.

$$= (0.72)^2 + (0.02)^2 + \dots + (-0.96)^2 - C. F. = 23.942 - 0.028 = 23.914$$

Linije S. S.

$$= [(1.31)^2 + (-0.31)^2 + \dots + (-1.37)]/3 - C. F. = [63.78]/3 - 0.028 =$$

$$= 21.26 - 0.028 = 21.23$$

Pogreška S. S.

$$= \text{Ukupna suma S. S.} - \text{Ponavljanje S. S.} - \text{Linije S. S.} =$$

$$= 23.914 - 0.002 - 21.23 = 2.68$$

Tab.10. ANOVA za $L_1 - L_2$ totali

Tab.10. ANOVA for $L_1 - L_2$ totals

| Izvor Source | Step. slob. d. f. | Suma kvadr. S. S. | Sred. kvadr. M. S. | E (M. S.) |
|--|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Ponavljanja Replications | 2 | 0.002 | 0.001 | |
| Linije (razlika) Lines (difference) | 9 | 21.23 | 2.359 | ${}^2s + 2r \quad {}^2g$ |
| Pogreška Error | 18 | 2.68 | 0.149 | 2s |
| Total | 29 | | | |

Na osnovu podataka iz Tab.10. proizilazi 2g

$$= (M.S. linija - M. S. pogreške) / 2r$$

$$= (2.359 - 0.149) / 6 = 0.368$$

Kako je $^2g = (1/8) H$ proizilazi da je $H = 0.368 \times 8 = 2.944$

(d) Objašnjenje – Interpretacija:

(i) Stepen dominacije $= (H/D)^{1/2} = (2.944/40.56)^{1/2} = (0.0726)^{1/2} = 0.27$

(ii) Pravac dominacije kao i vrsta gena ispoljene dominacije može biti detektovano pomoću izračunatih koeficijenta korelacije između suma i razlika koje smo gore izračunali (Singh i Chaudhary, 1979). Coeficijent korelacije izračunat je kao što je dole dato:

| Red. broj S. N. | Linije Lines | Sume Sums | Razlike Differences |
|--------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| 1 | KS – R-1 | 26.56 | 1.31 |
| 2 | KS – R-5 | 16.25 | -0.31 |
| 3 | KS – R-8 | 23.65 | -5.35 |
| 4 | KS – R-90 | 28.09 | -0.19 |
| 5 | KS – R-30 | 31.47 | -2.45 |
| 6 | KS – R-50 | 52.13 | 2.25 |
| 7 | KS – R-106 | 21.15 | 1.19 |
| 8 | KS – R-10 | 25.82 | 4.34 |
| 9 | KS – R-33 | 24.00 | -0.34 |
| 10 | KS – R-21 | 25.07 | -1.37 |
| Total | | 274.19 | -0.92 |

$$r_{xy} = [(X^2) - NMx \cdot My] / [((X^2) - NMx^2) \cdot ((Y^2) - NMy^2)]^{1/2} =$$

$$= [32.804 - 10 \cdot 27.419 - 0.0092] / [(8344.264 - 10(27.419^2))(63.78 - 10 \cdot (-0.0092^2))] =$$

$$= [32.804 - (-25.225)] / [(8344.264 - 7518.016) \cdot (63.78 - 0.000846)]^{1/2} =$$

$$= 58.029 / [(826,248)(63.778)]^{1/2} = 58.029 / (52696.572)^{1/2} =$$

$$= 58.029 / 229.557 = 0.25.$$

Prema Čebiševu (cit, po Hadživuković, 1973) korelacija je niska i nesignifikantna.

Zahvalnost

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru projekta TR-20080 finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Literatura

- Comstock, R. E. and Robinson, H. F. (1952): Estimation of average dominance of genes. In Heterosis. Iowa State COLLEGE Press, Ames: 494-516.
- Kearsey, M. J. and Jinks, J.L. (1968): A general method of detecting additive, dominance and epistatic variation for metrical traits. I. Theory. Heredity, 3: 403-409.
- Hadživuković, S. (1973): Statistički metodi. Univerzitet "Radivoj Čirpanov", Novi Sad.
- Singh, R. K. and Chaudhary, B. D. (1979): Triple test cross. In: Singh and Chaudhary (ed.) Biometrical methods in quantitative genetic analysis, 93-101.

USE OF TRIPLE TEST CROSS ANALYSIS IN SUNFLOWER (*H. annuus* L.)

Radovan Marinković, Ana Marjanović-Jeromela

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

Summary: The paper describes the practical application of triple test cross analysis. The method is illustrated using data for cotyledon area obtained by studying two inbred lines and their cross as well as 30 crosses between the inbreds and 10 randomly selected lines.

Key words: dominance, additive, analysis of variance, experiment III.