



# Γεωργικός Πειραματισμός

Ενότητα 5<sup>η</sup>: Σύγκριση Συνδυασμένων Παραγόντων

Γεώργιος Μενεξές  
Τμήμα Γεωπονίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

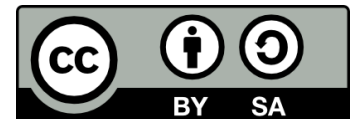


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Σύγκριση Συνδυασμένων Παραγόντων

# Παραγοντικά Πειράματα (Factorial Experiments)

- Πειράματα με **συνδυασμένους παράγοντες**.
- Πειράματα όπου οι **δομικοί παράγοντες** είναι **δύο ή περισσότεροι**.
- **Σκοπός:** Να διαπιστώσουμε αν οι παράγοντες **αλληλοεπηρεάζονται** και με ποιο τρόπο.
- Οι συνδυασμοί των επιπέδων των παραγόντων αποτελούν τις **επεμβάσεις (treatments), αγωγές ή μεταχειρίσεις**.
- Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε την αλληλεπίδραση θα πρέπει να έχουμε **τουλάχιστον δύο μετρήσεις (επαναλήψεις)** για την εξαρτημένη μεταβλητή σε κάθε επέμβαση.



# Αλληλεπίδραση (*Interaction*) Παραγόντων (1)

- Οι παράγοντες (ανεξάρτητες μεταβλητές) δεν δρουν ανεξάρτητα πάνω στην εξαρτημένη μεταβλητή αλλά σε **συνεργία**.
- Η (απλή) επίδραση ενός παράγοντα στη συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής **δεν είναι ανεξάρτητη** από την παρουσία ενός συγκεκριμένου επιπέδου του δεύτερου παράγοντα.
- Στις περιπτώσεις αυτές δεν είναι σωστό να πειραματιζόμαστε με τον κάθε παράγοντα ξεχωριστά.



# Αλληλεπίδραση (*Interaction*) Παραγόντων (2)

- Οι παράγοντες μπορεί να είναι **ποσοτικοί** ή/και **ποιοτικοί**.
- Τα επίπεδα των παραγόντων μπορεί να είναι **προκαθορισμένα** ή **τυχαία**.
- Τα επίπεδα ενός παράγοντα μπορεί να είναι προκαθορισμένα (*Fixed Effects*) και του άλλου τυχαία (*Random Effects*)



# Παραγοντικά Πειράματα

- Συνδυασμένοι Παράγοντες σε Δύο Επίπεδα
- Συνδυασμένοι Παράγοντες σε Πολλά Επίπεδα
- Ομάδες με Υποομάδες (*Split Plot Designs*)





# Τυχαιοποίηση

- Θεωρούμε τα συνδυασμένα επίπεδα των δύο ή περισσότερων παραγόντων ως τα επίπεδα ενός μόνο παράγοντα και εφαρμόζουμε τις μεθόδους τυχαιοποίησης όπως στο **CRD** ή στο **RCBD** ή στο **LS**.



# Παράδειγμα για Αλληλεπίδραση

## Παράδειγμα 28 (Φασούλας, 2008, σ. 145, - προσαρμογή)

- Σε ένα χωράφι δοκιμάστηκαν 3 ποικιλίες (Π1, Π2, Π3) από μια καλλιέργεια για να εκτιμηθεί η ποιοτική αξία του προϊόντος. Χρησιμοποιήθηκαν 4 λιπάσματα (Ο1, Ο2, Ο3, Ο4). Για κάθε συνδυασμό ποικιλία x λίπασμα είχαμε δύο επαναλήψεις. Το πειραματικό σχέδιο ήταν το CRD.
- Να βρεθεί αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ποικιλίες και στα λιπάσματα καθώς και αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλιών και λιπασμάτων.



# Πίνακας Δεδομένων

|    | Ο1 | Ο2 | Ο3 | Ο4 |
|----|----|----|----|----|
| Π1 | 3  | 2  | 4  | 4  |
|    | 4  | 3  | 5  | 6  |
| Π2 | 5  | 6  | 4  | 5  |
|    | 6  | 4  | 5  | 6  |
| Π3 | 4  | 3  | 2  | 4  |
|    | 4  | 3  | 3  | 3  |



# Βοηθητικός Πίνακας

|        | Ο1 | Ο2 | Ο3 | Ο4 | Σύνολα |
|--------|----|----|----|----|--------|
| Π1     | 7  | 5  | 9  | 10 | 31     |
| Π2     | 11 | 10 | 9  | 11 | 41     |
| Π3     | 8  | 6  | 5  | 7  | 26     |
| Σύνολα | 26 | 21 | 23 | 28 | 98     |



# Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ή Διακύμανσης)

| Πηγή Παραλλακτικότητας | Βαθμοί Ελευθερίας  | Άθροισμα Τετραγώνων | Μέσα Τετράγωνα   | F                                  |
|------------------------|--------------------|---------------------|--|------------------------------------|
| Λιπάσματα (Ο)          | $o - 1$            | A T O               | $MTO = \frac{ATO}{o - 1}$                                      | $F = \frac{MTO}{MTΣ}$              |
| Ποικιλίες (Π)          | $\pi - 1$          | A T Π               | $MTP = \frac{ATΠ}{\pi - 1}$                                    | $F = \frac{MTP}{MTΣ}$              |
| ΠxO                    | $(\pi - 1)(o - 1)$ | AT (Π x O)          | $MT(\Pi \times O) = \frac{AT(\Pi \times O)}{(\pi - 1)(o - 1)}$ | $F = \frac{MT(\Pi \times O)}{MTΣ}$ |
| Σφάλμα (ή υπόλοιπο)    | $\pi o (n - 1)$    | A T Σ               | $MTΣ = \frac{ATΣ}{\pi o (n - 1)}$                              |                                    |
| Ολική                  | $\pi o n - 1$      | Σ A T               |  |                                    |



# Πίνακας Δεδομένων

|    | 01 | 02 | 03 | 04 |
|----|----|----|----|----|
| Π1 | 3  | 2  | 4  | 4  |
|    | 4  | 3  | 5  | 6  |
| Π2 | 5  | 6  | 4  | 5  |
|    | 6  | 4  | 5  | 6  |
| Π3 | 4  | 3  | 2  | 4  |
|    | 4  | 3  | 3  | 3  |



# Υπολογισμοί

$$\Delta O = \frac{98^2}{24} = 400,17$$

$$\Sigma A T = 3^2 + 2^3 + \dots + 3^2 = 33,83$$

$$A T \Pi = \frac{31^2 + 41^2 + 26^2}{8} - \Delta O = 14,58$$

$$A T O = \frac{26^2 + 21^2 + 23^2 + 28^2}{6} - \Delta O = 4,83$$

$$A T (\Pi \times O) = \frac{7^2 + 5^2 + \dots + 7^2}{2} - \Delta O - A T \Pi - A T O = 6,42$$

$$A T \Sigma = \Sigma A T - A T \Pi - A T O - A T (\Pi \times O) = 8,00$$



# Πίνακας Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ή Διακύμανσης)

| Πηγή Παραλλακτικότητας | Βαθμοί Ελευθερίας | Άθροισμα Τετραγώνων | Μέσα Τετράγωνα | F     | F <sub>0,05</sub> |
|------------------------|-------------------|---------------------|----------------|-------|-------------------|
| Λιπάσματα (Ο)          | 3                 | 4,83                | 1,61           | 2,40  | 3,49              |
| Ποικιλίες (Π)          | 2                 | 14,58               | 7,29           | 10,88 | 3,89              |
| Π×Ο                    | 6                 | 6,42                | 1,07           | 1,60  | 3,00              |
| Σφάλμα (ή υπόλοιπο)    | 12                | 8,00                | 0,67           |       |                   |
| Ολική                  | 23                | 33,83               |                |       |                   |

Επειδή  $10,88 > 3,89 \Rightarrow$  Οι Ποικιλίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ .

Επειδή  $1,60 < 3,00 \Rightarrow$  Η αλληλεπίδραση (Π×Ο) δεν είναι στατιστικά σημαντική.





# Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά

$$ΕΣΔ = t_{\pi\alpha(n-1); a/2} \sqrt{\frac{2 \times ΜΤΣ}{on}}$$



# Το Γενικό Γραμμικό Πρότυπο (General Linear Model-Fixed Effects)

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + (tb)_{ij} + e_{ijk}$$

$t_i$ : η κύρια επίδραση της Ποικιλίας  $i$  ( $i=1,\dots,3$ )

$b_j$ : η κύρια επίδραση του Λιπάσματος  $j$  ( $j=1,\dots,4$ )

$(tb)_{ij}$ : η αλληλεπίδραση της  $i$  Ποικιλίας με το  $j$  Λίπασμα



# Παραδοχές και Προϋποθέσεις

## Παραδοχές:

$$\sum_{i=1}^{\pi} t_i = \sum_{j=1}^{\rho} b_j = \sum_i^{\pi} (tb)_{ij} = \sum_j^{\rho} (tb)_{ij} = 0 \quad e_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$$

## Προϋποθέσεις:

Οι παρατηρήσεις προέρχονται από **τυχαία δείγματα**

Οι παρατηρήσεις είναι **ανεξάρτητες** η μία από την άλλη

Οι πληθυσμοί των παρατηρήσεων ακολουθούν **Κανονική Κατανομή**

Οι διασπορές των πληθυσμών είναι ίσες (**Ομοσκεδαστικότητα**)



# Στατιστικοί Έλεγχοι

$$H_0 : \mu_{10} = \mu_{20} = \dots \mu_{\infty 0}$$

$H_1$  : τουλάχιστον δύο μέσοι όροι *Λιπασμάτων* διαφέρουν

$$H_0 : \mu_{1\Pi} = \mu_{2\Pi} = \dots \mu_{\pi\Pi}$$

$H_1$  : τουλάχιστον δύο μέσοι όροι ποικιλιών διαφέρουν

$H_0$  : Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ Ποικιλιών και *Λιπασμάτων*

$H_1$  : Υπάρχει αλληλεπίδραση

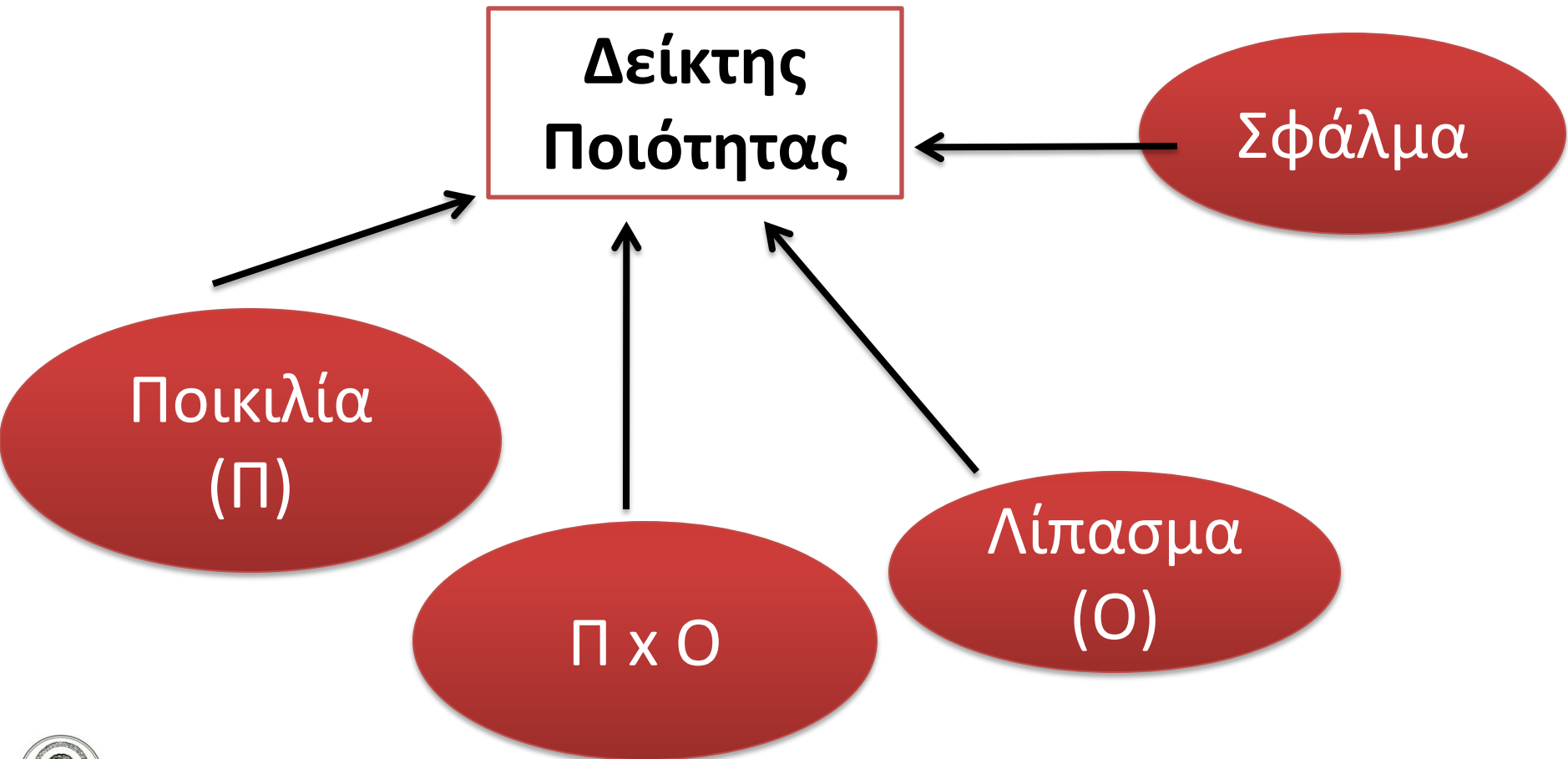


$$H_0 : (tb)_{ij} = 0$$

$$H_1 : (tb)_{ij} \neq 0$$



# Διαγραμματική Αναπαράσταση του Υποδείγματος



# Αποτελέσματα με το SPSS (1)

| Descriptive Statistics                |           |      |                |    |
|---------------------------------------|-----------|------|----------------|----|
| Dependent Variable: Δείκτης Ποιότητας |           |      |                |    |
| Ποικιλίες                             | Λιπάσματα | Mean | Std. Deviation | N  |
| 1                                     | 1         | 3.50 | .71            | 2  |
|                                       | 2         | 2.50 | .71            | 2  |
|                                       | 3         | 4.50 | .71            | 2  |
|                                       | 4         | 5.00 | 1.41           | 2  |
|                                       | Total     | 3.88 | 1.25           | 8  |
| 2                                     | 1         | 5.50 | .71            | 2  |
|                                       | 2         | 5.00 | 1.41           | 2  |
|                                       | 3         | 4.50 | .71            | 2  |
|                                       | 4         | 5.50 | .71            | 2  |
|                                       | Total     | 5.13 | .83            | 8  |
| 3                                     | 1         | 4.00 | .00            | 2  |
|                                       | 2         | 3.00 | .00            | 2  |
|                                       | 3         | 2.50 | .71            | 2  |
|                                       | 4         | 3.50 | .71            | 2  |
|                                       | Total     | 3.25 | .71            | 8  |
| Total                                 | 1         | 4.33 | 1.03           | 6  |
|                                       | 2         | 3.50 | 1.38           | 6  |
|                                       | 3         | 3.83 | 1.17           | 6  |
|                                       | 4         | 4.67 | 1.21           | 6  |
|                                       | Total     | 4.08 | 1.21           | 24 |



# Αποτελέσματα με το SPSS (2)

## Fixed Effects Model (Model Type I-Fixed Effects)

### Tests of Between-Subjects Effects

P-value

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Δείκτης Ποιότητας

| Source          | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. | Partial Eta Squared | Noncent. Parameter | Observed Power <sup>a</sup> |
|-----------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Corrected Model | 25.833 <sup>b</sup>     | 11 | 2.348       | 3.523   | .020 | .764                | 38.750             | .869                        |
| Intercept       | 400.167                 | 1  | 400.167     | 600.250 | .000 | .980                | 600.250            | 1.000                       |
| V               | 14.583                  | 2  | 7.292       | 10.938  | .002 | .646                | 21.875             | .964                        |
| G               | 4.833                   | 3  | 1.611       | 2.417   | .117 | .377                | 7.250              | .462                        |
| V * G           | 6.417                   | 6  | 1.069       | 1.604   | .229 | .445                | 9.625              | .405                        |
| Error           | 8.000                   | 12 | .667        |         |      |                     |                    |                             |
| Total           | 434.000                 | 24 |             |         |      |                     |                    |                             |
| Corrected Total | 33.833                  | 23 |             |         |      |                     |                    |                             |

a. Computed using alpha = .05

b. R Squared = .764 (Adjusted R Squared = .547)

Στατιστικά  
Σημαντική

$$R^2=0,764$$

(Συντελεστής Προσδιορισμού-Coefficient of Determination)



# Αποτελέσματα με το SPSS (3)

## Δείκτης Ποιότητας

Tukey HSD<sup>a,b</sup>

| Ποικιλίες | N | Subset |       |
|-----------|---|--------|-------|
|           |   | 1      | 2     |
| 3         | 8 | 3.25   |       |
| 1         | 8 | 3.88   |       |
| 2         | 8 |        | 5.13  |
| Sig.      |   | .312   | 1.000 |

Θα πάρουν το  
γράμμα b

Θα πάρει το  
γράμμα a

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .667.

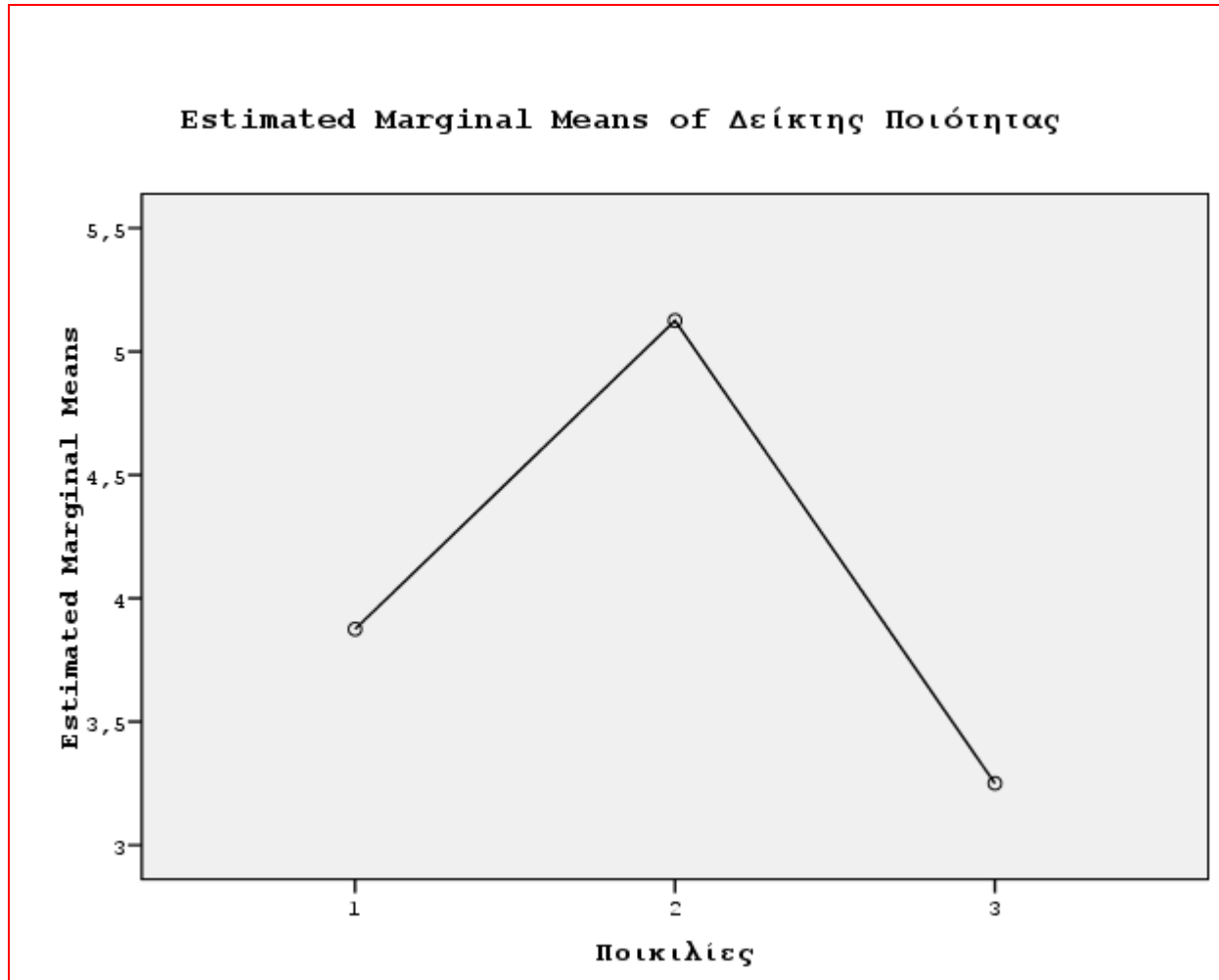
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = .05.





# Διάγραμμα Σύγκρισης Ποικιλιών



# Αποτελέσματα με το SPSS (4)

## Δείκτης Ποιότητας

Tukey HSD<sup>a,b</sup>

| Λιπάσματα | N | Subset |
|-----------|---|--------|
|           |   | 1      |
| 2         | 6 | 3.50   |
| 3         | 6 | 3.83   |
| 1         | 6 | 4.33   |
| 4         | 6 | 4.67   |
| Sig.      |   | .115   |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .667.

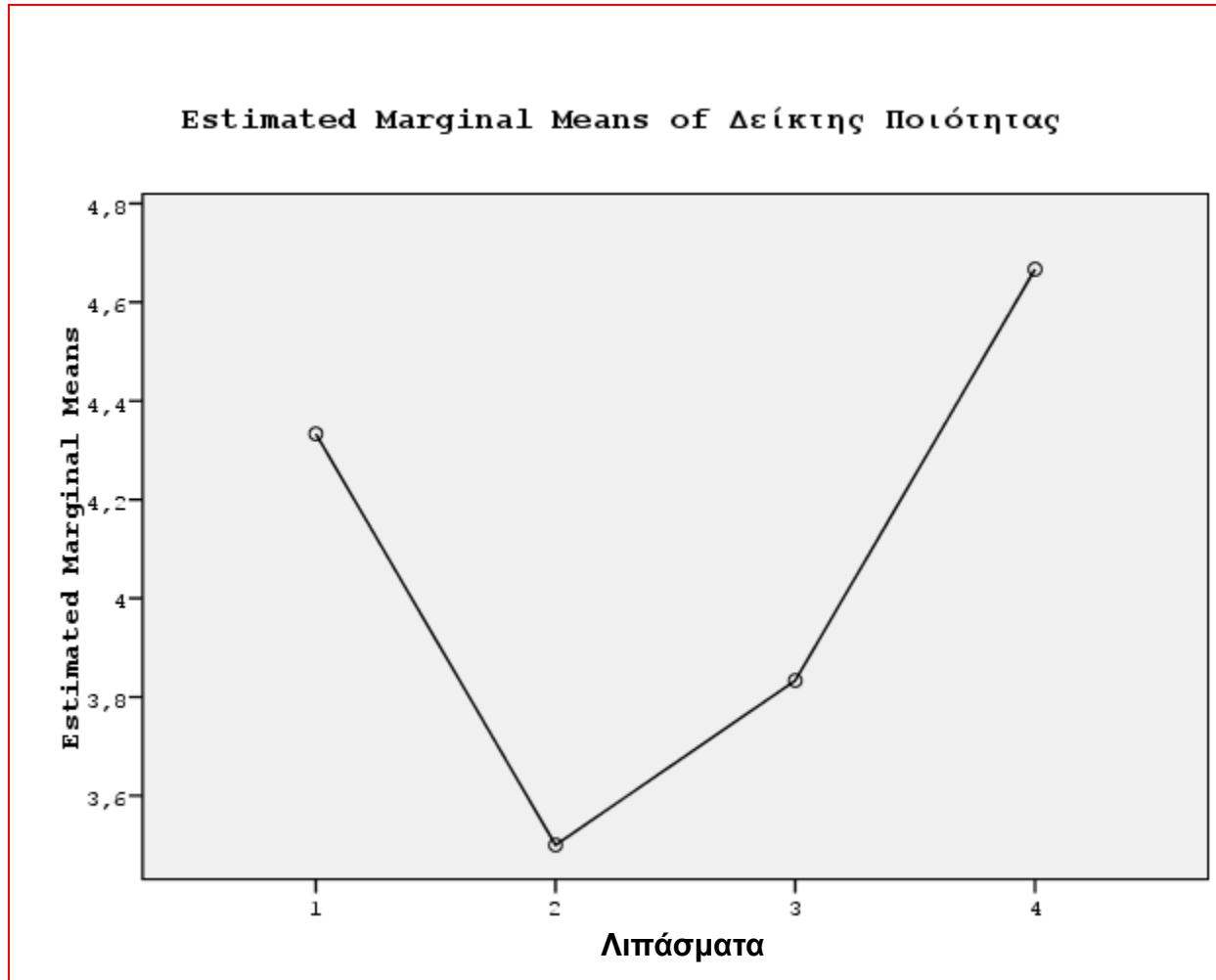
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = .05.

**Δεν υπάρχουν Στατιστικά Σημαντικές Διαφορές μεταξύ των Λιπασμάτων (Συμφωνία με ANOVA)**



# Διάγραμμα Σύγκρισης Ομάδων



# Αποτελέσματα με το SPSS (5)

## Simple Main Effects Analysis (Ανάλυση Απλών Κύριων Επιδράσεων:) Πρώτη Κατεύθυνση

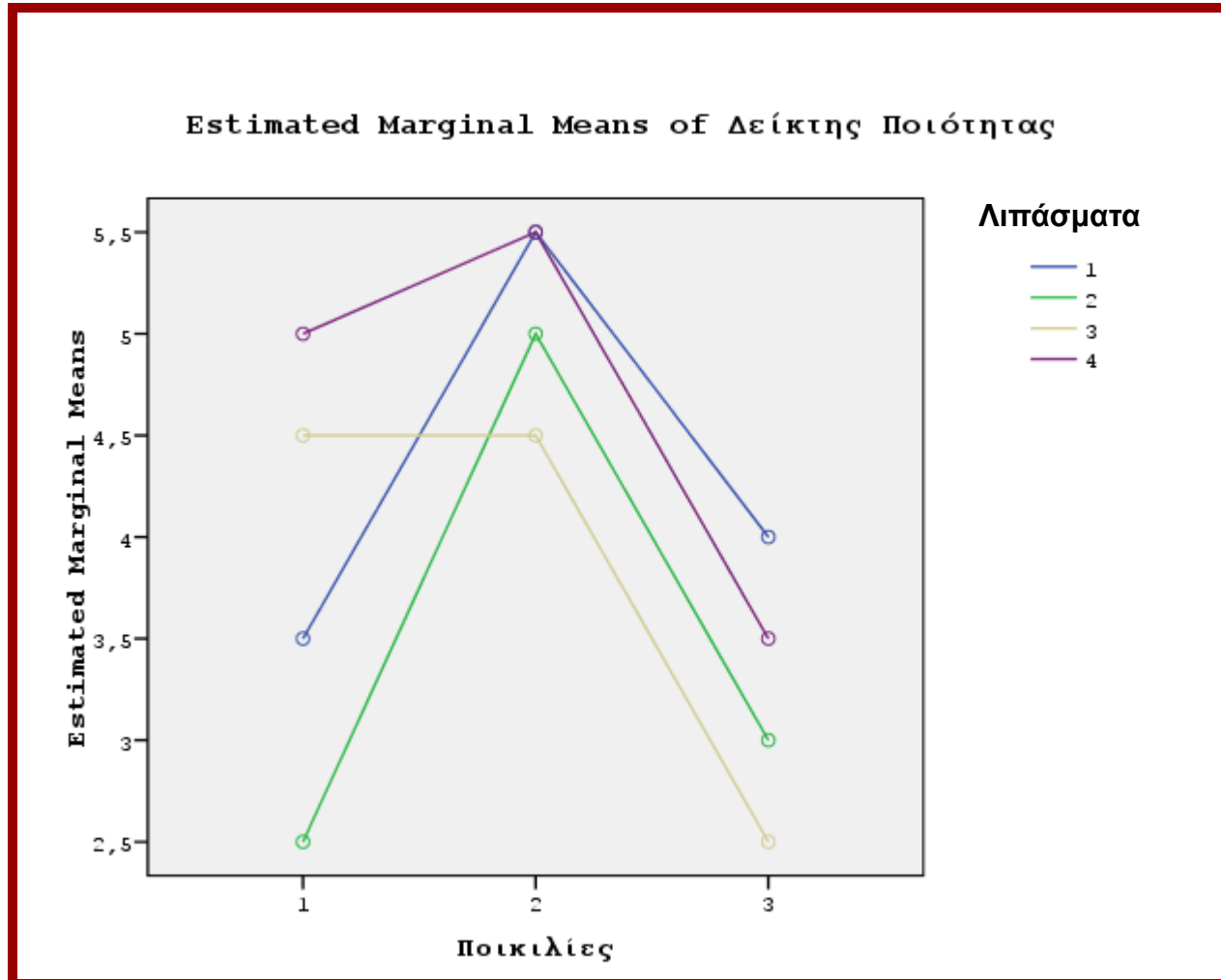
### Estimates

Dependent Variable: Δείκτης Ποιότητας

| Ποικιλίες | Λιπάσματα | Mean  | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|-----------|-----------|-------|------------|-------------------------|-------------|
|           |           |       |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| 1         | 1         | 3.500 | .577       | 2.242                   | 4.758       |
|           | 2         | 2.500 | .577       | 1.242                   | 3.758       |
|           | 3         | 4.500 | .577       | 3.242                   | 5.758       |
|           | 4         | 5.000 | .577       | 3.742                   | 6.258       |
| 2         | 1         | 5.500 | .577       | 4.242                   | 6.758       |
|           | 2         | 5.000 | .577       | 3.742                   | 6.258       |
|           | 3         | 4.500 | .577       | 3.242                   | 5.758       |
|           | 4         | 5.500 | .577       | 4.242                   | 6.758       |
| 3         | 1         | 4.000 | .577       | 2.742                   | 5.258       |
|           | 2         | 3.000 | .577       | 1.742                   | 4.258       |
|           | 3         | 2.500 | .577       | 1.242                   | 3.758       |
|           | 4         | 3.500 | .577       | 2.242                   | 4.758       |



# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης Πρώτη Κατεύθυνση



# Αποτελέσματα με το SPSS (6)

## Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Δείκτης Ποιότητας

| Ποικιλίες | Λιπά-<br>σματα<br>(I) | Λιπά-<br>σματα<br>(J) | Mean<br>Difference<br>(I-J) | Std. Error | Sig. <sup>a</sup> | 95% Confidence Interval for<br>Difference <sup>a</sup> |             |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|------------|-------------------|--|-------------|
|           |                       |                       |                             |            |                   | Lower Bound  | Upper Bound |
| 1         | 1                     | 2                     | 1.000                       | .816       | 1.000             | -1.574   | 3.574       |
|           |                       | 3                     | -1.000                      | .816       | 1.000             | -3.574   | 1.574       |
|           |                       | 4                     | -1.500                      | .816       | .546              | -4.074   | 1.074       |
|           | 2                     | 1                     | -1.000                      | .816       | 1.000             | -3.574   | 1.574       |
|           |                       | 3                     | -2.000                      | .816       | .184              | -4.574   | .574        |
|           |                       | 4                     | -2.500                      | .816       | .059              | -5.074   | .074        |
|           | 3                     | 1                     | 1.000                       | .816       | 1.000             | -1.574   | 3.574       |
|           |                       | 2                     | 2.000                       | .816       | .184              | -.574  | 4.574       |
|           |                       | 4                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           | 4                     | 1                     | 1.500                       | .816       | .546              | -1.074   | 4.074       |
|           |                       | 2                     | 2.500                       | .816       | .059              | -.074  | 5.074       |
|           |                       | 3                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
| 2         | 1                     | 2                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
|           |                       | 3                     | 1.000                       | .816       | 1.000             | -1.574   | 3.574       |
|           |                       | 4                     | -1.11E-016                  | .816       | 1.000             | -2.574   | 2.574       |
|           | 2                     | 1                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           |                       | 3                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
|           |                       | 4                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           | 3                     | 1                     | -1.000                      | .816       | 1.000             | -3.574   | 1.574       |
|           |                       | 2                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           |                       | 4                     | -1.000                      | .816       | 1.000             | -3.574   | 1.574       |
|           | 4                     | 1                     | 1.11E-016                   | .816       | 1.000             | -2.574   | 2.574       |
|           |                       | 2                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
|           |                       | 3                     | 1.000                       | .816       | 1.000             | -1.574   | 3.574       |
| 3         | 1                     | 2                     | 1.000                       | .816       | 1.000             | -1.574   | 3.574       |
|           |                       | 3                     | 1.500                       | .816       | .546              | -1.074   | 4.074       |
|           |                       | 4                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
|           | 2                     | 1                     | -1.000                      | .816       | 1.000             | -3.574   | 1.574       |
|           |                       | 3                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
|           |                       | 4                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           | 3                     | 1                     | -1.500                      | .816       | .546              | -4.074   | 1.074       |
|           |                       | 2                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           |                       | 4                     | -1.000                      | .816       | 1.000             | -3.574   | 1.574       |
|           | 4                     | 1                     | -.500                       | .816       | 1.000             | -3.074   | 2.074       |
|           |                       | 2                     | .500                        | .816       | 1.000             | -2.074   | 3.074       |
|           |                       | 3                     | 1.000                       | .816       | 1.000             | -1.574   | 3.574       |

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.



# Αποτελέσματα με το SPSS (7)

## Simple Main Effects Analysis (Ανάλυση Απλών Κύριων Επιδράσεων:) Δεύτερη Κατεύθυνση

**Estimates**

Dependent Variable: Δείκτης Ποιότητας

| Λιπάσματα | Ποικιλίες | Mean  | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|-----------|-----------|-------|------------|-------------------------|-------------|
|           |           |       |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| 1         | 1         | 3.500 | .577       | 2.242                   | 4.758       |
|           | 2         | 5.500 | .577       | 4.242                   | 6.758       |
|           | 3         | 4.000 | .577       | 2.742                   | 5.258       |
| 2         | 1         | 2.500 | .577       | 1.242                   | 3.758       |
|           | 2         | 5.000 | .577       | 3.742                   | 6.258       |
|           | 3         | 3.000 | .577       | 1.742                   | 4.258       |
| 3         | 1         | 4.500 | .577       | 3.242                   | 5.758       |
|           | 2         | 4.500 | .577       | 3.242                   | 5.758       |
|           | 3         | 2.500 | .577       | 1.242                   | 3.758       |
| 4         | 1         | 5.000 | .577       | 3.742                   | 6.258       |
|           | 2         | 5.500 | .577       | 4.242                   | 6.758       |
|           | 3         | 3.500 | .577       | 2.242                   | 4.758       |



# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης Δεύτερη Κατεύθυνση





# Αποτελέσματα με το SPSS (8)

## Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Δείκτης Ποιότητας

| Λιπά-<br>σματα | (I) Ποικιλίες | (J) Ποικιλίες | Mean<br>Difference<br>(I-J) | Std. Error | Sig. <sup>a</sup> | 95% Confidence Interval for<br>Difference <sup>a</sup> |             |
|----------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------|-------------------|--|-------------|
|                |               |               |                             |            |                   | Lower Bound  | Upper Bound |
| 1              | 1             | 2             | -2.000                      | .816       | .092              | -4.269   | .269        |
|                |               | 3             | -.500                       | .816       | 1.000             | -2.769   | 1.769       |
|                | 2             | 1             | 2.000                       | .816       | .092              | -.269  | 4.269       |
|                |               | 3             | 1.500                       | .816       | .273              | -.769  | 3.769       |
|                | 3             | 1             | .500                        | .816       | 1.000             | -1.769   | 2.769       |
|                |               | 2             | -1.500                      | .816       | .273              | -3.769   | .769        |
| 2              | 1             | 2             | -2.500*                     | .816       | .030              | -4.769   | -.231       |
|                |               | 3             | -.500                       | .816       | 1.000             | -2.769   | 1.769       |
|                | 2             | 1             | 2.500*                      | .816       | .030              | .231   | 4.769       |
|                |               | 3             | 2.000                       | .816       | .092              | -.269  | 4.269       |
|                | 3             | 1             | .500                        | .816       | 1.000             | -1.769   | 2.769       |
|                |               | 2             | -2.000                      | .816       | .092              | -4.269   | .269        |
| 3              | 1             | 2             | -3.33E-016                  | .816       | 1.000             | -2.269   | 2.269       |
|                |               | 3             | 2.000                       | .816       | .092              | -.269  | 4.269       |
|                | 2             | 1             | 3.33E-016                   | .816       | 1.000             | -2.269   | 2.269       |
|                |               | 3             | 2.000                       | .816       | .092              | -.269  | 4.269       |
|                | 3             | 1             | -2.000                      | .816       | .092              | -4.269   | .269        |
|                |               | 2             | -2.000                      | .816       | .092              | -4.269   | .269        |
| 4              | 1             | 2             | -.500                       | .816       | 1.000             | -2.769   | 1.769       |
|                |               | 3             | 1.500                       | .816       | .273              | -.769  | 3.769       |
|                | 2             | 1             | .500                        | .816       | 1.000             | -1.769   | 2.769       |
|                |               | 3             | 2.000                       | .816       | .092              | -.269  | 4.269       |
|                | 3             | 1             | -1.500                      | .816       | .273              | -3.769   | .769        |
|                |               | 2             | -2.000                      | .816       | .092              | -4.269   | .269        |

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.



# Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων (1)

- Η ANOVA έδειξε ότι **υπάρχουν** στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ , μεταξύ των 3 Ποικιλιών:  
**(F(2,12)=10,94,  $p=0,002<0,05$ )**
- Η ANOVA **δεν ανίχνευσε** στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ , μεταξύ των 4 Λιπασμάτων:  
**(F(3,12)=2,42,  $p=0,117>0,05$ )**
- Η ANOVA **δεν ανίχνευσε** στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ , μεταξύ Ποικιλιών και Λιπασμάτων (οι Ποικιλίες συμπεριφέρθηκαν κατά τον ίδιο περίπου τρόπο στα διάφορα Λιπάσματα):  
**(F(6,12)=1,60,  $p=0,229>0,05$ )**



# Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων (2)

## Δείκτης Ποιότητας

| Ποικιλίες | Mean           | Std. Deviation | N  |
|-----------|----------------|----------------|----|
| 1         | <b>3.875 b</b> | 1.246          | 8  |
| 2         | <b>5.125 a</b> | .835           | 8  |
| 3         | <b>3.25 b</b>  | .707           | 8  |
| Total     | 4.08           | 1.213          | 24 |

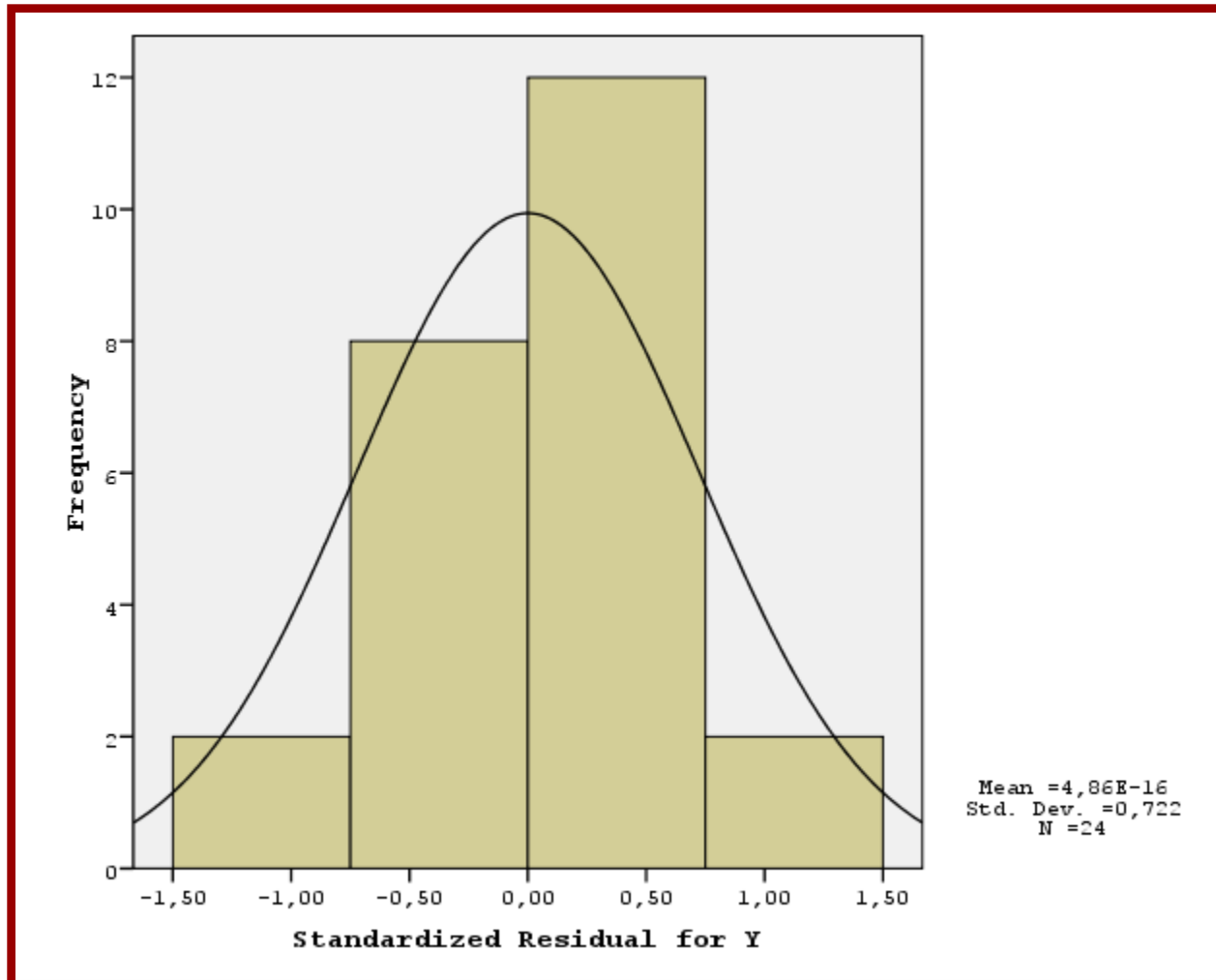
Μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ , σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου **Tukey HSD**





# Έλεγχοι Προϋποθέσεων

# Έλεγχος Κανονικότητας Κατανομή των Σφαλμάτων (1)



# Κατανομή των Σφαλμάτων (2)

## Descriptive Statistics

|                             | N         | Skewness  |            | Kurtosis  |            |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
|                             | Statistic | Statistic | Std. Error | Statistic | Std. Error |
| Standardized Residual for Y | 24        | .000      | .472       | -1.101    | .918       |
| Valid N (listwise)          | 24        |           |            |           |            |



# Κατανομή των Σφαλμάτων (3)

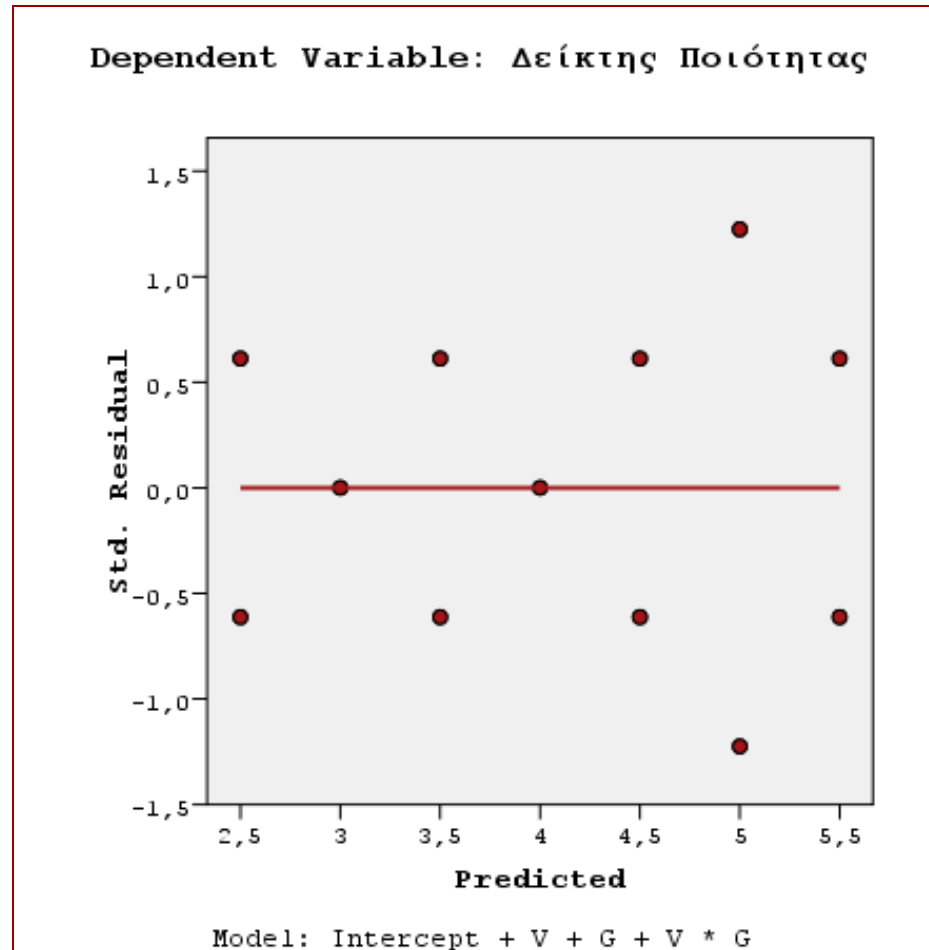
|                                  |                         |             | Standardized Residual for Y |
|----------------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|
| N                                |                         |             | 24                          |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean                    |             | .0000                       |
|                                  | Std. Deviation          |             | .72232                      |
| Most Extreme Differences         | Absolute                |             | .218                        |
|                                  | Positive                |             | .218                        |
|                                  | Negative                |             | -.218                       |
| Kolmogorov-Smirnov Z             |                         |             | 1.070                       |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                         |             | .202                        |
| Monte Carlo Sig. (2-tailed)      | Sig.                    |             | .178 <sup>c</sup>           |
|                                  | 99% Confidence Interval | Lower Bound | .168                        |
|                                  |                         | Upper Bound | .188                        |

a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.



# Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας

Προσαρμογή  
Βέλτιστης  
Καμπύλης  
(Μέθοδος  
*Loess-90%*)





# Παράδειγμα 2 (εκτός βιβλίου)

- Η Τυχαιοποίηση των επεμβάσεων έγινε σύμφωνα με το RCBD

| Λιπάνσεις  | Ομάδες | Είδη     |     |         |          |          |          |        |           |            |  |
|------------|--------|----------|-----|---------|----------|----------|----------|--------|-----------|------------|--|
|            |        | Agrostis | Poa | Festuca | Prunella | Plantago | Fragaria | Galium | Trifolium | Dorigonium |  |
| Μάρτυρας   | 1      | 34       | 25  | 29      | 27       | 26       | 19       | 48     | 80        | 60         |  |
| Μάρτυρας   | 2      | 19       | 35  | 28      | 25       | 31       | 22       | 19     | 85        | 55         |  |
| Μάρτυρας   | 3      | 20       | 16  | 37      | 56       | 45       | 37       | 49     | 93        | 60         |  |
| Μάρτυρας   | 4      | 22       | 28  | 43      | 36       | 32       | 42       | 29     | 83        | 82         |  |
| Μάρτυρας   | 5      | 18       | 18  | 35      | 39       | 41       | 43       | 30     | 94        | 73         |  |
| Μάρτυρας   | 6      | 29       | 21  | 45      | 53       | 30       | 51       | 56     | 82        | 87         |  |
| Μάρτυρας   | 7      | 26       | 48  | 38      | 23       | 25       | 22       | 46     | 79        | 80         |  |
| Μάρτυρας   | 8      | 29       | 15  | 51      | 32       | 32       | 30       | 13     | 93        | 84         |  |
| Προσθήκη N | 1      | 15       | 19  | 31      | 10       | 22       | 62       | 66     | 98        | 95         |  |
| Προσθήκη N | 2      | 54       | 52  | 63      | 45       | 45       | 43       | 66     | 75        | 56         |  |
| Προσθήκη N | 3      | 25       | 19  | 37      | 60       | 53       | 37       | 51     | 96        | 85         |  |
| Προσθήκη N | 4      | 22       | 12  | 43      | 95       | 28       | 41       | 72     | 88        | 75         |  |
| Προσθήκη N | 5      | 52       | 44  | 59      | 79       | 55       | 32       | 94     | 97        | 72         |  |
| Προσθήκη N | 6      | 47       | 41  | 52      | 39       | 71       | 57       | 65     | 78        | 73         |  |
| Προσθήκη N | 7      | 31       | 25  | 35      | 44       | 53       | 29       | 80     | 81        | 71         |  |
| Προσθήκη N | 8      | 45       | 23  | 25      | 10       | 13       | 48       | 76     | 92        | 82         |  |
| Προσθήκη P | 1      | 4        | 17  | 7       | 39       | 23       | 17       | 42     | 96        | 85         |  |
| Προσθήκη P | 2      | 5        | 16  | 9       | 75       | 16       | 52       | 83     | 83        | 45         |  |
| Προσθήκη P | 3      | 2        | 15  | 6       | 51       | 27       | 16       | 83     | 75        | 70         |  |
| Προσθήκη P | 4      | 2        | 12  | 9       | 46       | 17       | 28       | 83     | 82        | 73         |  |
| Προσθήκη P | 5      | 10       | 16  | 8       | 10       | 22       | 37       | 73     | 74        | 67         |  |
| Προσθήκη P | 6      | 25       | 21  | 13      | 35       | 38       | 55       | 87     | 97        | 77         |  |
| Προσθήκη P | 7      | 13       | 23  | 15      | 37       | 41       | 15       | 53     | 89        | 92         |  |
| Προσθήκη P | 8      | 12       | 15  | 14      | 46       | 13       | 18       | 75     | 92        | 86         |  |



# Πίνακας ΑΝΟΝΑ

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Response (Ποσοστό Ριζών με αποικισμό)

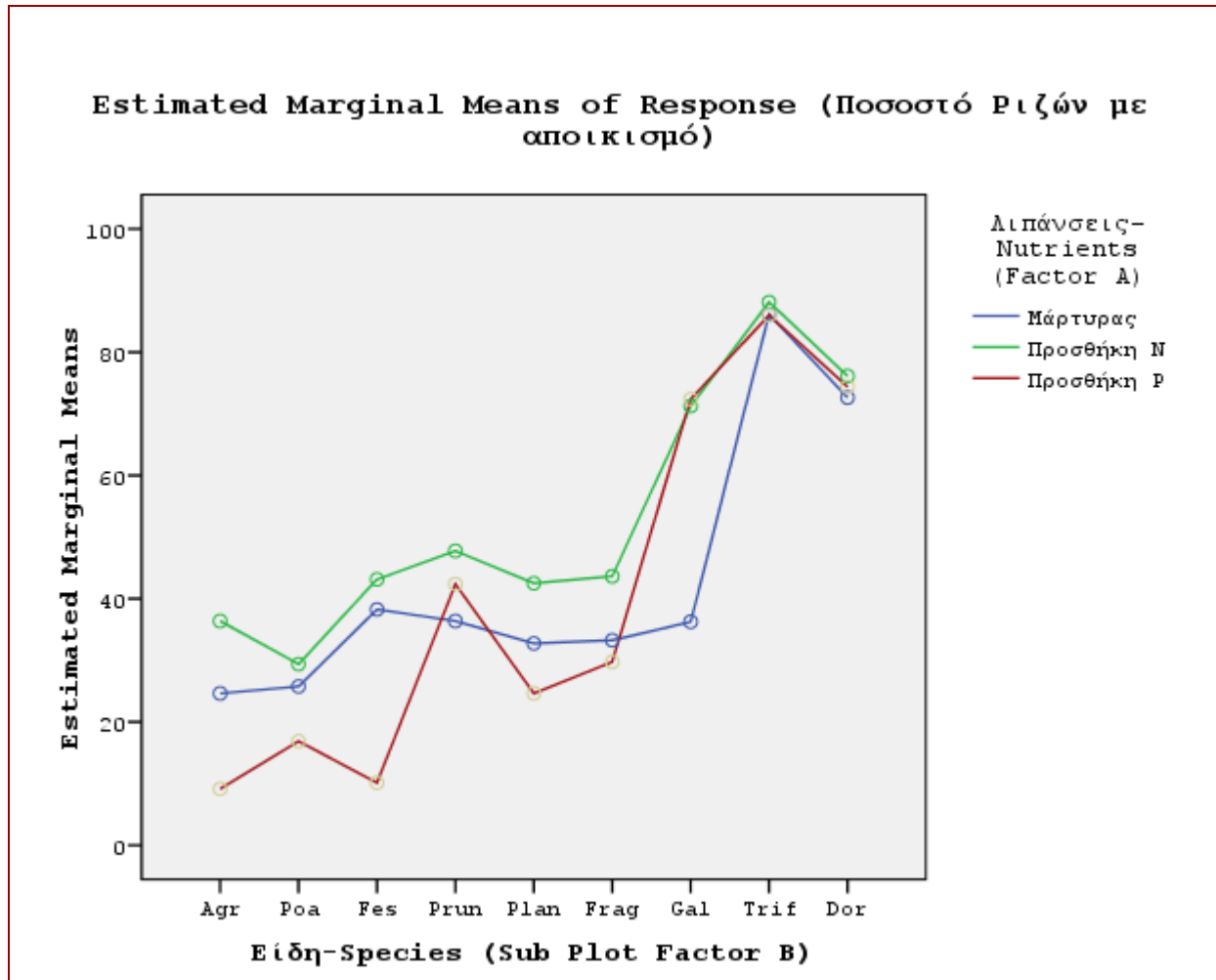
| Source             | Type III Sum of Squares | df  | Mean Square | F        | Sig. | Partial Eta Squared | Noncent. Parameter | Observed Power <sup>a</sup> |
|--------------------|-------------------------|-----|-------------|----------|------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Corrected Model    | 120932.079 <sup>b</sup> | 33  | 3664.608    | 21.568   | .000 | .796                | 711.748            | 1.000                       |
| Intercept          | 448175.560              | 1   | 448175.560  | 2637.745 | .000 | .935                | 2637.745           | 1.000                       |
| blocks             | 2419.514                | 7   | 345.645     | 2.034    | .053 | .073                | 14.240             | .778                        |
| nutrient           | 6402.843                | 2   | 3201.421    | 18.842   | .000 | .172                | 37.684             | 1.000                       |
| species            | 100330.481              | 8   | 12541.310   | 73.812   | .000 | .764                | 590.497            | 1.000                       |
| nutrient * species | 11779.241               | 16  | 736.203     | 4.333    | .000 | .276                | 69.327             | 1.000                       |
| Error              | 30923.361               | 182 | 169.909     |          |      |                     |                    |                             |
| Total              | 600031.000              | 216 |             |          |      |                     |                    |                             |
| Corrected Total    | 151855.440              | 215 |             |          |      |                     |                    |                             |

a. Computed using alpha = .05

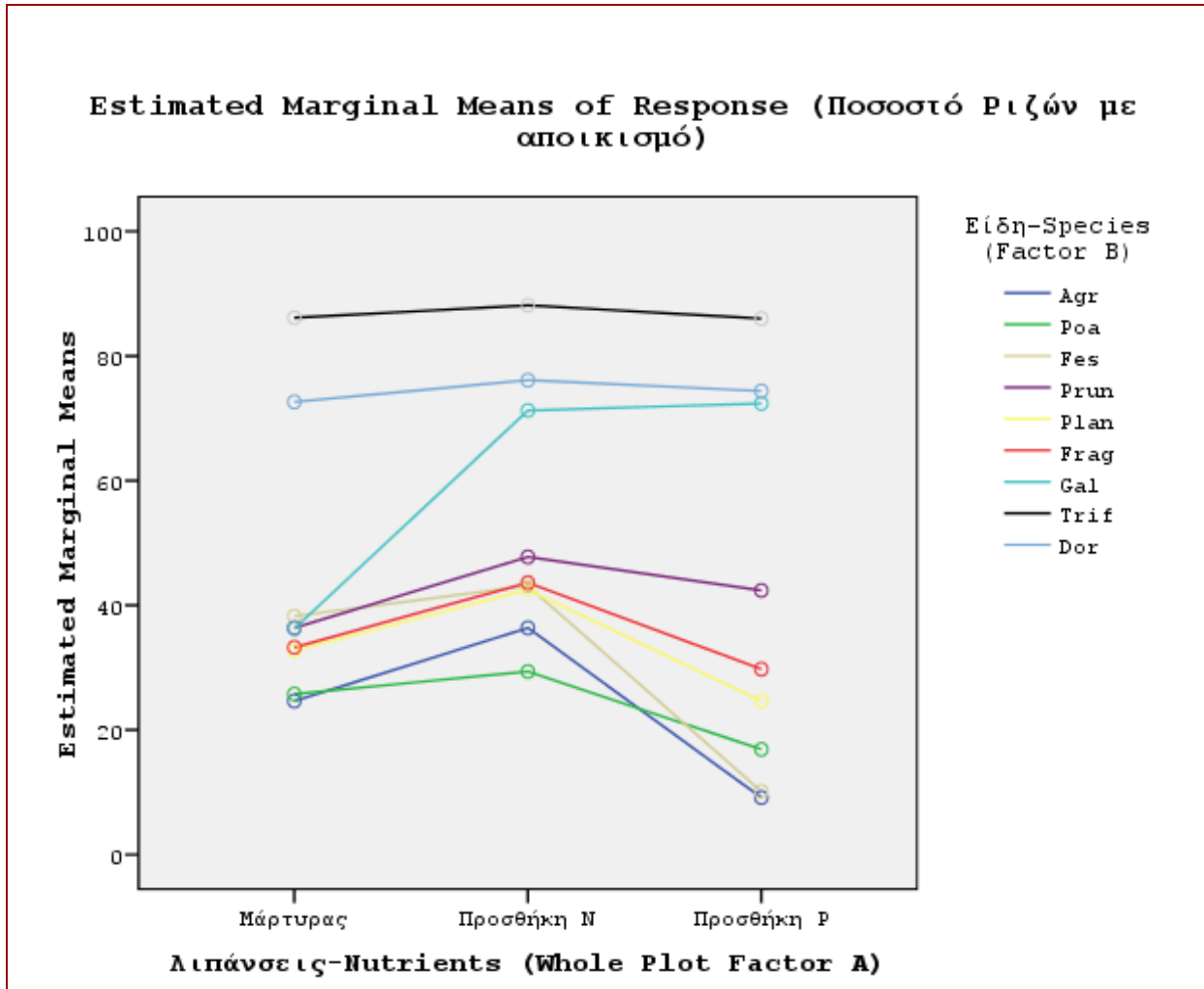
b. R Squared = .796 (Adjusted R Squared = .759)



# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης Πρώτη Κατεύθυνση



# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης Δεύτερη Κατεύθυνση



# Συγκρίσεις Μέσων Όρων

Report

Response (Ποσοστό Ριζών με αποικισμό)

| Λιπάνσεις-Nutrients | Είδη-Species (Sub) | Mean | Std. Deviation | N  |
|---------------------|--------------------|------|----------------|----|
| Μάρτυρας            | Agrostis           | 24.6 | 5.8            | 8  |
|                     | Poa                | 25.8 | 11.2           | 8  |
|                     | Festuca            | 38.3 | 7.9            | 8  |
|                     | Prunella           | 36.4 | 12.4           | 8  |
|                     | Plantago           | 32.0 | 6.9            | 8  |
|                     | Fragaria           | 33.3 | 11.8           | 8  |
|                     | Galium             | 36.3 | 15.7           | 8  |
|                     | Trifolium          | 86.1 | 6.2            | 8  |
|                     | Dorignum           | 72.6 | 12.6           | 8  |
|                     | Total              | 42.9 | 22.7           | 72 |
| Προσθήκη N          | Agrostis           | 36.4 | 14.9           | 8  |
|                     | Poa                | 29.4 | 14.3           | 8  |
|                     | Festuca            | 43.1 | 13.7           | 8  |
|                     | Prunella           | 47.8 | 30.0           | 8  |
|                     | Plantago           | 42.5 | 19.6           | 8  |
|                     | Fragaria           | 43.6 | 11.6           | 8  |
|                     | Galium             | 71.3 | 12.7           | 8  |
|                     | Trifolium          | 89.1 | 9.1            | 8  |
|                     | Dorignum           | 76.1 | 11.5           | 8  |
|                     | Total              | 53.1 | 24.6           | 72 |
| Προσθήκη P          | Agrostis           | 9.1  | 7.8            | 8  |
|                     | Poa                | 16.9 | 3.5            | 8  |
|                     | Festuca            | 10.1 | 3.4            | 8  |
|                     | Prunella           | 42.4 | 18.2           | 8  |
|                     | Plantago           | 24.6 | 10.2           | 8  |
|                     | Fragaria           | 29.8 | 16.5           | 8  |
|                     | Galium             | 72.4 | 16.3           | 8  |
|                     | Trifolium          | 86.0 | 8.9            | 8  |
|                     | Dorignum           | 74.4 | 14.7           | 8  |
|                     | Total              | 40.6 | 30.5           | 72 |

ΕΣΔ (0,05)=12,9 (όλες οι συγκρίσεις ανά δύο)

Bonferroni (Family-Οικογένεια Συγκρίσεων)

ΕΣΔ (0,001)=21,8

Bonferroni (όλες οι συγκρίσεις ανά δύο)

ΕΣΔ (0,0001)=25,9

# Γενικά συμπεράσματα

- Υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ λιπάνσεων και φυτικών ειδών
- Άλλα είδη ευνοούνται από την παρουσία **P** ενώ σε άλλα είδη δρα μάλλον τοξικά
- Η παρουσία **N** δρα ευνοϊκά στα περισσότερα είδη





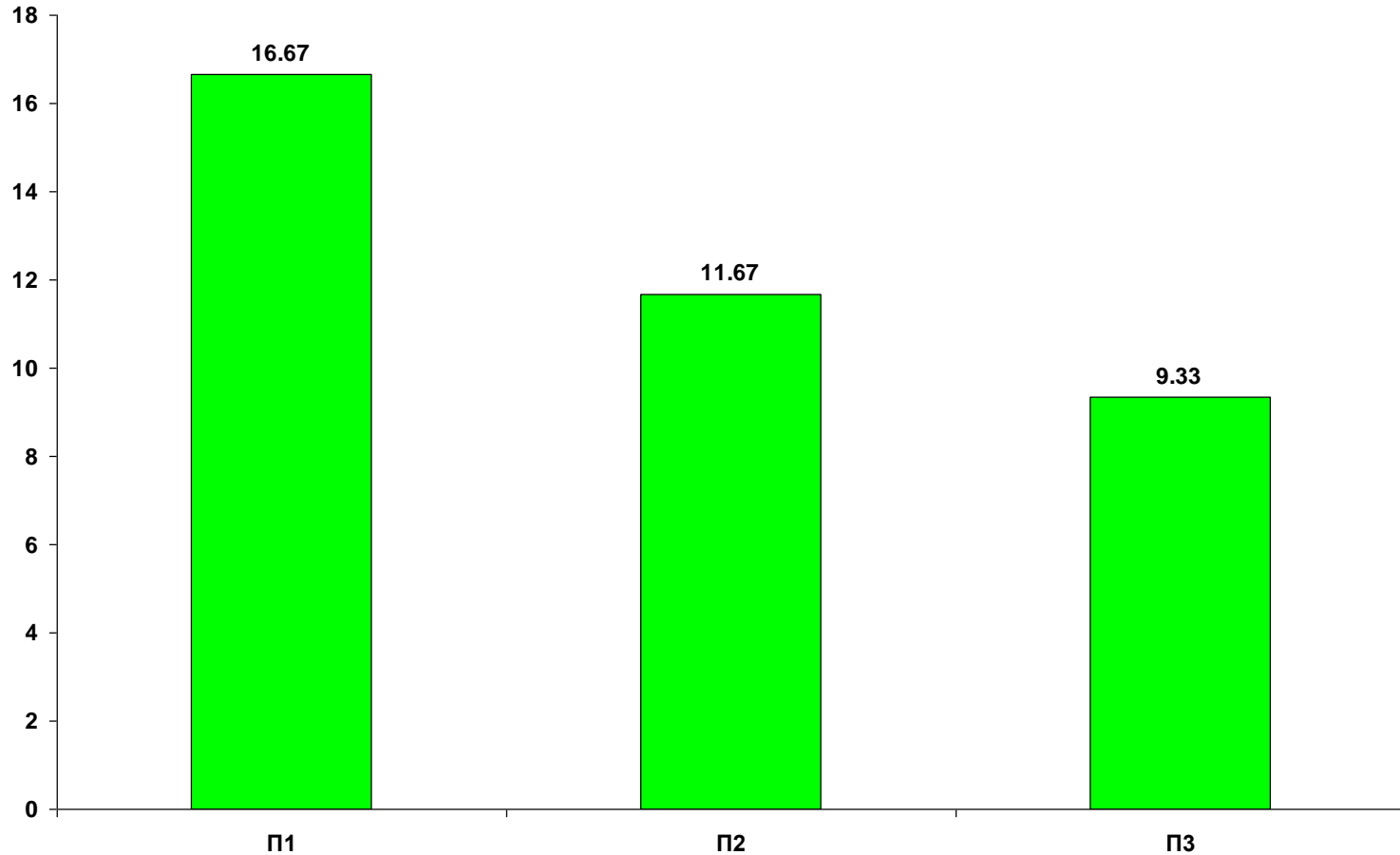
# Αλληλεπίδραση Παραγόντων



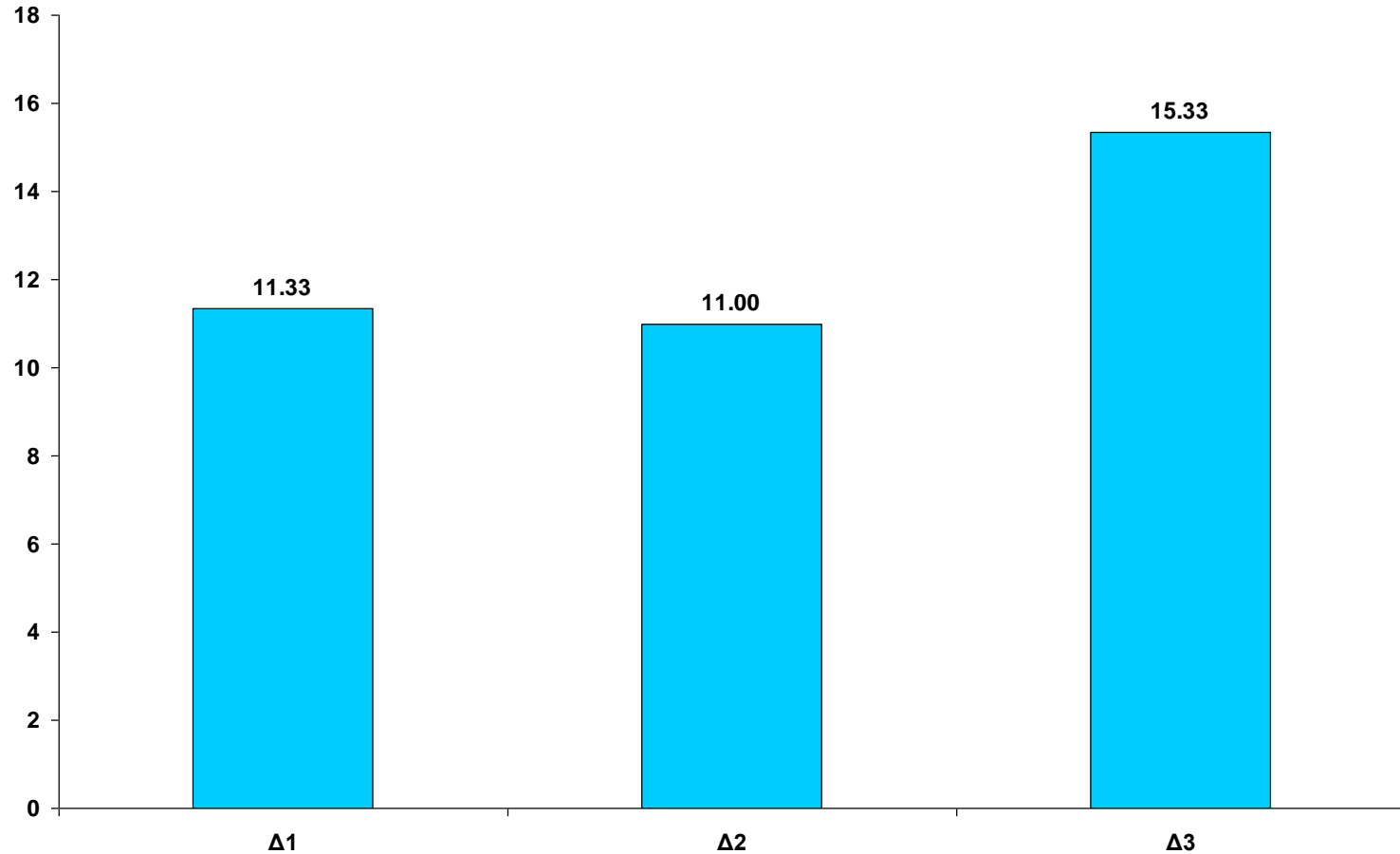
# Παράδειγμα με Αλληλεπίδραση



# Κύρια Επίδραση της Ποικιλίας

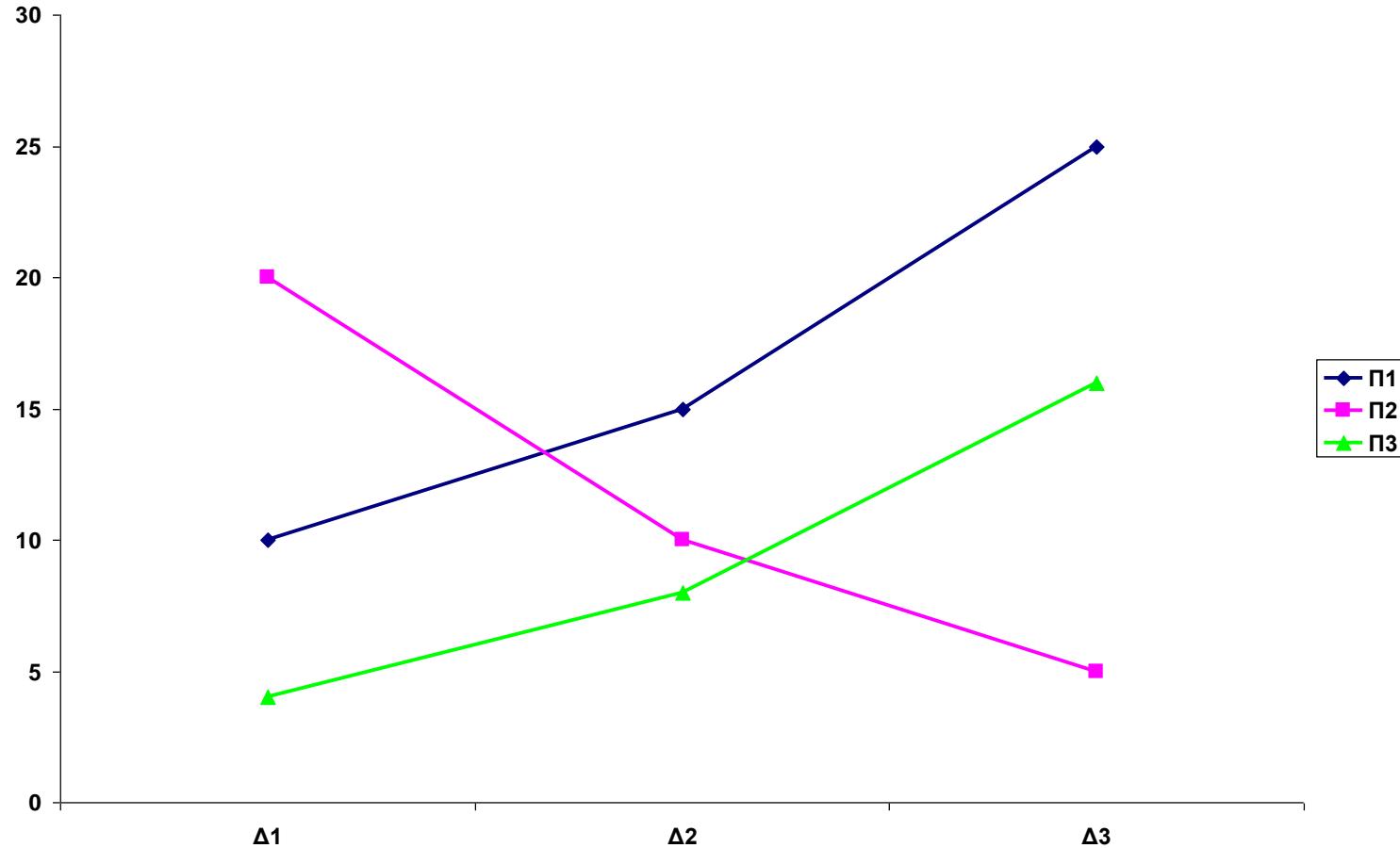


# Κύρια Επίδραση της Δόσης



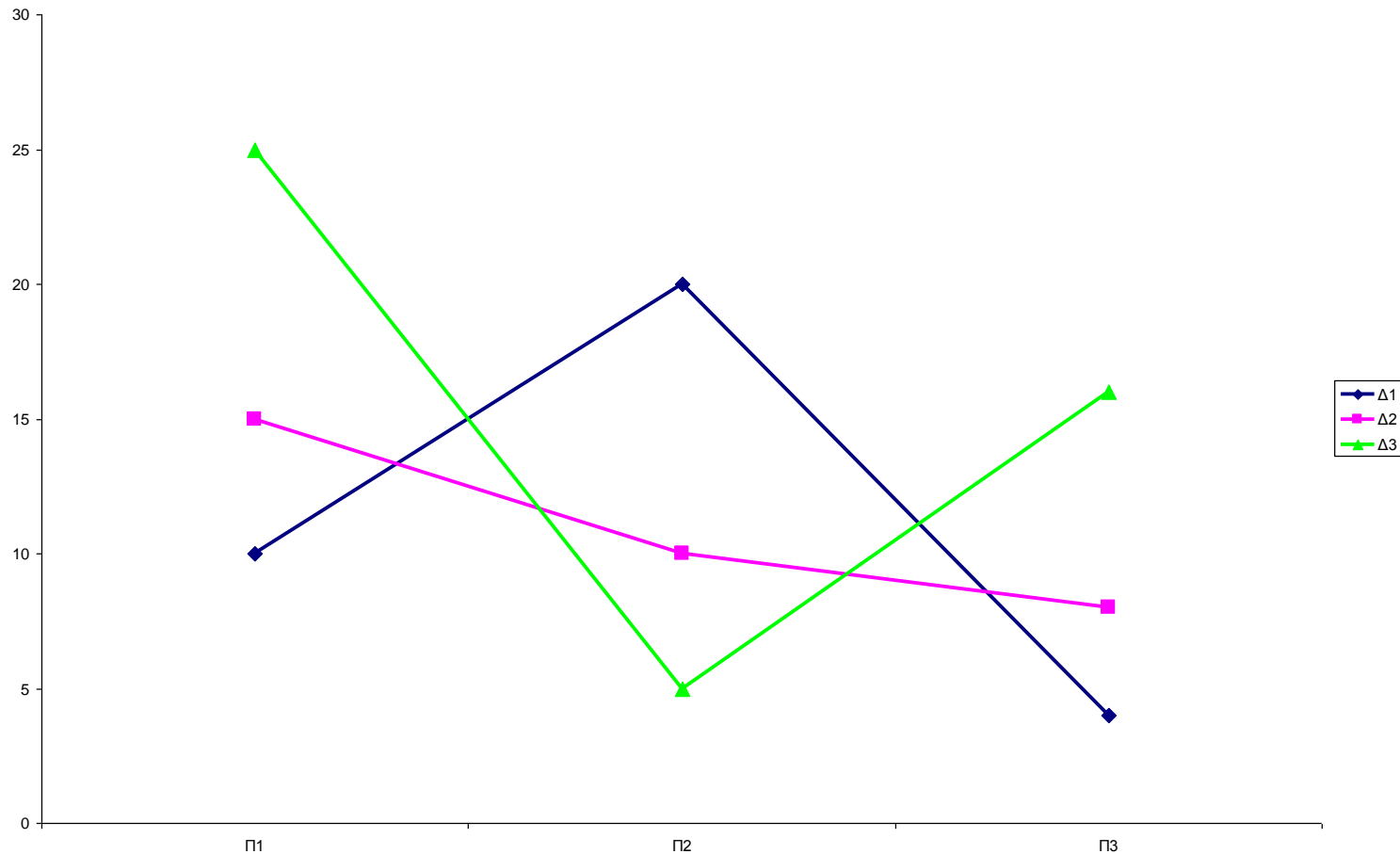
# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης

## 1<sup>η</sup> Κατεύθυνση



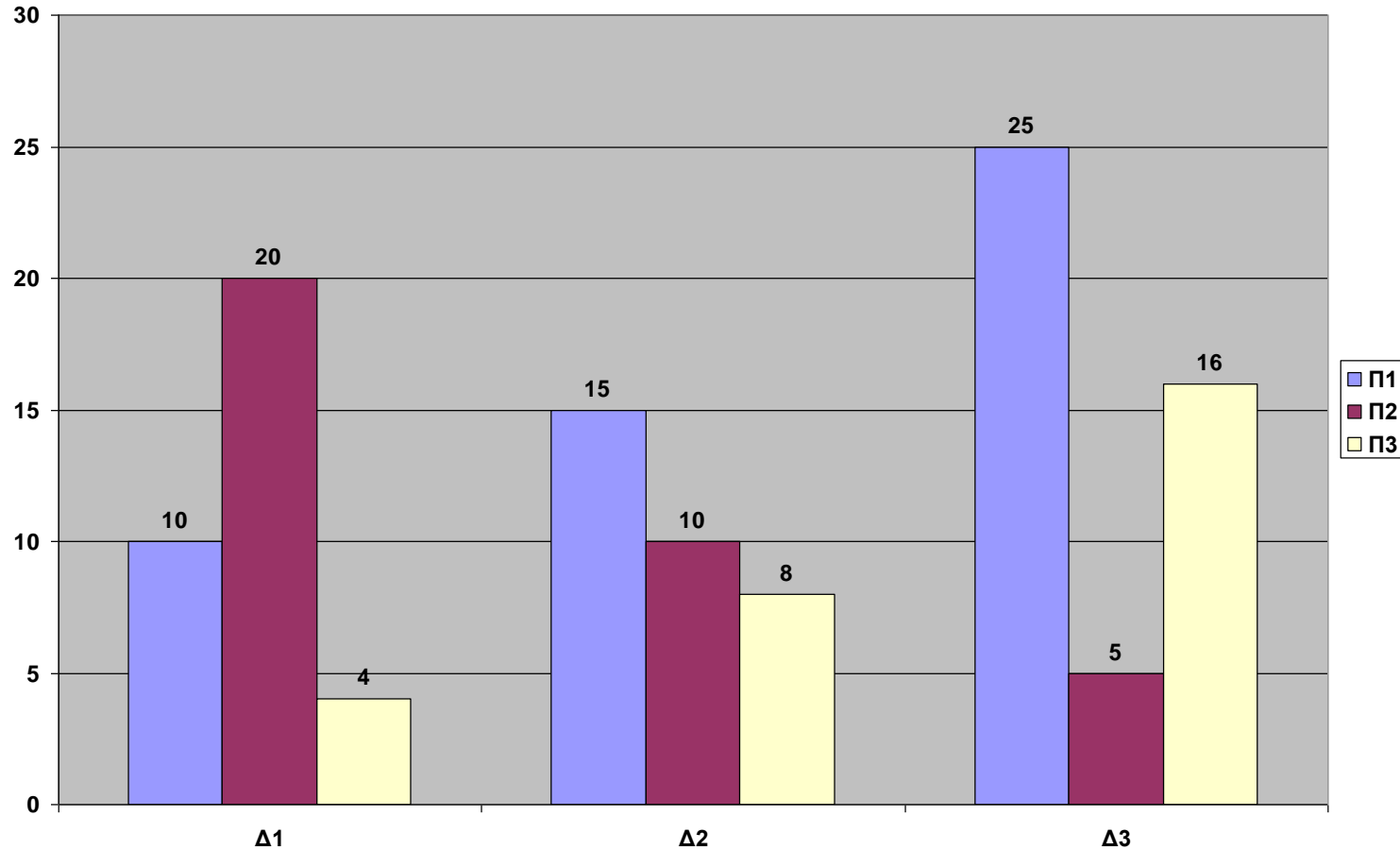
# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης

## 2<sup>η</sup> Κατεύθυνση



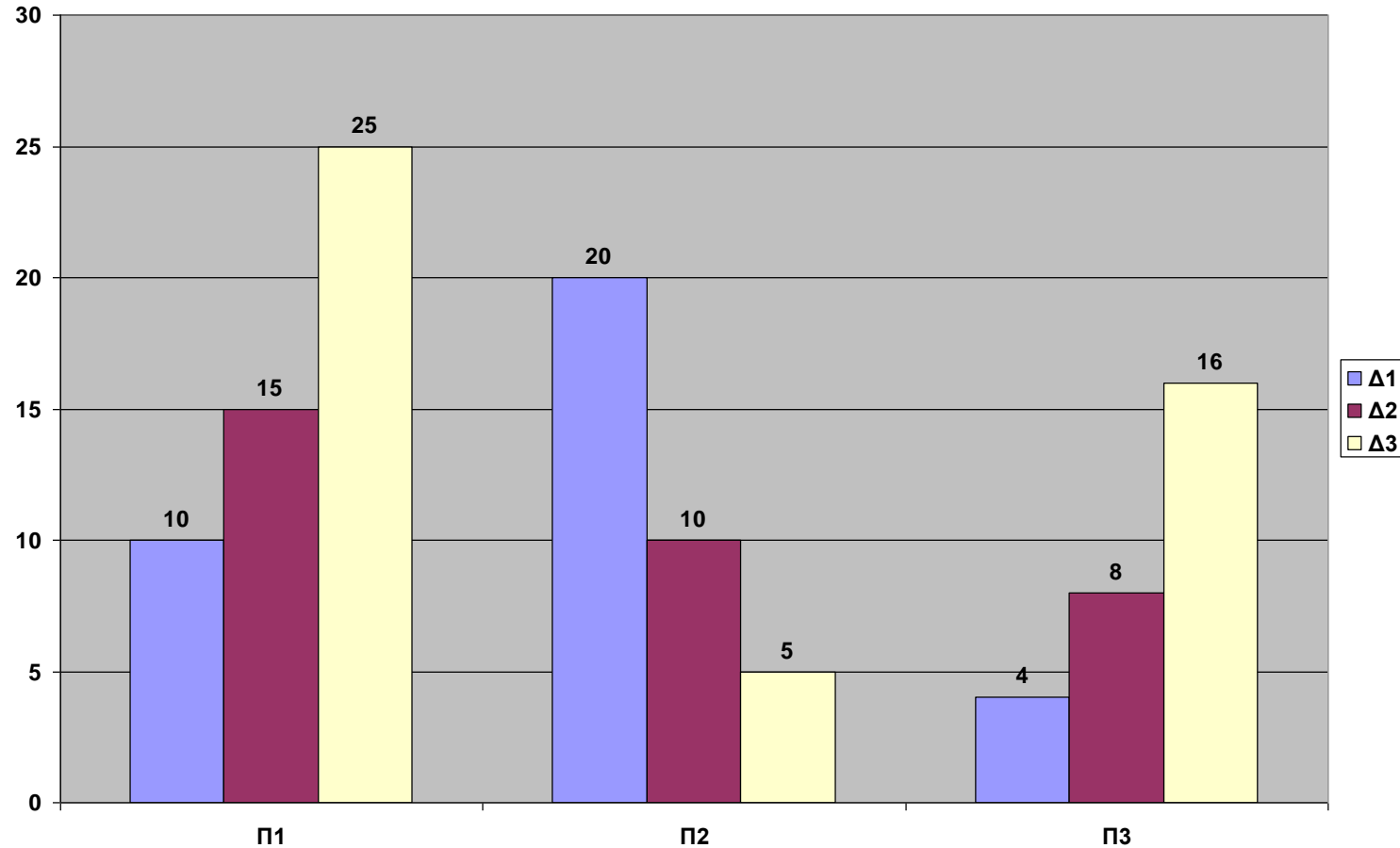
# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης

## 1<sup>η</sup> Κατεύθυνση (2)



# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης

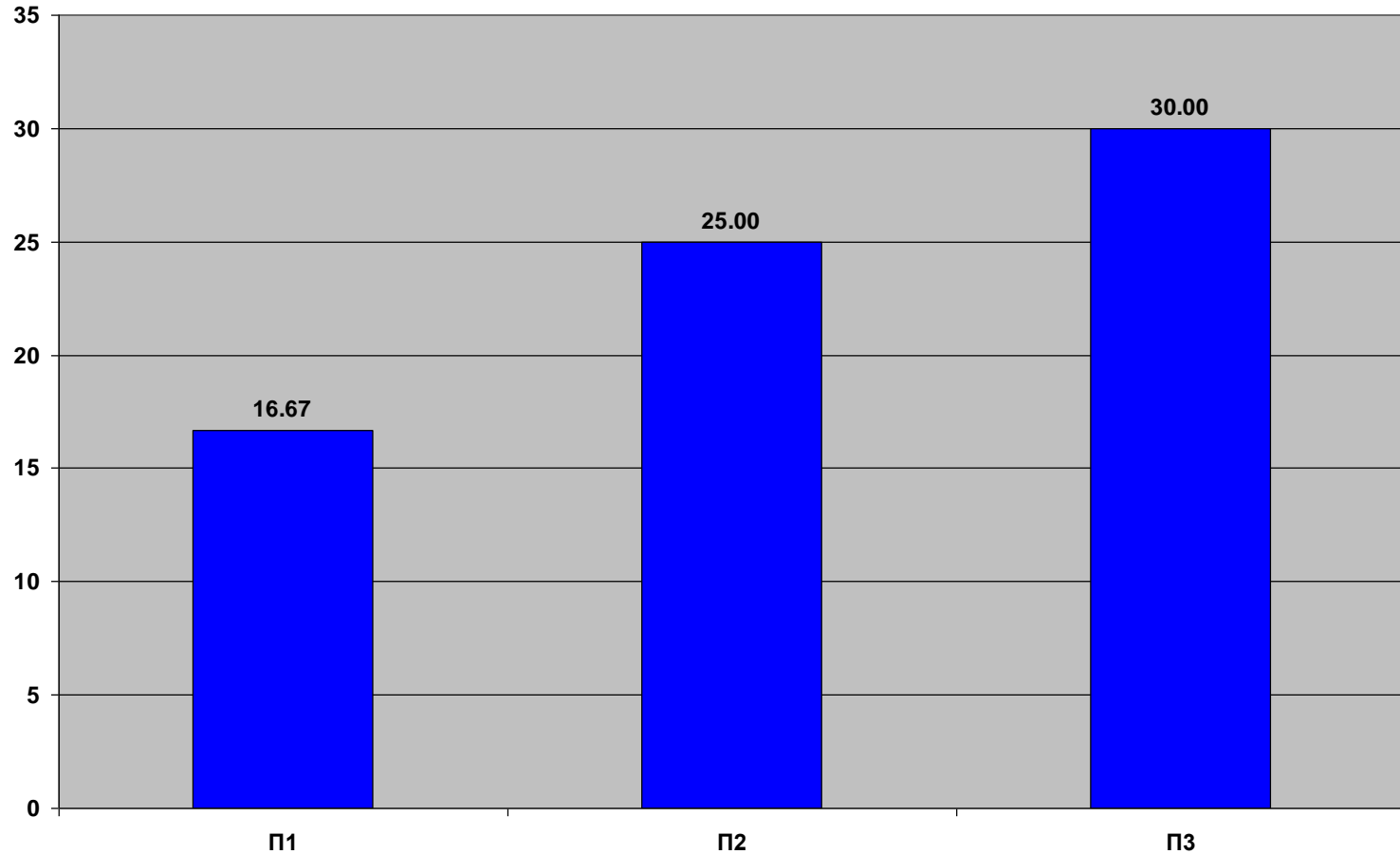
## 2<sup>η</sup> Κατεύθυνση (2)





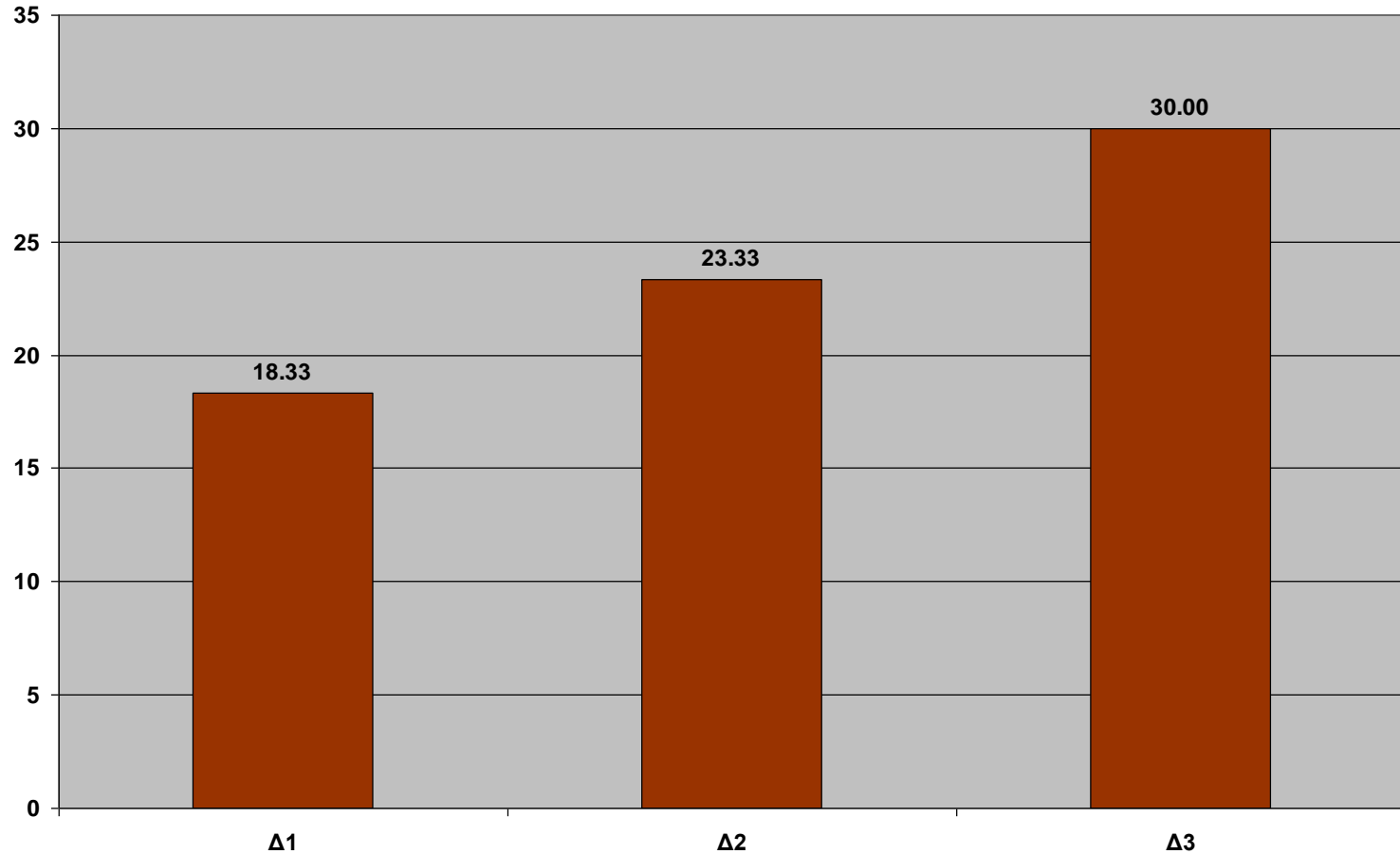
# Παράδειγμα χωρίς Αλληλεπίδραση

# Κύρια Επίδραση της Ποικιλίας (2)



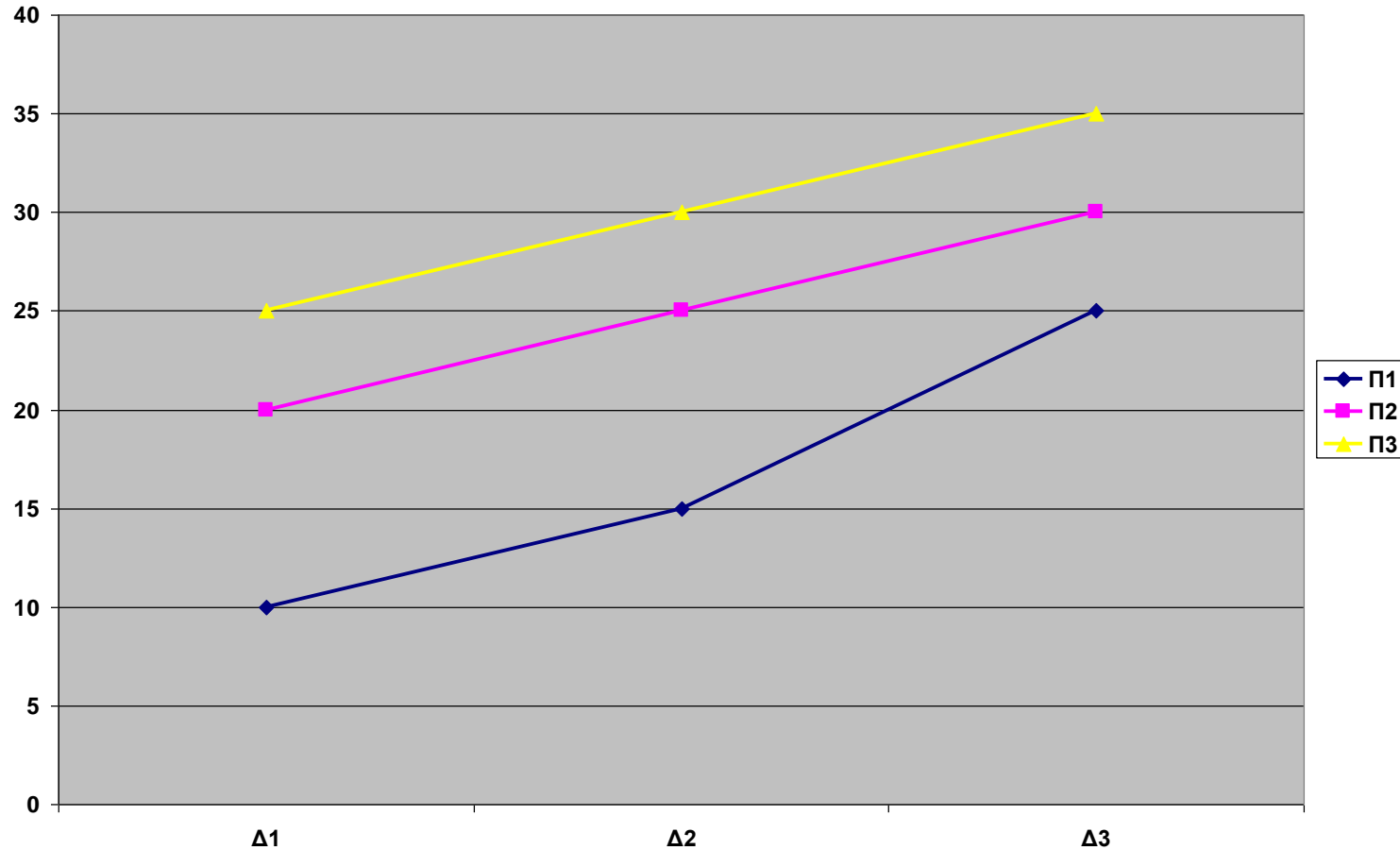


# Κύρια Επίδραση της Δόσης (2)



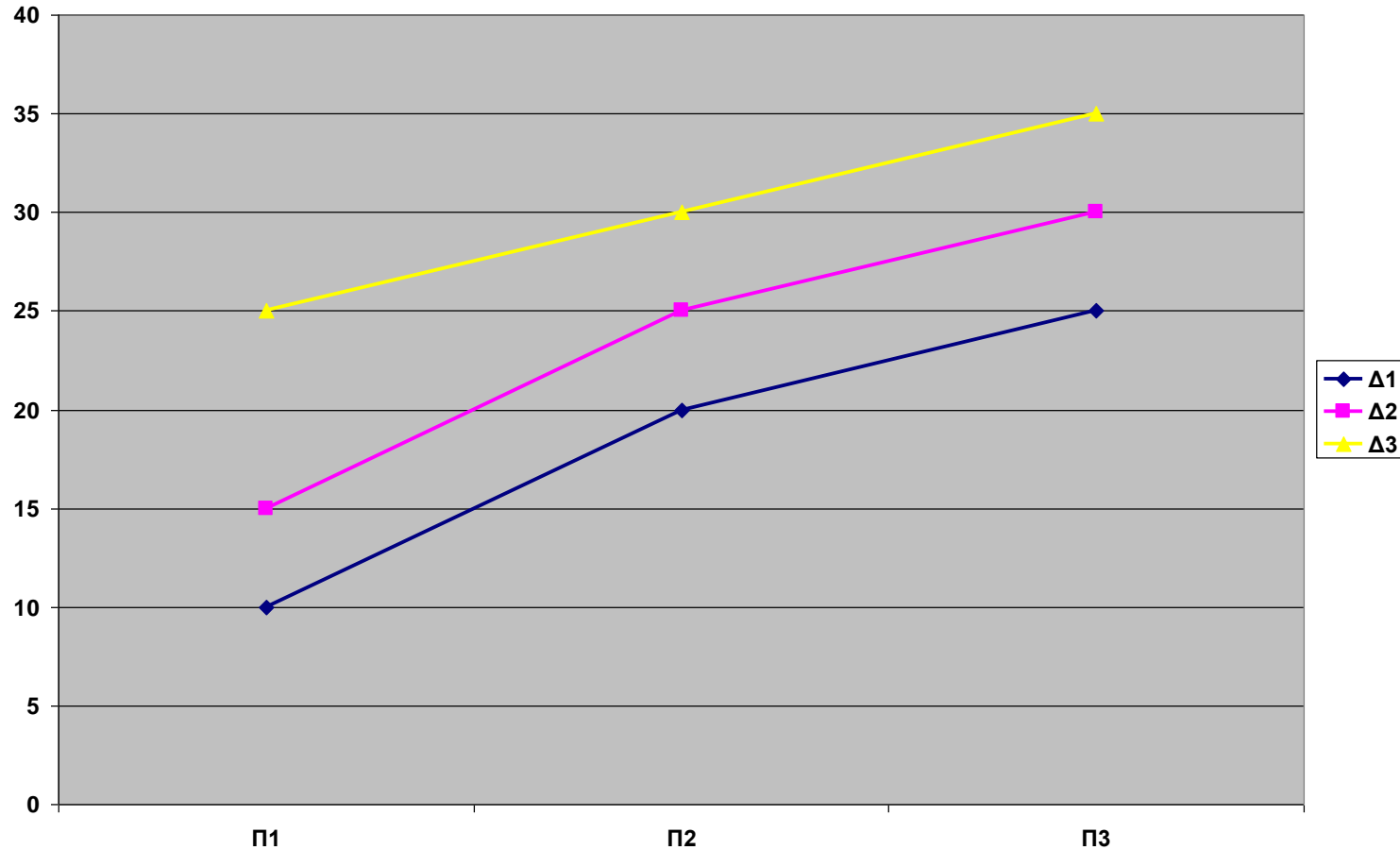
# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης

## 1<sup>η</sup> Κατεύθυνση (3)



# Διάγραμμα Αλληλεπίδρασης

## 2<sup>η</sup> Κατεύθυνση (3)



# Βιβλιογραφία

- **Φασούλας, Α. Κ. (ανατ. 2008).** *Στοιχεία Πειραματικής Στατιστικής*. Θεσσαλονίκη: Άγιος-Σάββας Δ. Γαρταγάνης.
- **Καλτσίκης, Π. Ι. (1997).** *Απλά Πειραματικά Σχέδια*. Αθήνα: Εκδόσεις Α. Σταμούλη.
- **Μιχαηλίδης, Ζ. (2005).** *Βιομετρία-Γεωργικός Πειραματισμός*. ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- **Steel, R. & Torrie, J. (1986).** *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- **Gomez, K. & Gomez, A. (1984).** *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Singapore: John Willey & Sons, Inc.
- **Kuehl, R. (2000).** *Designs of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis*. Pacific Grove: Duxbury Thomson Learning.
- **Κολυβά, Φ. και Μπόρα-Σέντα, Ε. (1995).** *Στατιστική: Θεωρία-Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- **Jacoby, W. (2000).** Loess: a nonparametric, graphical tool for depicting relationships between variables. *Electoral Studies*, 19, 577-613





# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Μαρία Αλεμπάκη  
Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

