

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΜΕΤΡΙΑΣ



UNIVERSITY OF

THESSALY

**“Εφαρμογή και χρήση λογισμικών στατιστικής ανάλυσης σε
συνήθη πειραματικά σχέδια”**

Επιβλέπων Καθηγητής: Νάκας Χρήστος

Μανουσοπούλου Μαριάννα

«Πτυχιακή Εργασία»

Βόλος, Οκτώβριος 2020

Πτυχιακή Διατριβή:

“Εφαρμογή και χρήση λογισμικών στατιστικής ανάλυσης σε συνήθη πειραματικά σχέδια”

“Application and use of statistical analysis software for common experimental designs”

Η τριμελής συμβουλευτική επιτροπή αποτελείται από τους:

1. Νάκα Χρήστο Καθηγητή (Βιομετρία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας)
(Επιβλέπων)
2. Δαναλάτο Νικόλαο Καθηγητή (Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας)
3. Παυλή Ουρανία Επίκουρος Καθηγήτρια (Γενετική Βελτίωση Φυτών)

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ»

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χ Νάκα που μου έδωσε την ευκαιρία να έρθω σε επαφή και να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον κλάδο του χώρου της βιομετρίας.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	6
1.1 Ανάλυση διακύμανσης.....	6
1.2 One-way anova.....	6
1.3 Two-way anova.....	6
1.4 Post-hoc tests.....	6
1.5 Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο.....	7
1.6 Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.....	8
1.7 Ανάλυση συνδιακύμανσης.....	9
1.8 Λατινικό τετράγωνο.....	11
1.9 Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.....	12
1.10 Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.....	14
2. SPSS17	
2.1 Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο.....	18
2.2 Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.....	24
2.3 Ανάλυση συνδιακύμανσης.....	32
2.4 Λατινικό τετράγωνο.....	37
2.5 Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.....	44
2.6 Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.....	52
3.JASP.....	59
3.1Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο.....	60
3.2 Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.....	65
3.3 Ανάλυση συνδιακύμανσης.....	71
3.4 Λατινικό τετράγωνο.....	75
3.5 Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.....	80
3.6 Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.....	84
4. R.....	88
4.1Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο.....	89
4.2 Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.....	93
4.3 Ανάλυση συνδιακύμανσης.....	97
4.4 Λατινικό τετράγωνο.....	99
4.5 Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.....	102

4.6 Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.....	106
5. jamoni.....	110
5.1 Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο.....	111
5.2 Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.....	115
5.3 Ανάλυση συνδιακύμανσης.....	120
5.4 Λατινικό τετράγωνο.....	125
5.5 Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.....	130
5.6 Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.....	136
6.Βιβλιογραφία.....	139

1. Εισαγωγή

Σκοπός της παρακάτω εργασίας ήταν η ανάλυση των βασικότερων και πιο κοινών πειραματικών σχεδίων με τη χρήση των τεσσάρων διαφορετικών λογισμικών SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamovi. Στην εργασία παρουσιάζεται ένας εύκολος τρόπος χρήσης των διαφορετικών προγραμμάτων με σκοπό την ανάλυση των δεδομένων του κάθε πειραματικού σχεδίου.

1.1. Ανάλυση διακύμανσης.

Η ανάλυση διακύμανσης ή παραλλακτικότητας αναπτύχθηκε από τον Sir R.A. Fisher και έχει κεντρικό ρόλο στο τομέα των βιολογικών επιστημών και κυρίως στον γεωργικό πειραματισμό.

1.2. One-way anova.

Η μέθοδος της απλής (ή one-way) ANOVA χρησιμοποιείται για τη σύγκριση δύο ή παραπάνω μέσων όρων από διαφορετικά δείγματα. Στην περίπτωση της one-way ANOVA για τη σύγκριση των διαφορετικών μέσων όρων είναι αναγκαίος ο υπολογισμός του στατιστικού F ο οποίος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Στην περίπτωση αυτή συγκρίνουμε την παραλλακτικότητα μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων με την παραλλακτικότητα εντός των διαφορετικών ομάδων, γνωστό και ως σφάλμα.

	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
<i>Treatment</i>	<i>SST</i>	$k-1$	$\frac{SST}{(k-1)}$	$\frac{MST}{MSE}$
<i>Error</i>	<i>SSE</i>	$N-k$	$\frac{SSE}{(N-k)}$	
<i>Total</i>	<i>SS</i>	$N-1$		

1.3. Two way anova.

Η two-way anova χρησιμοποιείται σε πειραματικά σχέδια όπου εξετάζεται η παράλληλη επίδραση δύο παραγόντων που συμβαίνουν ταυτόχρονα.

1.4. Post-hoc tests.

Οι έλεγχοι αυτοί αποτελούν το επόμενο βήμα μετά την ανάλυση διακύμανσης, αφού καταλήξουμε στο γενικό συμπέρασμα ότι υπάρχει διαφορά η οποία οφείλεται στις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Για να εντοπίσουμε μεταξύ ποιων μεταχειρίσεων συγκεκριμένα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές εφαρμόζουμε έναν post hoc έλεγχο. Οι έλεγχοι αυτοί καταφέρνουν να ελέγξουν το πειραματικό σφάλμα (experiment-wise error rate) έναντι των πολλαπλών t-tests. Οι επιλογές που έχουμε είναι πολλές ωστόσο στη συγκεκριμένη εργασία εφαρμόστηκαν οι LSD και Tukey-HSD.

1.5. Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο.

Το πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο είναι το πιο απλό πειραματικό σχέδιο που μπορεί να εφαρμοστεί για τη σύγκριση πολλών διαφορετικών μεταχειρίσεων όταν το περιβάλλον στο οποίο διεξάγεται το πείραμα είναι ομοιογενές. Έστω ότι έχουμε g μεταχειρίσεις να συγκρίνουμε και N πειραματικές μονάδες για να τις εφαρμόσουμε στον αγρό. Η κάθε μεταχείριση θα εφαρμοστεί σε υποομάδες n_1, n_2, \dots, n_g του N , με $n_1 + n_2 + \dots + n_g = N$.

Σχηματικά μια γενική μορφή ενός πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου στο οποίο θα εξεταστούν 3 μεταχειρίσεις (A,B,C), ο αγρός θα χωριστεί σε τεμάχια έτσι ώστε η κάθε μεταχείριση να έχει εφαρμοστεί σε τουλάχιστον 3 πειραματικά τεμάχια. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η κάθε μεταχείριση θα εφαρμοστεί τυχαία σε 5 πειραματικά τεμάχια. Η τυχαία εφαρμογή της κάθε ποικιλίας γίνεται με τη δημιουργία κληρωτίδας. Δημιουργούνται κλήροι (5 κλήροι για κάθε ποικιλία) και για κάθε πειραματικό τεμάχιο επιλέγεται ένας. Έτσι προκύπτει το παρακάτω σχέδιο.

1/A	2/C	3/C	4/B	5/A
6/C	7/B	8/B	9/A	10/C
11/B	12/B	13/A	14/C	15/A

Σχέδιο 1: Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο

Πείραμα 1 : Έλεγχος τριών διαφορετικών λιπασμάτων σε καλλιέργεια ρυζιού.

Σε ομοιόμορφο πειραματικό αγρό με σπαρμένο ρύζι έγινε έλεγχος 3 διαφορετικών λιπασμάτων προκειμένου να διαπιστωθεί ποιο από τα 3 είχε τη καλύτερη απόδοση. Για το παραπάνω πείραμα εφόσον ο αγρός είναι ομοιογενής σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε το πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο. Αρχικά ο αγρός χωρίστηκε σε πειραματικά τεμάχια, σπάρθηκε με ρύζι και εφαρμόστηκε στο κάθε τεμάχιο διαφορετική λίπανση (Trt). Τα τρία είδη λιπάσματος που ελέγχθηκαν ήταν το θειικό αμμώνιο (NH_4SO), Green Leaf (τύπος compost, οργανικής ουσίας), και συνδυασμός των δύο. Τέλος στο $\frac{1}{4}$ των πειραματικών τεμαχίων δεν εφαρμόστηκε καμία μεταχείριση (Control). Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου μετρήθηκε η απόδοση (Yield), σε κιλά, για κάθε διαφορετική μεταχείριση ξεχωριστά. Τα δεδομένα καταγράφηκαν στο Excel (Εικόνα 1) και έγινε η ανάλυση τους σε 4 διαφορετικά λογισμικά με στόχο να απορριφθεί ή όχι η αρχική υπόθεση $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, ότι δηλαδή οι διαφορετικές μεταχειρίσεις (στη συγκεκριμένη περίπτωση διαφορετικά λιπάσματα) δεν επηρεάζουν την απόδοση. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamovi.

	A	B	C
1	trt	rep	yield
2	Control	1	20,1
3	NH4SO4	1	22,5
4	Green Lea	1	24,7
5	NH4SO4+G	1	24,4
6	Control	2	19,1
7	NH4SO4	2	23
8	Green Lea	2	25,5
9	NH4SO4+G	2	26,8
10	Control	3	19
11	NH4SO4	3	23,6
12	Green Lea	3	23,9
13	NH4SO4+G	3	25,9
14	Control	4	19,5
15	NH4SO4	4	25,2
16	Green Lea	4	23,6
17	NH4SO4+G	4	25,9

Εικόνα 1: Δεδομένα από πείραμα μέτρησης απόδοσης ρυζιού μετά από εφαρμογή διαφορετικών λιπασμάτων καταγεγραμμένα σε Excel.

1.6. Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Το επόμενο πειραματικό σχέδιο που θα αναλυθεί είναι αυτό των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων. Το πειραματικό σχέδιο αυτό βασίζεται στη τεχνική της ομαδοποίησης με την οποία μπορούμε να περιορίσουμε την ανεπιθύμητη παραλλακτικότητα που προκαλείται από έναν παράγοντα που υπάρχει στο περιβάλλον στον οποίο ωστόσο δεν μπορούμε να επέμβουμε. Σε ιδανικές συνθήκες θα έπρεπε οι μεταχειρίσεις να εφαρμόζονται σε ομοιογενή τεμάχια έτσι ώστε η παραλλακτικότητα εντός των ομάδων στις οποίες θα τις εφαρμόσουμε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Ωστόσο οι ομοιογενείς αυτές συνθήκες είναι πολύ σπάνιο να υπάρχουν στο περιβάλλον τυχαία. Με τη μέθοδο αυτή της ομαδοποίησης, δημιουργούνται ομάδες πειραματικών τεμαχίων τα όποια είναι κατά μια έννοια όμοια, για παράδειγμα είναι πειραματικά τεμάχια που βρίσκονται στην ίδια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή ή δείγματα που μελετήθηκαν περίπου τον ίδιο χρόνο. Εντός των ομάδων αναμένεται η παραλλακτικότητα να είναι μικρή (Oehlert, 2010, σελ. 318)

Σε αυτό το σημείο θα μπορούσε να δοθεί μια γενική προσέγγιση του σχεδίου. Έστω g μεταχειρίσεις κάθε μεταχείριση θα εφαρμοστεί σε r αριθμό πειραματικών τεμαχίων με $g*r=N$ όπου N το σύνολο των πειραματικών τεμαχίων. Με άλλα λόγια ο N αριθμός τεμαχίων χωρίζεται σε r ομάδες και σε κάθε ομάδα εφαρμόζεται διαφορετική μεταχείριση. Εντός της κάθε ομάδας ο αγρός χωρίζεται σε τμήματα τόσα όσα και οι μεταχειρίσεις που θα ελεγχθούν, εντός του κάθε πειραματικού τεμαχίου εφαρμόζεται τυχαία η κάθε μεταχείριση. Σχηματικά ένα πείραμα τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων στο οποίο θα εξεταστούν 5 μεταχειρίσεις (A, B, C, D, E) και ο αγρός θα χωριστεί σε τέσσερις ομάδες (Block 1, Block 2, Block 3, Block 4) θα έχει τη παρακάτω μορφή:

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
1/A	2/E	3/C	4/B
5/C	6/B	7/D	8/A
9/E	10/A	11/E	12/D
13/B	14/C	15/A	16/E
17/D	18/D	19/B	20/C

Σχέδιο 2: Πειραματικό σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Πείραμα 2: Έλεγχος περιεκτικότητας σπόρων μελιτζάνας σε έλαιο.

Από καλλιέργεια μελιτζάνας (*Solanum melongena*) η οποία για ερευνητικούς σκοπούς είχε μολυνθεί με τον μικροοργανισμό *Septoria linocola* συλλέχθηκαν καρποί σε 3 διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Το πρώτο στάδιο αυτό της εκβλάστησης (Seedling) το δεύτερο στάδιο νωρίς την άνθηση (Early Bloom) το τρίτο στάδιο στην πλήρη άνθηση (Full Bloom) και τέταρτο στάδιο στην πλήρη ωρίμανση (Ripening). Τέλος συλλέχθηκε δείγμα από μη μολυσμένα φυτά (Uninoculated). Η αρχική υπόθεση είναι ότι ανεξάρτητα της μεταχείρισης (στάδιο ανάπτυξης) οι μέσοι όροι των περιεκτικότητας των καρπών σε έλαιο είναι ίσοι. Τα δεδομένα καταγράφηκαν σε Excel (Εικόνα 2) και αναλύθηκαν SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamoni.

	A	B	C	D	E	F
1	block1	block2	block3	block4	treat	
2	3,3	1,9	4,9	7,1	Seedling	
3	4,4	5,9	6	4,1	Early bloom	
4	4,4	4	4,5	3,1	Full bloom	
5	6,3	4,9	5,9	7,1	Full bloom (1/100)	
6	6,4	7,3	7,7	6,7	Ripening	
7	6,8	6,6	7	6,4	Uninoculated	

Εικόνα 2: Δεδομένα από πείραμα μέτρησης ελαίου σε σπόρους μελιτζάνας, καταγεγραμμένα σε Excel.

1.7.Ανάλυση συνδιακύμανσης.

Η τεχνική της ομαδοποίησης δεν είναι ο μόνος τρόπος για να περιοριστεί η ανεπιθύμητη διακύμανση. Ένας άλλος τρόπος να περιλάβουμε στη μελέτη μας τη δράση ενός τρίτου παράγοντα είναι η ανάλυση συνδιακύμανσης. Στην περίπτωση που υπάρχει μεταβλητή η οποία είναι συνεχής και για την οποία πιστεύεται ότι επηρεάζει το αποτέλεσμα επιλέγουμε να αναλύσουμε τα αποτελέσματα κάνοντας ανάλυση συνδιακύμανσης γνωστή και ως ancova προκειμένου να ελέγξουμε στατιστικά την επίδρασή της.

Πείραμα 3: Μέτρηση ασκορβικού σε 11 διαφορετικές ποικιλίες φασολιών lima.

Στο παρακάτω πείραμα σκοπός ήταν η μέτρηση της περιεκτικότητας ασκορβικού σε φασόλια lima (*Phaseolus lunatus*). Σε ομοιογενή αγρό φυτεύτηκαν 11 διαφορετικές ποικιλίες (Var) φασολιών και έγιναν τέσσερις επαναλήψεις. Το πείραμα είχε τη μορφή τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων και παράλληλη καταγραφή 2 ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο ενώ η αρχική υπόθεση ήταν ότι και οι 11 ποικιλίες έχουν την ίδια περιεκτικότητα σε ασκορβικό. Η καταγραφή των δεδομένων έγινε σε Excel (Εικόνα 3) και τα δεδομένα αναλύθηκαν σε SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamoni.

	A	B	C	D
1	var	rep	cov	ascorbic
2	1	1	34	93
3	2	1	39,6	47,3
4	3	1	31,7	81,4
5	4	1	37,7	66,9
6	5	1	24,9	119,5
7	6	1	30,3	106,6
8	7	1	32,7	106,1
9	8	1	34,5	61,5
10	9	1	31,4	80,5
11	10	1	21,2	149,2
12	11	1	30,8	78,7
13	1	2	33,4	94,8
14	2	2	39,8	51,5
15	3	2	30,1	109
16	4	2	38,2	74,1
17	5	2	24	128,5
18	6	2	29,1	111,4
19	7	2	33,8	107,2
20	8	2	31,5	83,4
21	9	2	30,5	106,5
22	10	2	25,3	151,6
23	11	2	26,4	116,9
24	1	3	34,7	91,7
25	2	3	51,2	33,3
26	3	3	33,8	71,6
27	4	3	40,3	64,7
28	5	3	24,9	125,6

29	6	3	31,7	99
30	7	3	34,8	97,5
31	8	3	31,1	93,9
32	9	3	34,6	76,7
33	10	3	23,5	170,1
34	11	3	33,2	71,8
35	1	4	38,9	80,8
36	2	4	52	27,2
37	3	4	39,6	57,5
38	4	4	39,4	69,3
39	5	4	23,5	129
40	6	4	28,3	126,1
41	7	4	35,4	86
42	8	4	36,1	69
43	9	4	30,9	91,8
44	10	4	24,8	155,2
45	11	4	33,5	70,3
46	1	5	36,1	80,2
47	2	5	56,2	20,6
48	3	5	47,8	30,1
49	4	5	41,3	63,2
50	5	5	25,1	126,2
51	6	5	34,2	95,6
52	7	5	37,8	88,8
53	8	5	38,5	46,9
54	9	5	36,8	68,2
55	10	5	24,6	146,1
56	11	5	43,8	40,9

Εικόνα 3: Δεδομένα από πείραμα μέτρησης ασκορβικού σε φασόλια lima καταγεγραμμένα σε Excel.

1.8. Λατινικό τετράγωνο.

Το πειραματικό σχέδιο του λατινικού τετραγώνου χρησιμοποιείται στη περίπτωση που στο περιβάλλον όπου διεξάγεται το πείραμα υπάρχουν δυο παράγοντες που προκαλούν ανομοιογένεια κάθετα ο ένας με τον άλλον. Προκειμένου να ομοιογενοποιηθεί το περιβάλλον θα πρέπει οι δύο αυτοί παράγοντες να περιοριστούν. Αυτό γίνεται με τον διαχωρισμό του αγρού σε ζώνες ομοιογένειας οι οποίες θα πρέπει να είναι παράλληλες με τον παράγοντα που προκαλεί την παραλλακτικότητα. Όπως σε όλα τα πειραματικά σχέδια έτσι και σε αυτό είναι απαραίτητη η τυχαία εφαρμογή των διαφορετικών επιπέδων της μεταχείρισης σε κάθε πειραματική μονάδα. Η τυχαία αυτή εφαρμογή γίνεται με τη δημιουργία 4 κλήρων σε κάθε μεταχείριση. Στη συνέχεια ξεκινώντας αλφαβητικά εφαρμόζουμε τη κάθε μεταχείριση στα πειραματικά τεμάχια με κατεύθυνση από τα αριστερά προς τα δεξιά και συνεχίζουμε όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Σχηματικά ένα πείραμα λατινικού τετραγώνου όπου θα ελεγχθεί η επίδραση τεσσάρων διαφορετικών μεταχειρίσεων (A, B, C, D) σε περιβάλλον όπου υπάρχουν δύο διαφορετικές πηγές διακύμανσης, η μια εκ των δύο προκαλεί παραλλακτικότητα μεταξύ των γραμμών και η άλλη μεταξύ των στηλών, θα έχει την παρακάτω μορφή.

	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
Block 1	1/A	2/B	3/C	4/D
Block 2	5/B	6/C	7/D	8/A
Block 3	9/C	10/D	11/A	12/B
Block 4	13/D	14/A	15/B	16/C

Σχέδιο 4: Πειραματικό σχέδιο λατινικό τετράγωνο

Πείραμα 4: Μέτρηση πυρουμενικού οξέος μετά από εφαρμογή τεσσάρων διαφορετικών δόσεων λίπανσης με θείο.

Το πυρουμενικό οξύ είναι το κύριο παράγωγο της γλυκόλησης και το στοιχείο με βάση το οποίο μπορούμε να εκτιμήσουμε τη καυστική γένυση των κρεμμυδιών. Στο πείραμα αυτό εφαρμόστηκαν τέσσερις διαφορετικές λιπάνσεις (Trt) οι οποίες διέφεραν ως προς τη περιεκτικότητά τους σε θείο. Η πρώτη λίπανση η οποία ήταν και ο «μάρτυρας» δεν είχε καμία περιεκτικότητα σε θείο η δεύτερη είχε 2,22 η τρίτη 4,44 και η τέταρτη 6,7 κιλά ανα στρέμμα. Στη τέλος της καλλιεργητικής περιόδου συλλέχθηκαν 10 βολβοί από κάθε πειραματικό τεμάχιο και σε αυτούς μετρήθηκε η περιεκτικότητα σε πυρουμενικό (Pyr). Τα αποτελέσματα καταγράφηκαν στο Excel (Εικόνα 4) και στη συνέχεια αναλύθηκαν σε SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamovi.

	A	B	C	D
1	trt	row	column	pyr
2	0kg	1	1	3,08
3	0kg	2	2	2,56
4	0kg	3	3	3,19
5	0kg	4	4	4,24
6	2.22kg	1	2	3,45
7	2.22kg	2	1	3,66
8	2.22kg	3	4	4,45
9	2.22kg	4	3	3,35
10	4.44kg	1	3	3,4
11	4.44kg	2	4	4,35
12	4.44kg	3	2	3,72
13	4.44kg	4	1	4,51
14	6.7kg	1	4	5,35
15	6.7kg	2	3	3,93
16	6.7kg	3	1	4,56
17	6.7kg	4	2	3,98

Εικόνα 4: Δεδομένα από πείραμα μέτρησης πυρουμενικού σε βολβούς κρεμμυδιών, καταγεγραμμένα σε Excel.

1.9. Πλήρες παραγοντικό με δυο παράγοντες.

Μέχρι τώρα αναλύθηκαν πειραματικά σχέδια που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μεταχειρίσεων που δεν έχουν κάποια δομή, ήταν απλές μεταχειρίσεις όπως για παράδειγμα

ποικιλία ή διαφορετικές δόσεις λιπάσματος. Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με μεταχειρίσεις οι οποίες έχουν πολυπαραγοντική δομή (factorial treatment structure) και πρόκειται για εκείνες οι οποίες προκύπτουν από το συνδυασμό διαφορετικών επιπέδων δύο ή παραπάνω διαφορετικών μεταχειρίσεων. Θα μπορούσαμε να παρουσιάσουμε τέτοιου τύπου μεταχειρίσεις με τη μορφή πίνακα.

	B1	B2	B3
A1	y ₁₁₁ y ₁₁₂ ... y _{11n}	y ₁₂₁ y ₁₂₂ ... y _{12n}	y ₁₃₁ y ₁₃₂ ... y _{13n}
A2	y ₂₁₁ y ₂₁₂ ... y _{21n}	y ₂₂₁ y ₂₂₂ ... y _{22n}	y ₂₃₁ y ₂₃₂ ... y _{23n}
A3	y ₃₁₁ y ₃₁₂ ... y _{31n}	y ₃₂₁ y ₃₂₂ ... y _{32n}	y ₃₃₁ y ₃₃₂ ... y _{33n}
A4	y ₄₁₁ y ₄₁₂ ... y _{41n}	y ₄₂₁ y ₄₂₂ ... y _{42n}	y ₄₃₁ y ₄₃₂ ... y _{43n}

Μεταχειρίσεις πολυπαραγοντικής δομής

Το συγκεκριμένο πειραματικό σχέδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο δύο ή και παραπάνω παραγόντων, ωστόσο στη συγκεκριμένη εργασία θα περιοριστούμε στους δύο. Για την τυχαία εφαρμογή του επιπέδου του κάθε παράγοντα μπορεί να δημιουργηθούν κλήροι ένας για κάθε ζεύγος διαφορετικών επιπέδων, διαφορετικών παραγόντων. Στη συνέχεια ο αγρός χωρίζεται σε τεμάχια και στο κάθε τεμάχιο κληρώνεται ένας διαφορετικός συνδυασμός. Για παράδειγμα ένα πείραμα 2 παραγόντων, όπου ο παράγοντας 1 έχει τρία επίπεδα και ο παράγοντας 2 τέσσερα, θα έχει την παρακάτω μορφή.

1A	2B	3A
2Γ	2 ^A	1B
3B	1Γ	1Δ
2Δ	3Δ	3Γ

Σχέδιο 5: Πειραματικό σχέδιο με δύο παράγοντες ενδιαφέροντος.

Πείραμα 5: Επιρροή ηλικίας και ποικιλίας στην άνθιση του κρεμμυδιού.

Σκοπός του συγκεκριμένου πειράματος ήταν να προσδιοριστεί η επιρροή που έχει ο χρόνος καθώς και η ποικιλία στην άνθιση των φυτών κρεμμυδιού. Αρχικά ο αγρός χωρίστηκε σε πειραματικά τεμάχια και στη συνέχεια σπάρθηκε με κοκκάρια κρεμμυδιού τεσσάρων διαφορετικών ποικιλιών (A, B, C, D). Στη συνέχεια επιλέχθηκαν τρεις ημερομηνίες (5 Οκτωβρίου, 15 Οκτωβρίου, 29 Οκτωβρίου) στις οποίες έγιναν συγκομιδές από τέσσερα διαφορετικά φυτά στο κάθε αγροτεμάχιο. Η αρχική υπόθεση ήταν ότι οι δύο παράγοντες δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και ότι οι μέσοι όροι είναι ίσοι. Τα δεδομένα καταγράφηκαν στο Excel (Εικόνα 5) και στη συνέχεια αναλύθηκαν SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamovi.

	A	B	C	D					
1	variety	date	rep	seedstem	26	Nirvana	29 Oct	1	0
2	Pegasus	5 Oct	1	12	27	Nirvana	5 Oct	4	6
3	Pegasus	29 Oct	1	0	28	Nirvana	5 Oct	2	5
4	Pegasus	15 Oct	2	0	29	Nirvana	15 Oct	1	0
5	Pegasus	15 Oct	3	0	30	Nirvana	29 Oct	2	0
6	Pegasus	29 Oct	4	0	31	Nirvana	15 Oct	3	0
7	Pegasus	5 Oct	2	15	32	Nirvana	5 Oct	3	0
8	Pegasus	15 Oct	4	1	33	Nirvana	5 Oct	1	17
9	Pegasus	29 Oct	2	0	34	Nirvana	15 Oct	4	0
10	Pegasus	5 Oct	3	2	35	Nirvana	29 Oct	3	1
11	Pegasus	15 Oct	1	0	36	Nirvana	29 Oct	4	0
12	Pegasus	5 Oct	4	8	37	Nirvana	15 Oct	2	0
13	Pegasus	29 Oct	3	0	38	PS 7092	5 Oct	3	2
14	Sweet Vid	15 Oct	1	2	39	PS 7092	29 Oct	3	0
15	Sweet Vid	5 Oct	1	35	40	PS 7092	15 Oct	1	0
16	Sweet Vid	29 Oct	2	0	41	PS 7092	29 Oct	1	0
17	Sweet Vid	15 Oct	3	15	42	PS 7092	15 Oct	2	1
18	Sweet Vid	5 Oct	4	46	43	PS 7092	15 Oct	3	0
19	Sweet Vid	29 Oct	1	0	44	PS 7092	15 Oct	4	0
20	Sweet Vid	5 Oct	3	23	45	PS 7092	29 Oct	4	0
21	Sweet Vid	29 Oct	4	0	46	PS 7092	29 Oct	2	0
22	Sweet Vid	29 Oct	3	0	47	PS 7092	5 Oct	2	7
23	Sweet Vid	15 Oct	4	0	48	PS 7092	5 Oct	4	14
24	Sweet Vid	15 Oct	2	3	49	PS 7092	5 Oct	1	12
25	Sweet Vid	5 Oct	2	19					

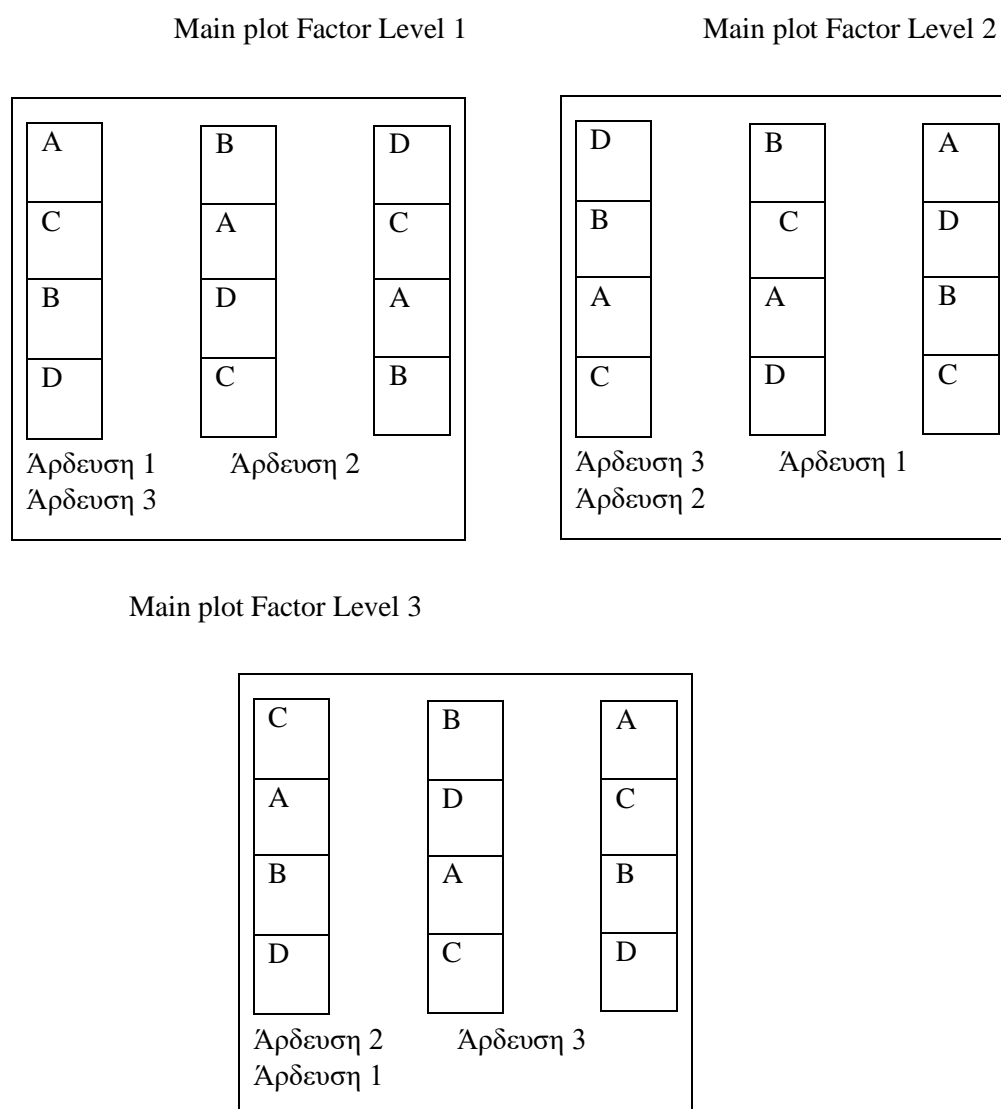
Εικόνα 5: Δεδομένα από πείραμα μέτρησης βλαστών κρεμμυδιού, καταγεγραμμένα σε Excel.

1.10. Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.

Τα split-plots χρησιμοποιούνται όταν ο ένας από τους δύο παράγοντες είναι τόσο δύσκολο στο να εφαρμοστεί σε μικρά πειραματικά τεμάχια, όσο και οικονομικά ασύμφορο. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι για παράδειγμα η άρδευση η οποία δεν μπορεί τεχνικά να περιοριστεί σε μικρά πειραματικά τεμάχια χωρίς να επηρεάζονται τα γειτονικά. Τα split-plots είναι τύπος πειραματικών σχεδίων με τα οποία μπορούμε να ελέγξουμε τέτοιους τύπους μεταχειρίσεων, χωρίς ωστόσο η χρήση τους να περιορίζεται σε αυτό.

Το παραπάνω πειραματικό σχέδιο είναι ένα είδος πολυπαραγοντικού πειράματος και χρησιμοποιείται όταν υπάρχει κάποιος περιορισμός προκειμένου να διευκολυνθεί η εφαρμογή του. Σε αυτού του τύπου το πείραμα υπάρχουν δυο τυχαιοποιήσεις και δύο διαφορετικές πειραματικές μονάδες, μία για τον κάθε παράγοντα. Ο παράγοντας που εφαρμόζεται στη μεγαλύτερη πειραματική μονάδα είναι ο main plot και αυτός ο οποίος εφαρμόζεται στις μικρότερες πειραματικές μονάδες είναι ο sub plot. Ο παράγοντας main plot είναι αυτός στον οποίο υπάρχει η δυσκολία στην εφαρμογή του και γι' αυτό εφαρμόζεται στη μεγαλύτερη πειραματική μονάδα, ωστόσο δεν υπάρχει μεγάλη ακρίβεια και γι' αυτό ο παράγοντας που είναι πιο σημαντικός θα πρέπει εάν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί στα subplots. Κάτι που αξίζει να σημειωθεί είναι το ότι όταν η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων είναι σημαντική δεν υπάρχει νόημα στο να μιλάμε για την επίδραση του κάθε παράγοντα ξεχωριστά. Για τον κάθε παράγοντα γίνεται διαφορετική τυχαιοποίηση για να καταχωρηθεί στα πειραματικά τεμάχια. Επίσης μπορεί να γίνει τυχαία καταχώρηση διαφορετικών συνδυασμών των δύο παραγόντων σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Σχηματικά ένα πειραματικό σχέδιο όπου ο main plot παράγοντας έχει δύο επίπεδα (A,B) και sub plot 4 (A,B,C,D) θα έχει την παρακάτω μορφή.



Σχέδιο 6: Πειραματικό σχέδιο υποδιαιρεμένων τεμαχίων.

Πείραμα 6: Μελέτη αλληλεπίδρασης χλωρής λίπανσης με γημική λίπανση.

Σε δύο διαφορετικούς αγρούς εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικά επίπεδα γημικής αζωτούχου λίπανσης. Στον πρώτο εφαρμόστηκε δόση λιπάσματος 29,6 κιλά αζώτου ενώ στο άλλο δεν εφαρμόστηκε καμία ποσότητα αζώτου. Στη συνέχεια ο κάθε αγρός χωρίστηκε σε τεμάχια έτσι ώστε το κάθε διαφορετικό επίπεδο του sub plot παράγοντα να εφαρμοστεί τρεις φορές και εντός του κάθε τεμαχίου εφαρμόστηκε τυχαία ένας από τους τέσσερις διαφορετικούς τύπους χλωρής λίπανσης. Οι διαφορετικοί τύποι ήταν κριθάρι (Barley) (*Horedeum vulgare*), βίκος (Vetch) (*Vicia*), συνδυασμός των δύο παραπάνω (Barley-Vetch) και τέλος η τεχνική της αγρανάπαυσης (Fallow) όπου το χωράφι δεν καλλιεργήθηκε με κάποιο συγκεκριμένο φυτό. Στο παραπάνω πείραμα μελετήθηκε η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Στη

συνέχεια και οι δύο αγροί φυτεύτηκαν με ζαχαρότευτλα. Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου έγινε η συγκομιδή και η απόδοση του κάθε πειραματικού τεμαχίου καταγράφηκε στο Excel (Εικόνα 6) και στη συνέχεια αναλύθηκαν SPSS, JASP, R i386 3.6.3, jamovi. Η αρχική υπόθεση του πειράματος ήταν ότι όλοι οι μέσοι όροι είναι ίσοι.

	A	B	C	D
1	Fert	Green	Rep	Yield
2	0kg	Fallow	1	13,8
3	0kg	Barley	1	15,5
4	0kg	Vetch	1	21
5	0kg	Barley-vet	1	18,9
6	29,6kg	Fallow	1	19,3
7	29,6kg	Barley	1	22,2
8	29,6kg	Vetch	1	25,3
9	29,6kg	Barley-vet	1	25,9
10	0kg	Fallow	2	13,5
11	0kg	Barley	2	15
12	0kg	Vetch	2	22,7
13	0kg	Barley-vet	2	18,3
14	29,6kg	Fallow	2	18
15	29,6kg	Barley	2	24,2
16	29,6kg	Vetch	2	24,8
17	29,6kg	Barley-vet	2	26,7
18	0kg	Fallow	3	13,2
19	0kg	Barley	3	15,2
20	0kg	Vetch	3	22,3
21	0kg	Barley-vet	3	19,6
22	29,6kg	Fallow	3	20,5
23	29,6kg	Barley	3	25,4
24	29,6kg	Vetch	3	28,4
25	29,6kg	Barley-vet	3	27,6

Εικόνα 6: Δεδομένα από πείραμα μέτρησης απόδοσης ζαχαρότευτλων, καταγεγραμμένα στο Excel.

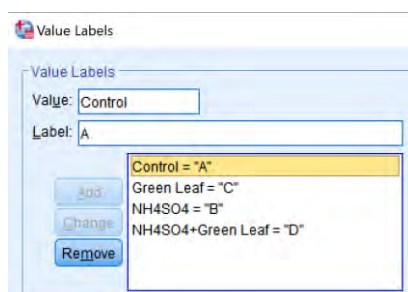
2.Spss

2.1. Πλήρως τυχαιοποιημένο.

Όπως προαναφέρθηκε τα δεδομένα καταγράφονται στο Excel σε αρχείο .xlsm. Η ανάλυση ξεκινά με την εισαγωγή και προβολή των δεδομένων. Αρχικά κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Variable View» στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης και εμφανίζεται η Εικόνα 7. Στη συνέχεια κάνοντας «κλικ» στα κελιά κάτω από το όνομα της κάθε στήλης μπορούμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπως φαίνεται στην Εικόνα 7 ορίζουμε τον τύπο (Type) των μεταβλητών και επίσης όπως φαίνεται στην Εικόνα 8 δίνουμε στα διαφορετικά επίπεδα του υπό εξέταση παράγοντα (Trt) αντίστοιχα ονόματα. Ως αποτέλεσμα έχουμε στο «Data View» τον Πίνακα δεδομένων 1 στον οποίο βλέπουμε την απόδοση (σε κιλά) του κάθε ατόμου καθώς και τη μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
Trt	String	17	0		{Control, A}...	None	17	Left	Nominal	Input
Rep	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
Yield	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input

Εικόνα 7: «Variable View», περιβάλλον μορφοποίησης δεδομένων.

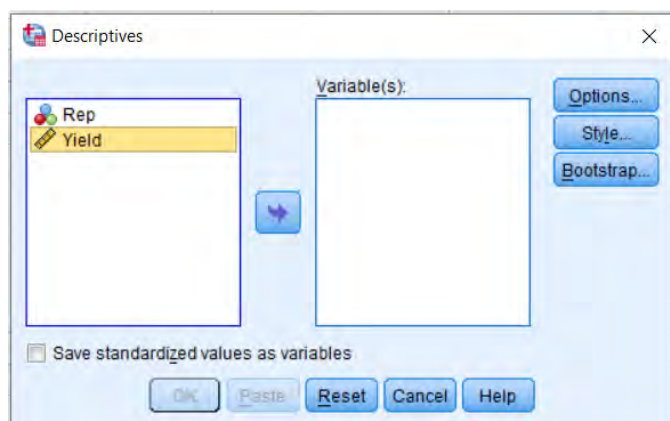


Εικόνα 8: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα «Trt».

Trt	Rep	Yield
A	1	20,100
B	1	22,500
C	1	24,700
D	1	24,400
A	2	19,100
B	2	23,000
C	2	25,500
D	2	26,800
A	3	19,000
B	3	23,600
C	3	23,900
D	3	25,900
A	4	19,500
B	4	25,200
C	4	23,600
D	4	25,900

Πίνακας δεδομένων 1: «Data View», Δεδομένα από «Πείραμα 1» σε SPSS.

Ωστόσο από τον Πίνακα δεδομένων 1 δεν μπορούμε να βγάλουμε κανένα συμπέρασμα για την αρχική υπόθεση ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$) γι' αυτό είναι απαραίτητη η ανάλυση των παραπάνω δεδομένων. Αρχικά ξεκινάμε με τη δημιουργία ενός πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει τα μέτρα θέσης και τα μέτρα διασποράς (Πίνακας 1). Για τη δημιουργία του Πίνακα 1 ακολουθείται η εξής διαδρομή : «Analyze», «Descriptive Statistics», «Descriptives» και καταλήγουμε στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9: Παράθυρο «Descriptives».

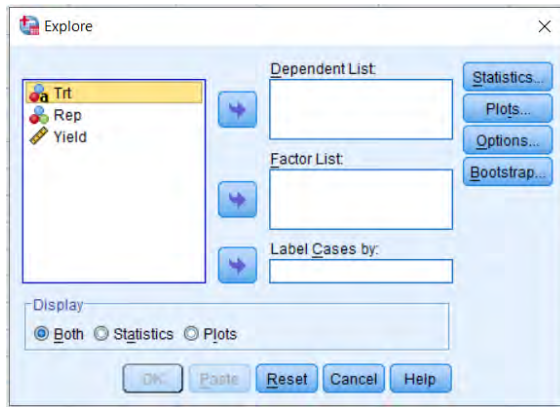
Σε αυτό το σημείο τοποθετούμε στη θέση «Variable» τη μεταβλητή «Yield» και κάνοντας «κλικ» στο εικονίδιο «Options» επιλέγουμε ποια μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς θέλουμε να εμφανιστούν στον πίνακα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκαν τα παρακάτω.

Descriptive Statistics					
	N	Mean		Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
yield	16	23.294	.6438	2.5751	6.631
Valid N (listwise)	16				

Πίνακας 1: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

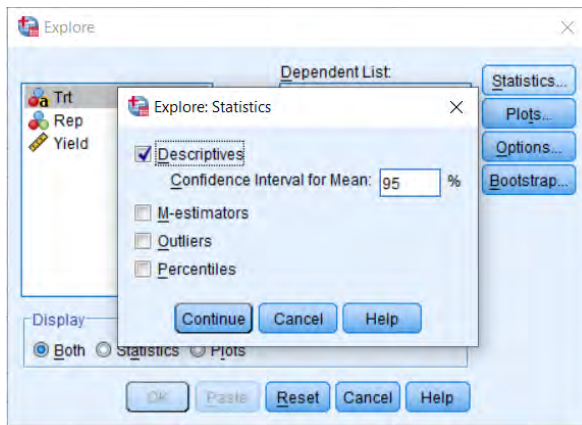
Στον Πίνακα 1 βλέπουμε ότι το πλήθος των πειραματικών μονάδων (N Statistic) ισούται με 16, ο μέσος όρος (Mean Statistic) ισούται με 23,29 το τυπικό σφάλμα (Std. Error Mean Statistic) ισούται με 0,6438, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation Statistic) ισούται με 2,5751 και τέλος η διακύμανση (Variance Statistic) ισούται με 6,631.

Επίσης χρήσιμο θα ήταν σε αυτό το σημείο να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα που να απεικονίζει τους τέσσερις διαφορετικούς πληθυσμούς έτσι ώστε να αποκτήσουμε μια καλύτερη εικόνα του πως και εάν οι μεταχειρίσεις επηρεάζουν τον πληθυσμό. Για να γίνει αυτό ακολουθείται η εξής διαδρομή: «Analyze», «Descriptive Statistics», «Explore» και καταλήγουμε στη Εικόνα 10. Στο σημείο αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε πίνακες με αναλυτικά τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού της κάθε μεταχείρισης καθώς και διαγράμματα. Αρχικά θέτουμε ως «Dependent List» τη μεταβλητή «Yield» και ως «Factor List» τη μεταβλητή «Trt».

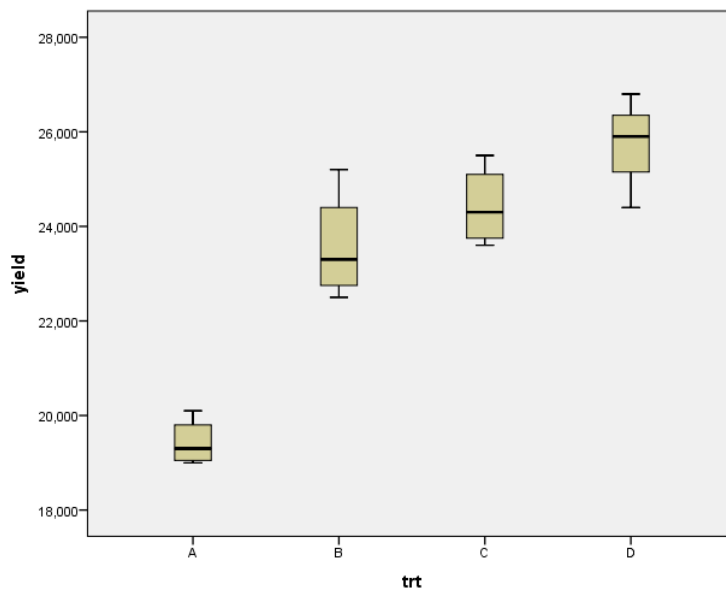


Εικόνα 10: Παράθυρο «Explore», δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων.

Κάνοντας «κλικ» στο εικονίδιο «Statistics» εμφανίζεται η Εικόνα 11 εκεί επιλέγοντας το «Descriptives» εμφανίζεται το Διάγραμμα 1.

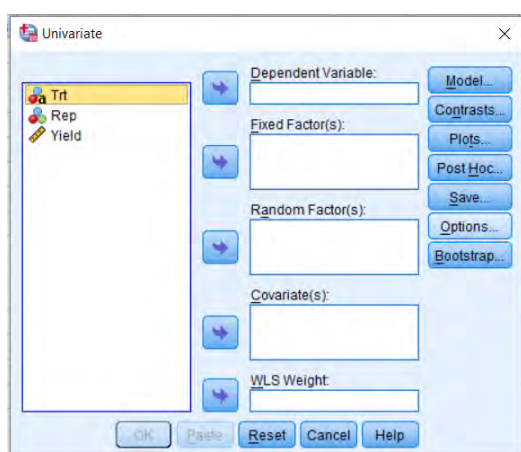


Εικόνα 11: Παράθυρο «Explore:Statistics».



Διάγραμμα 1: : Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Το επόμενο βήμα είναι η ανάλυση διακύμανσης. Για να τη κάνουμε ακολουθείται η εξής διαδρομή: «Analyze», «General Linear Model», «Univariate» και εμφανίζεται η *Εικόνα 12*. Σε αυτό το σημείο θέτοντας στον πίνακα της εικόνας, ως «Dependent Variable» τη μεταβλητή «Yield» και ως «Fixed Factor(s)» τη μεταβλητή «Trt» καταλήγουμε στον *Πίνακα 3* ο οποίος πρόκειται για πίνακα ανάλυσης διακύμανσης γνωστός και ως άνονα.



Εικόνα 12: Παράθυρο προσδιορισμού μεταβλητών για ανάλυση διακύμανσης.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: yield

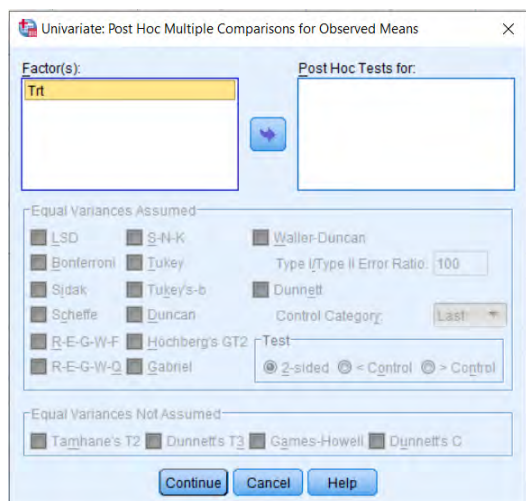
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	89.437 ^a	3	29.812	35.659	.000
Intercept	8681.581	1	8681.581	10384.146	.000
trt	89.437	3	29.812	35.659	.000
Error	10.033	12	.836		
Total	8781.050	16			
Corrected Total	99.469	15			

a. R Squared = .899 (Adjusted R Squared = .874)

Πίνακας 2: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Στον *Πίνακα 2* βλέπουμε ότι το άθροισμα τετραγώνων (Sum of Squares) του παράγοντα «Trt» ισούται με 89,437 και το Σφάλμα «Mean Square» ισούται με 29,812. Το άθροισμα τετραγώνων δείχνει τη διακύμανση που οφείλεται στην αλλαγή που προκαλεί στο πληθυσμό η εφαρμογή της κάθε διαφορετικής μεταχείρισης, ενώ το σφάλμα δείχνει τη διακύμανση

εντός των διαφορετικών ομάδων στις οποίες έχουν εφαρμοστεί οι μεταχειρίσεις. Τέλος το στατιστικό F που στη συγκεκριμένη περίπτωση ισούται με 35,659 εκφράζεται από το κλάσμα $\frac{MST}{MSE}$. Στην περίπτωση που οι δύο διακυμάνσεις είναι περίπου ίσες (δηλαδή η εφαρμογή της μεταχείρισης δεν προκαλεί κάποια αλλαγή στον πληθυσμό) η τιμή του στατιστικού F θα είναι κοντά στη μονάδα. Συμπερασματικά στη συγκεκριμένη περίπτωση οι εφαρμογές των διαφορετικών λιπάνσεων επηρεάζει την απόδοση των φυτών ρυζιού, ωστόσο δεν γνωρίζουμε ποια μεταχείριση προκαλεί τη μεγαλύτερη απόδοση. Για να καταλήξουμε σε αυτό το συμπέρασμα θα εφαρμόσουμε Post hoc ελέγχους και συγκεκριμένα αυτόν της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) και τον έλεγχο Tukey-HSD. Για να γίνει κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «Post Hoc» (Εικόνα 12) και στη συνέχεια επιλέγουμε τους δύο αυτούς ελέγχους που θέλουμε να εφαρμόσουμε και τοποθετούμε στη θέση «Post Hoc Tests for» τη μεταβλητή «Trt» (Εικόνα 13). Έτσι καταλήγουμε στον Πίνακα 3 στον οποίο βλέπουμε τη στατιστική διαφορά που υπάρχει μεταξύ ζευγών μεταχειρίσεων (η μεταχείριση A από τη μεταχείριση B, η μεταχείριση A από τη μεταχείριση C κ.ο.κ).



Εικόνα 13: Παράθυρο επιλογής post hoc ελέγχων.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: yield

	(I) trt	(J) trt	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	A	C	-5.0000*	.646545	.000	-6.91953	-3.08047
		B	-4.15000*	.646545	.000	-6.06953	-2.23047
		D	-6.32500*	.646545	.000	-8.24453	-4.40547
	C	A	5.00000*	.646545	.000	3.08047	6.91953
		B	.85000	.646545	.572	-1.06953	2.76953
		D	-1.32500	.646545	.224	-3.24453	.59453
B	A	4.15000*	.646545	.000	2.23047	6.06953	
	C	-.85000	.646545	.572	-2.76953	1.06953	
	D	-2.17500*	.646545	.025	-4.09453	-.25547	

	D	A	6.32500*	.646545	.000	4.40547	8.24453
		C	1.32500	.646545	.224	-.59453	3.24453
		B	2.17500*	.646545	.025	.25547	4.09453
LSD	A	C	-5.00000*	.646545	.000	-6.40870	-3.59130
		B	-4.15000*	.646545	.000	-5.55870	-2.74130
		D	-6.32500*	.646545	.000	-7.73370	-4.91630
	C	A	5.00000*	.646545	.000	3.59130	6.40870
		B	.85000	.646545	.213	-.55870	2.25870
		D	-1.32500	.646545	.063	-2.73370	.08370
	B	A	4.15000*	.646545	.000	2.74130	5.55870
		C	-.85000	.646545	.213	-2.25870	.55870
		D	-2.17500*	.646545	.006	-3.58370	-.76630
	D	A	6.32500*	.646545	.000	4.91630	7.73370
		C	1.32500	.646545	.063	-.08370	2.73370
		B	2.17500*	.646545	.006	.76630	3.58370

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .836.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των ελέγχων LSD, Tukey HSD.

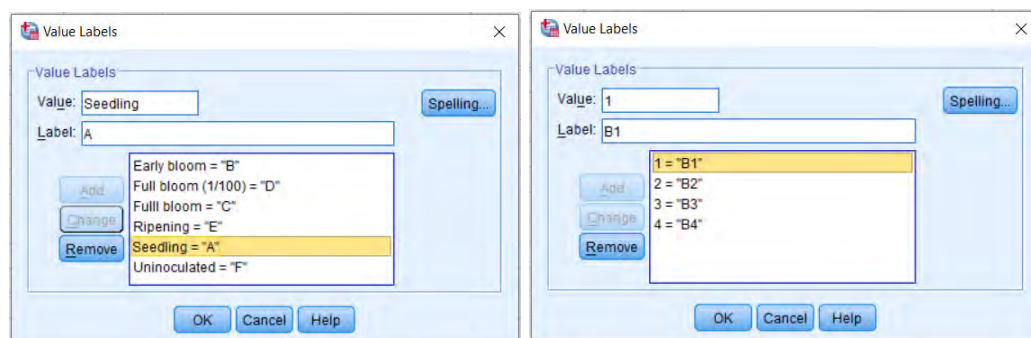
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των post-hoc ελέγχων. Τόσο το LSD test όσο και το HSD test έδειξαν ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «Control» και των τριών άλλων μεταχειρίσεων καθώς το p είναι πολύ κοντά στο 0 ($p << 0,05$). Επίσης εντοπίστηκε διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων «NH₄SO₄» (B) και «NH₄SO₄+Green Leaf» (D) καθώς p ισούται με 0,006 ($p << 0,05$). Μεταξύ των υπόλοιπων ζευγών δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. Συνδιάζοντας τις πληροφορίες από τον Πίνακα 3 και από το Διάγραμμα 1, παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της μεταχείρισης «NH₄SO₄» είναι μικρότερος από τον μέσο όρο της μεταχείρισης «NH₄SO₄+ Green Leaf» συνεπώς η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός NH₄SO₄ με Green Leaf.

2.2. Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Η ανάλυση ξεκινά με την εισαγωγή και προβολή των δεδομένων. Όπως και πριν κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Variable View» στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης και εμφανίζεται η *Εικόνα 14*. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπως φαίνεται ορίζουμε τον τύπο (Type) των μεταβλητών «Trt» και «Block» και επίσης όπως φαίνεται στην *Εικόνα 15* δίνουμε στα διαφορετικά επίπεδα του υπό εξέταση παράγοντα (Trt) καθώς και των διαφορετικών επιπέδων των ομάδων (Blocks) αντίστοιχα ονόματα. Ως αποτέλεσμα έχουμε στο «Data View» τον Πίνακα δεδομένων 2 στον οποίο βλέπουμε την περιεκτικότητα του κάθε σπόρου σε έλαιο, την μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί, καθώς και την ομάδα (Block) στην οποία ανήκει.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
Trt	String	18	0	Trt	{Early bloo...	None	18	Left	Nominal	Input
Block	Numeric	12	0		{1, 1}...	None	12	Right	Nominal	Input
Yield	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input

Εικόνα 14: «Variable View», περιβάλλον μορφοποίησης δεδομένων.

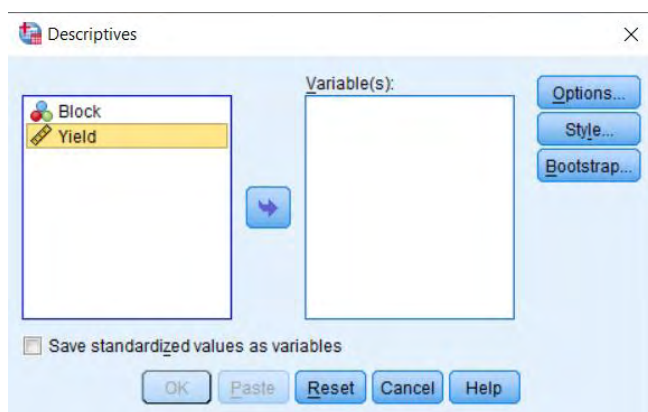


Εικόνα 15: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα «Trt» και «Block».

Trt	Block	Yield
A	B1	3,300
B	B1	4,400
C	B1	4,400
D	B1	6,300
E	B1	6,400
F	B1	6,800
A	B2	1,900
B	B2	5,900
C	B2	4,000
D	B2	4,900
E	B2	7,300
F	B2	6,600
A	B3	4,900
B	B3	6,000
C	B3	4,500
D	B3	5,900
E	B3	7,700
F	B3	7,000
A	B4	7,100
B	B4	4,100
C	B4	3,100
D	B4	7,100
E	B4	6,700
F	B4	6,400

Πίνακας δεδομένων 2. : «Data View», Δεδομένα από «Πείραμα 2» σε SPSS.

Συνεχίζουμε δημιουργώντας τον πίνακα με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς. Για να γίνει αυτό ακολουθούνται τα βήματα : «Analyze», «Descriptive Statistics», «Descriptives» και καταλήγουμε στην *Εικόνα 16*. Έχοντας θέσει ως «Variable» τη μεταβλητή «Yield» κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «Options» επιλέγουμε ποια μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς επιθυμούμε να εμφανιστούν στο πίνακα και το αποτέλεσμα είναι ο *Πίνακας 5*.



Εικόνα 16: Παράθυρο «Descriptives».

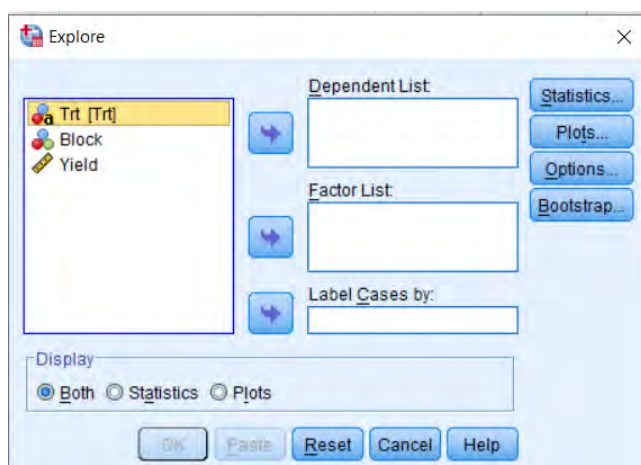
Descriptive Statistics

	N	Mean		Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
yield	24	5.52917	.314244	1.539475	2.370
Valid N (listwise)	24				

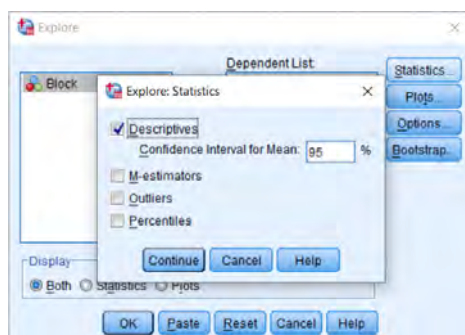
Πίνακας 4: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (N Statistic) είναι 24, ο μέσος όρος (Mean Statistic) είναι 5.529, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error Mean) είναι 0,314, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation Statistic) είναι 1,539, και τέλος η παραλλακτικότητα (Variance Statistic) είναι 2.37.

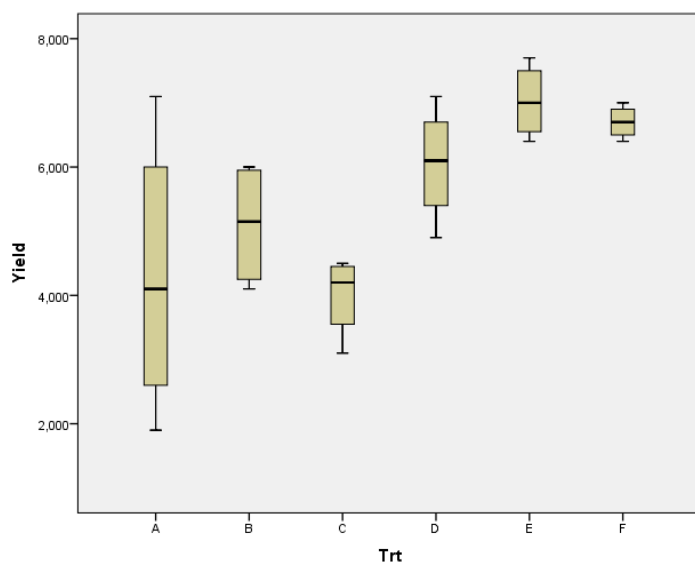
Συνεχίζοντας θα μπορούσαμε να φτιάξουμε ένα διάγραμμα αντίστοιχο με εκείνα του προηγούμενου πειραματικού σχεδίου. Για να γίνει αυτό ακολουθούνται τα εξής βήματα: «Analyze», «Descriptive Statistics», «Explore» και καταλήγουμε στη *Εικόνα 17*. Θέτοντας ως «Dependent List» τον παράγοντα «Yield» και ως «Factor List» τον παράγοντα «Trt» και κάνοντας «κλικ» στη συνέχεια στο εικονίδιο «Statistics» εμφανίζεται η *Εικόνα 18* εκεί επιλέγοντας το «Descriptives» εμφανίζεται το *Διάγραμμα 2*.



Εικόνα 17: Παράθυρο «Explore», δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων.



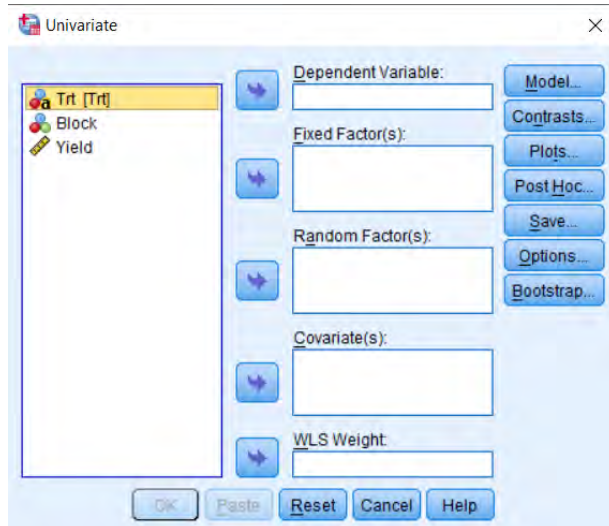
Εικόνα 18: Παράθυρο Descriptives.



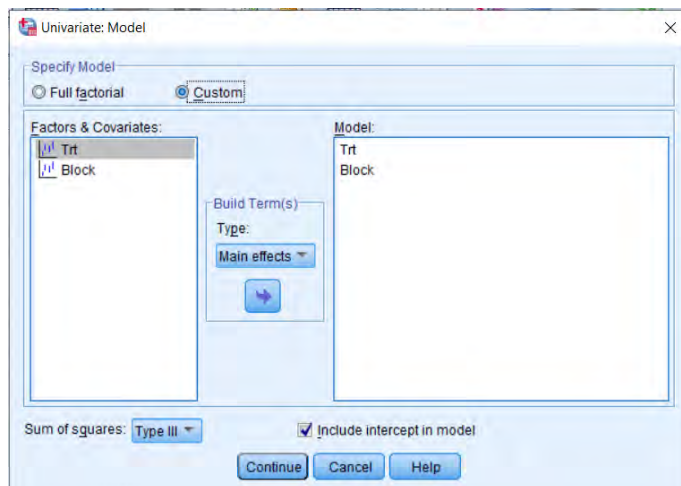
Διάγραμμα 2: Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Από τη μελέτη των παραπάνω μπορούμε να υποθέσουμε ότι η μεταχείριση E (Ripening) είναι η πιο αποτελεσματική αλλά αυτό δεν αρκεί, πρέπει να αποδειχθεί ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Έτσι συνεχίζουμε κάνοντας ανάλυση διακύμανσης. Για να δημιουργήσουμε τον πίνακα απονα ακολουθείται η εξής διαδρομή «General Linear Model», «Univariate» και καταλήγουμε στην *Εικόνα 19*. Στη συνέχεια θέτουμε ως «Dependent Variable» τη μεταβλητή «Yield», ως «Fixed Factors» τη μεταβλητή «Trt» και ως «Random Factors» τη μεταβλητή «Blocks». Τέλος στην επιλογή «Model» κάνουμε τα παρακάτω βήματα, τοποθετούμε στο πλαίσιο «Model» και τις δύο μεταβλητές επιλέγοντας «Type» «Main effects» (*Εικόνα 20*). Τελικά καταλήγουμε στον *Πίνακα 5*.



Εικόνα 19: Παράθυρο προσδιορισμού μεταβλητών για ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 20: Διαμόρφωση μοντέλου.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
--------	-------------------------	----	-------------	---	------

Intercept	Hypothesis	733.720	1	733.720	700.728	.000
	Error	3.141	3	1.047 ^a		
trt	Hypothesis	31.652	5	6.330	4.816	.008
	Error	19.716	15	1.314 ^b		
block	Hypothesis	3.141	3	1.047	.797	.515
	Error	19.716	15	1.314 ^b		

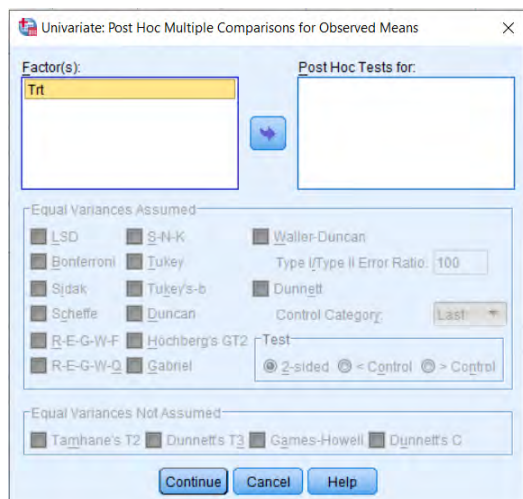
a. MS(block)

b. MS(Error)

Πίνακας 5: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από το F μπορούμε να δούμε ότι μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων υπάρχει διαφορά η οποία είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5%. Μεταξύ των blocks ωστόσο μπορούμε να δούμε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,797$, $sig>0.05$) στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν είναι απαραίτητη η δημιουργία Blocks. Εφόσον καταλήξαμε στο ότι υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων θα προβούμε σε ελέγχους post-hoc για να εντοπίσουμε ποια είναι η καλύτερη.

Στο ίδιο σημείο που ήμασταν πριν (Εικόνα 19) επιλέγουμε «Post hoc» και διαλέγουμε τους ελέγχους «LSD» και «TukeyHSD» τοποθετώντας στη στήλη «Post Hoc Tests for» τη μεταβλητή «Trt» (Εικόνα 21). Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 6.



Εικόνα 21: Παράθυρο επιλογής post hoc ελέγχων.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: yield

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) trt	(J) trt				Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	B	C	1.10000	.810684	.750	-1.53389	3.73389
		D	-.95000	.810684	.843	-3.58389	1.68389
		E	-1.92500	.810684	.226	-4.55889	.70889
		A	.80000	.810684	.915	-1.83389	3.43389
		F	-1.60000	.810684	.400	-4.23389	1.03389
	C	B	-1.10000	.810684	.750	-3.73389	1.53389
		D	-2.05000	.810684	.177	-4.68389	.58389
		E	-3.02500*	.810684	.020	-5.65889	-.39111
		A	-.30000	.810684	.999	-2.93389	2.33389
		F	-2.70000*	.810684	.043	-5.33389	-.06611
	D	B	.95000	.810684	.843	-1.68389	3.58389
		C	2.05000	.810684	.177	-.58389	4.68389
		E	-.97500	.810684	.829	-3.60889	1.65889
		A	1.75000	.810684	.311	-.88389	4.38389
		F	-.65000	.810684	.963	-3.28389	1.98389
	E	B	1.92500	.810684	.226	-.70889	4.55889
		C	3.02500*	.810684	.020	.39111	5.65889
		D	.97500	.810684	.829	-1.65889	3.60889
		A	2.72500*	.810684	.041	.09111	5.35889
		F	.32500	.810684	.998	-2.30889	2.95889
A	B	-.80000	.810684	.915	-3.43389	1.83389	
	C	.30000	.810684	.999	-2.33389	2.93389	
	D	-1.75000	.810684	.311	-4.38389	.88389	
	E	-2.72500*	.810684	.041	-5.35889	-.09111	
	F	-2.40000	.810684	.084	-5.03389	.23389	
F	B	1.60000	.810684	.400	-1.03389	4.23389	
	C	2.70000*	.810684	.043	.06611	5.33389	
	D	.65000	.810684	.963	-1.98389	3.28389	
	E	-.32500	.810684	.998	-2.95889	2.30889	
	A	2.40000	.810684	.084	-.23389	5.03389	
LSD	B	C	1.10000	.810684	.195	-.62793	2.82793
		D	-.95000	.810684	.260	-2.67793	.77793
		E	-1.92500*	.810684	.031	-3.65293	-.19707
		A	.80000	.810684	.339	-.92793	2.52793

	F	-1.60000	.810684	.067	-3.32793	.12793
C	B	-1.10000	.810684	.195	-2.82793	.62793
	D	-2.05000*	.810684	.023	-3.77793	-.32207
	E	-3.02500*	.810684	.002	-4.75293	-1.29707
	A	-.30000	.810684	.717	-2.02793	1.42793
	F	-2.70000*	.810684	.005	-4.42793	-.97207
D	B	.95000	.810684	.260	-.77793	2.67793
	C	2.05000*	.810684	.023	.32207	3.77793
	E	-.97500	.810684	.248	-2.70293	.75293
	A	1.75000*	.810684	.047	.02207	3.47793
	F	-.65000	.810684	.435	-2.37793	1.07793
E	B	1.92500*	.810684	.031	.19707	3.65293
	C	3.02500*	.810684	.002	1.29707	4.75293
	D	.97500	.810684	.248	-.75293	2.70293
	A	2.72500*	.810684	.004	.99707	4.45293
	F	.32500	.810684	.694	-1.40293	2.05293
A	B	-.80000	.810684	.339	-2.52793	.92793
	C	.30000	.810684	.717	-1.42793	2.02793
	D	-1.75000*	.810684	.047	-3.47793	-.02207
	E	-2.72500*	.810684	.004	-4.45293	-.99707
	F	-2.40000*	.810684	.010	-4.12793	-.67207
F	B	1.60000	.810684	.067	-.12793	3.32793
	C	2.70000*	.810684	.005	.97207	4.42793
	D	.65000	.810684	.435	-1.07793	2.37793
	E	-.32500	.810684	.694	-2.05293	1.40293
	A	2.40000*	.810684	.010	.67207	4.12793

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.314.

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

Πίνακας 6: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των ελέγχων LSD, Tukey HSD.

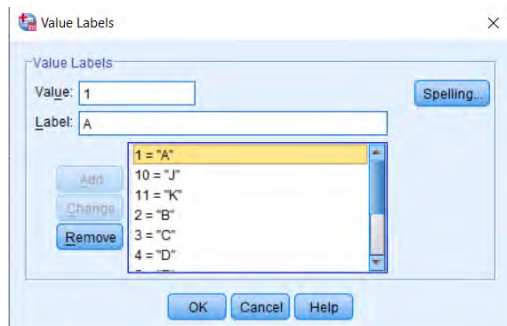
Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους οι μεταχειρίσεις “Full bloom”-“Ripening” (C-E) διότι $p=0.020$, “Full bloom”-“Uninoculated” (C-F) διότι $p=0.043$, “Ripening”-“Seedling” (E-A) διότι $p=0.041$. Μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων από τον Πίνακα 8 παρατηρείται πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0.05$). Συνδυάζοντας τις πληροφορίες των Πίνακα 6 και Διάγραμμα 2 καταλήγουμε στο ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η πέμπτη (Ripening-E).

2.3. Ανάλυση συνδιακύμανσης.

Ξεκινάμε με την προβολή των δεδομένων και όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Αρχικά κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Variable View» στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης και εμφανίζεται η *Εικόνα 22*. Ορίζουμε τα είδη των μεταβλητών (*Εικόνα 22*) καθώς και τα ονόματά τους (*Εικόνα 23*). Στη συνέχεια εμφανίζεται ο *Πίνακας δεδομένων 3*.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
Var	String	11	0		{1, A}...	None	11	Left	Nominal	Input
Rep	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
Cov	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input
Ascorbic	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input

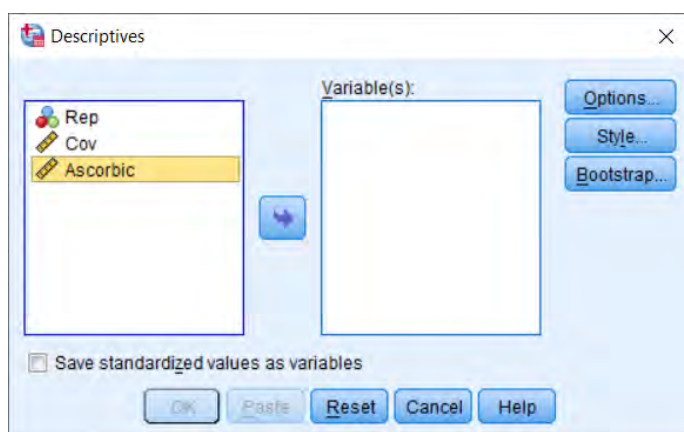
Εικόνα 22: «Variable View», περιβάλλον μορφοποίησης δεδομένων..



Εικόνα 23: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα «Var».

Var	Rep	Cov	Ascorbic
A	1	34	93
B	1	40	47
C	1	32	81
D	1	38	67
E	1	25	120
F	1	30	107
G	1	33	106
H	1	35	62
I	1	31	81
J	1	21	149
K	1	31	79
A	2	33	95
B	2	40	52
C	2	30	109
D	2	38	74
E	2	24	129
F	2	29	111
G	2	34	107
H	2	32	83
I	2	31	107
J	2	25	152
K	2	26	117
A	3	35	92
B	3	51	33
C	3	34	72
C	3	34	72
D	3	34	72
E	3	34	72
F	3	34	72
G	3	34	72
H	3	34	72
I	3	34	72
J	3	34	72
K	3	34	72
A	4	39	81
B	4	52	27
C	4	40	58
D	4	39	69
E	4	24	129
F	4	28	126
G	4	35	86
H	4	36	69
I	4	31	92
J	4	25	155
K	4	34	70
A	5	36	80
B	5	56	21
C	5	48	30
D	5	41	63
E	5	25	126
F	5	34	96
G	5	38	89
H	5	39	47
I	5	37	68
J	5	25	146
K	5	44	41

Συνεχίζουμε φτιάχνοντας τον Πίνακα 7 στον οποίο φαίνονται τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του δείγματος. Για να γίνει αυτό ακολουθείται η εξής διαδρομή : «Analyze», «Descriptive Statistics», «Descriptives» και καταλήγουμε στην Εικόνα 24. Σε αυτό το σημείο, έχοντας επιλέξει για τη θέση «Variable» τη μεταβλητή «Ascorbic», κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «Options» επιλέγουμε ποια μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς θέλουμε να εμφανιστούν στον πίνακα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκαν τα παρακάτω.



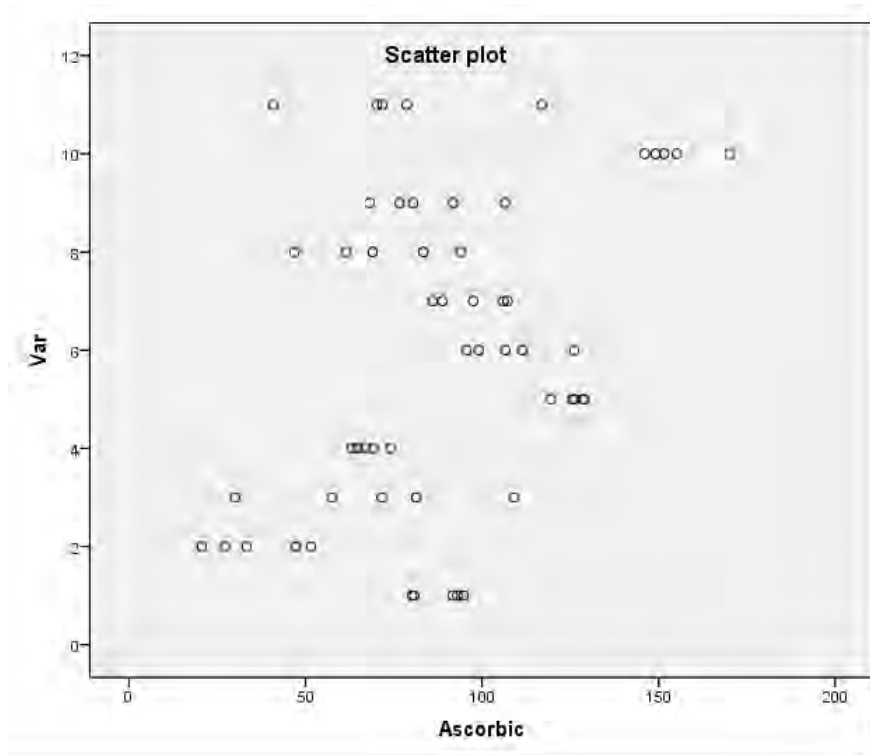
Εικόνα 24: Παράθυρο «Descriptives».

Descriptive Statistics					
	N	Mean		Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
Ascorbic	55	88,92	4,567	33,866	1146,934
Valid N (listwise)	55				


Πίνακας 7: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

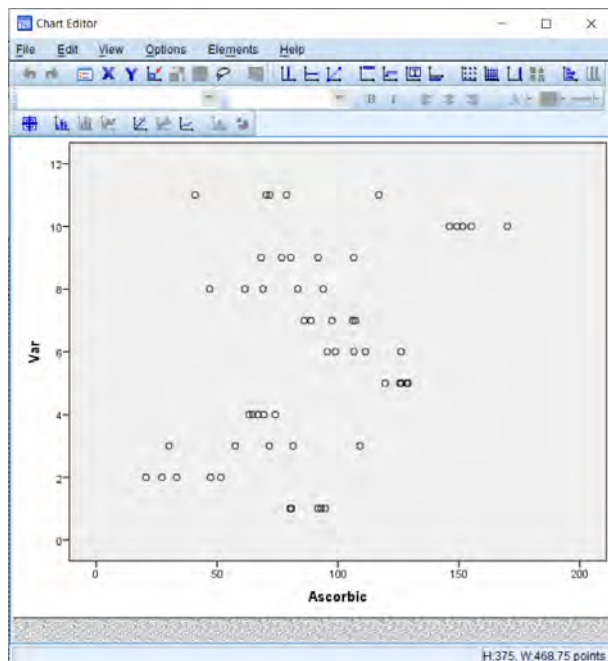
Από τον Πίνακα 7 βλέπουμε ότι ο αριθμός των ατόμων είναι 55, ο μέσος όρος είναι 88,918, το τυπικό σφάλμα είναι 4,567, η τυπική απόκλιση είναι 33,866, η διακύμανση είναι 1146,934.

Συνεχίζουμε με τον έλεγχο της κατανομής των κατάλοιπων . Αυτό θα ελεγχθεί με το παρακάτω διάγραμμα σκέδασης. Για τη δημιουργία του θα πρέπει και οι δύο μεταβλητές να είναι ποσοτικές, γιατί στη συγκεκριμένη περίπτωση ορίσαμε τη μεταβλητή «Var» ως ποσοτική και με τη διαδρομή «Graphs», «Legacy Plots», «Scatter/Dot», «Simple Scatter» καταλήξαμε στο Διάγραμμα 3.

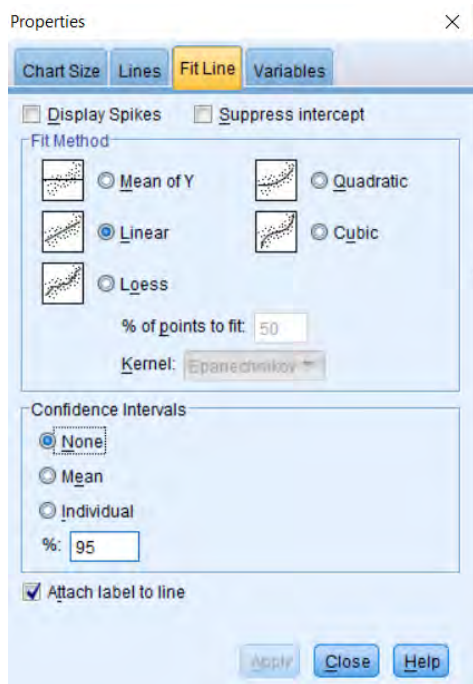


Διάγραμμα 3: Διάγραμμα σκέδασης, Άξονας x: «Περιεκτικότητα σε ασκορβικό» («Ascorbic»), Άξονας y: «Ποικιλία» («Var»).

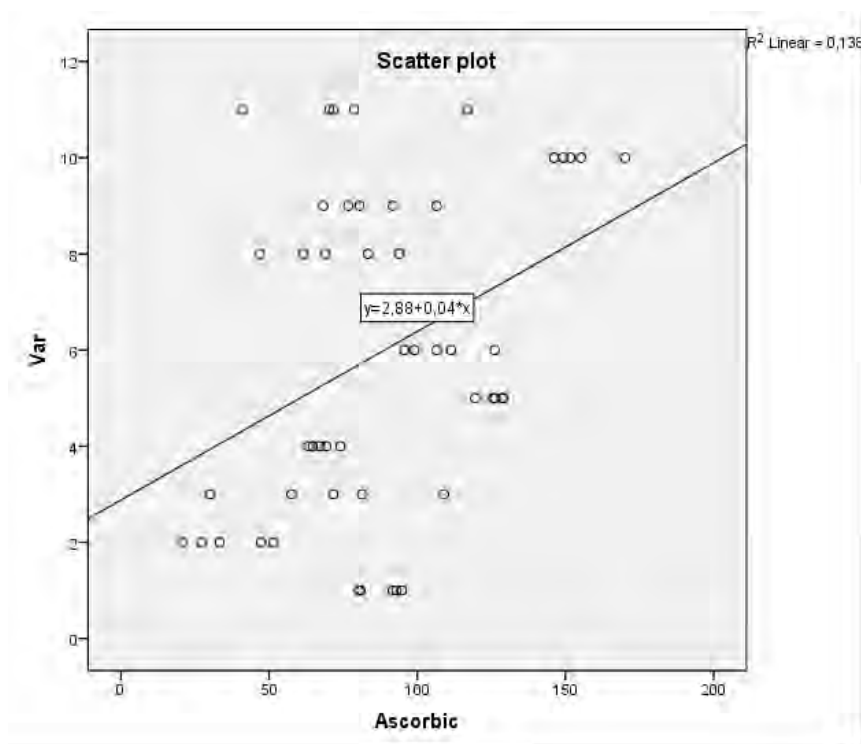
Για τη προσθήκη της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων κάνουμε διπλό «κλικ» πάνω στο διάγραμμα και στη συνέχεια την επιλογή  της Εικόνας 25, με αυτή την επιλογή εμφανίζεται η Εικόνα 26 από την οποία επιλέγουμε «Linear». Το αποτέλεσμα είναι το Διάγραμμα 4.



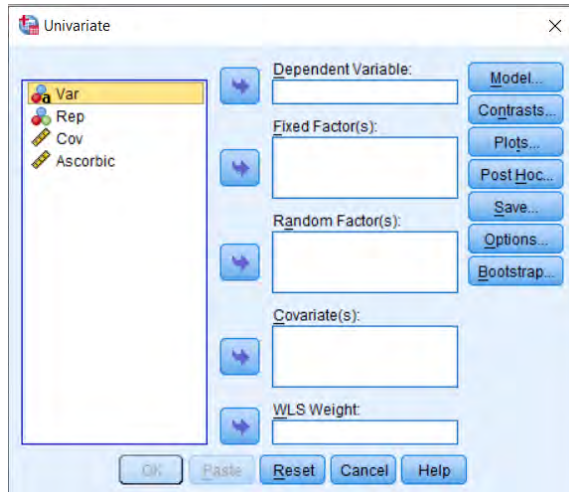
Εικόνα 25: Παράθυρο επεξεργασίας Διαγράμματος.



Εικόνα 26: Επιλογή τύπου εξίσωσης που θα εφαρμοστεί στο διάγραμμα.



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα σκέδασης παραγόντων «Ascorbic» και «Var», με την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων « $y = 2,88 + 0,4 * x$ ».



Εικόνα 26: Παράθυρο προσδιορισμού μεταβλητών για ανάλυση διακύμανσης.

Στη συνέχεια θα πρέπει να ελεγχθεί εάν η συµµεταβλήτη και η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Για τη δημιουργία του Πίνακα 8 έγιναν τα βήματα «Analyze», «General Linear Model», «Univariate» και καταλήξαµε στην Εικόνα 24. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν στη θέση «Dependent Variable» η μεταβλητή «Ascorbic» στη θέση «Fixed Factors» η μεταβλητή «Var» και στη θέση «Covariates» η μεταβλητή «Cov».

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ascorbic

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60124,426 ^a	21	2863,068	52,200	,000
Intercept	6026,362	1	6026,362	109,873	,000
Var * Cov	1149,850	10	114,985	2,096	,054
Var	990,351	10	99,035	1,806	,099
Cov	1409,143	1	1409,143	25,692	,000
Error	1809,997	33	54,848		
Total	496788,793	55			
Corrected Total	61934,423	54			

a. R Squared = ,971 (Adjusted R Squared = ,952)

Πίνακας 8: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης στον οποίο έχει προστεθεί η αλληλεπίδραση «Var*Cov».

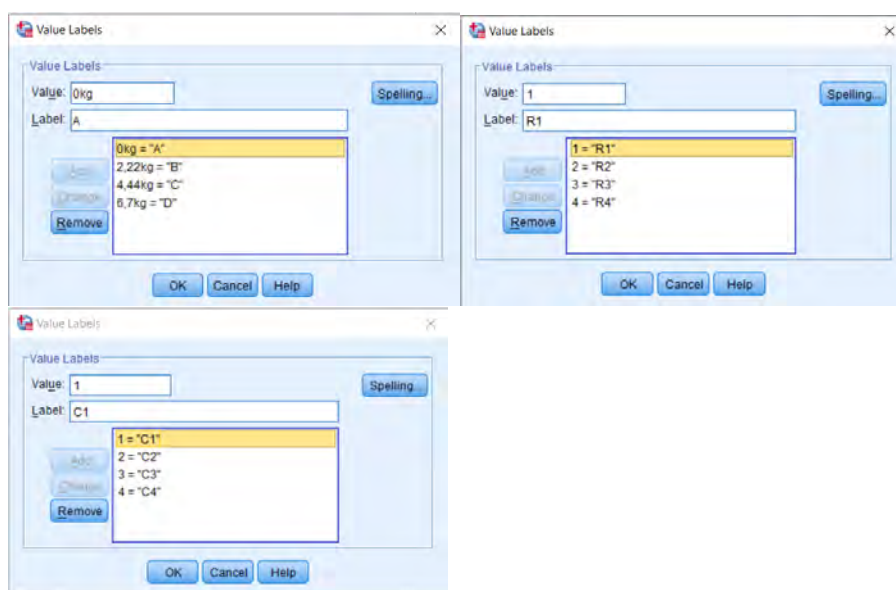
Από τον Πίνακα 8 συµπεραίνουµε ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών «Var» και «Cov» είναι στατιστικά σηµαντική σε επίπεδο 5%.

2.4. Λατινικό τετράγωνο.

Όπως και στα προηγούμενα πειραματικά σχέδια έτσι και εδώ η ανάλυση ξεκινά με προβολή των δεδομένων τα οποία έχουν αποθηκευτεί σε αρχείο .xlsm. Κάνοντας «κλικ» στο εικονίδιο «Variable View» στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης εμφανίζεται η *Εικόνα 27*, στην οποία όπως φαίνεται κάνοντας «κλικ» στα κελιά κάτω από το όνομα της κάθε στήλης ορίζουμε τον τύπο (Type) των μεταβλητών, στη συνέχεια ορίζουμε τα ονόματα (Value Labels) των διαφορετικών παραγόντων (*Εικόνα 28*). Το αποτέλεσμα είναι ο *Πίνακας δεδομένων 4* στον οποίο φαίνεται η περιεκτικότητα του κάθε ατόμου σε πυρηνικό καθώς και η μεταχείριση η οποία του εφαρμόστηκε. Τέλος βλέπουμε και σε ποια σειρά και στήλη βρισκόταν.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
Trt	String	6	0		{0kg, A}...	None	6	Left	Nominal	Input
Row	Numeric	12	0		{1, 1}...	None	12	Right	Nominal	Input
Column	Numeric	12	0		{1, 1}...	None	12	Right	Nominal	Input
Pyr	Numeric	18	3		None	None	17	Right	Scale	Input

Εικόνα 27: «Variable View», περιβάλλον μορφοποίησης δεδομένων.

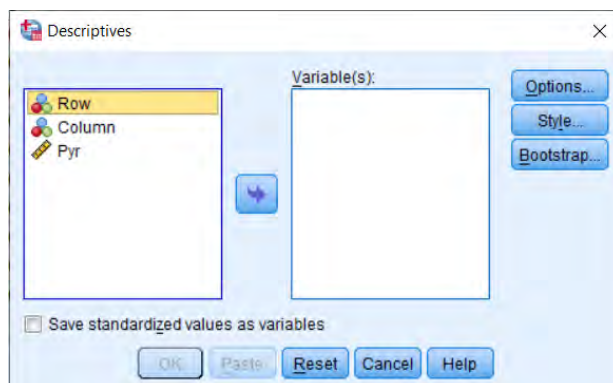


Εικόνα 28: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων των παραγόντων «Trt», «Row», «Column».

Trt	Row	Column	Pyr
A	R1	C1	3,080
A	R2	C2	2,560
A	R3	C3	3,190
A	R4	C4	4,240
B	R1	C2	3,450
B	R2	C1	3,660
B	R3	C4	4,450
B	R3	C3	3,350
C	R1	C3	3,400
C	R2	C4	4,350
C	R3	C2	3,720
C	R4	C1	4,510
D	R1	C4	5,350
D	R2	C3	3,930
D	R3	C1	4,560
D	R4	C2	3,980

Πίνακας δεδομένων 4. : «Data View», Δεδομένα από «Πείραμα 4» σε SPSS.

Η ανάλυση ξεκινάει με τον Πίνακα 9. Για να τον δημιουργήσουμε ακολουθείται η παρακάτω διαδρομή: «Analyze», «Descriptive Statistics», «Descriptives» και καταλήγουμε στην Εικόνα 29. Σε αυτό το σημείο θέτοντας στον πίνακα της εικόνας ως «Variables» τη μεταβλητή «Pyr» και στη συνέχεια κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «Options».



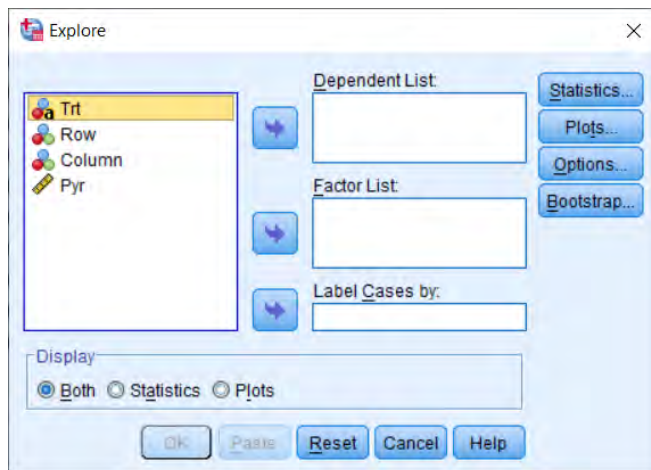
Εικόνα 29 Παράθυρο «Descriptives».

Descriptive Statistics					
	N	Mean		Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
Pyr	16	3.86125	.174776	.699103	.489
Valid N (listwise)	16				

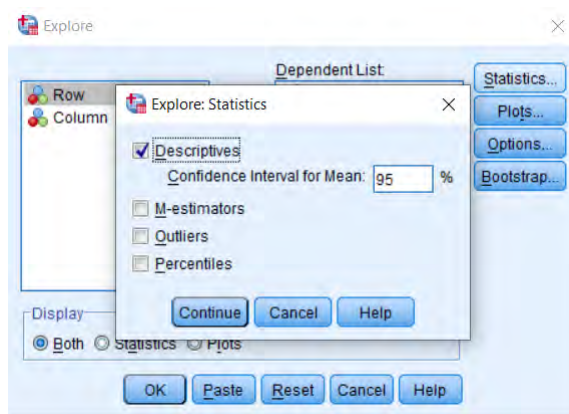
Πίνακας 9: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον Πίνακα 9 βλέπουμε ότι το πλήθος των ατόμων (N Statistic) είναι 16, ο μέσος όρος (Mean) είναι 3,86, το Τυπικό Σφάλμα είναι 0,174, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation Statistic) είναι 0,699 και τέλος η διακύμανση (Variance Statistic) είναι 0,489.

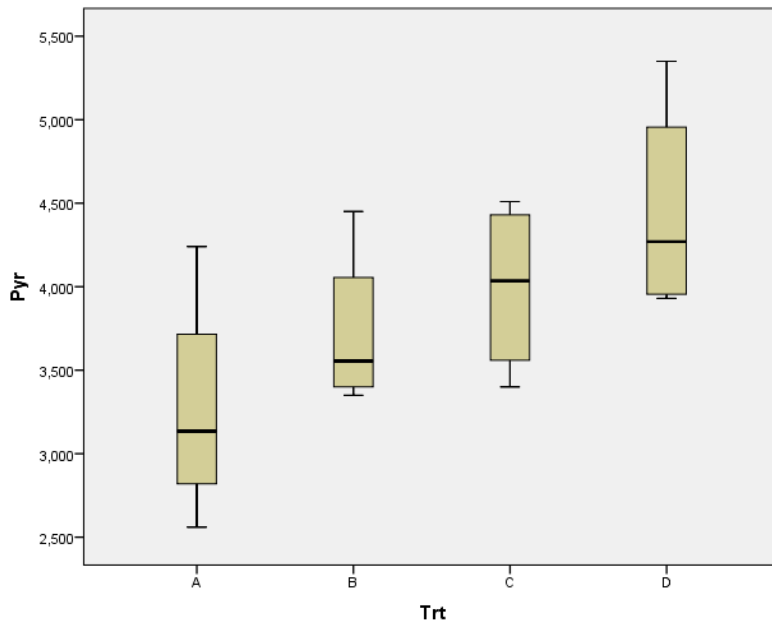
Συνεχίζουμε με τη δημιουργία θηκογράμματος (Διάγραμμα 5). Για να γίνει αυτό ακολουθούνται τα εξής βήματα: «Analyze», «Descriptive Statistics», «Explore» και καταλήγουμε στη *Εικόνα 30*. Στο σημείο αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε πίνακες με αναλυτικά τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού της κάθε μεταχείρισης καθώς και διαγράμματα. Θέτοντας ως «Dependent List» τον παράγοντα «Pyr» και ως «Factor List» τον παράγοντα «Trt» και κάνοντας «κλικ» στη συνέχεια στο εικονίδιο «Statistics» εμφανίζεται η *Εικόνα 31* εκεί επιλέγοντας το «Descriptives» εμφανίζεται το *Διάγραμμα 5*.



Εικόνα 30: Παράθυρο «Explore», δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων

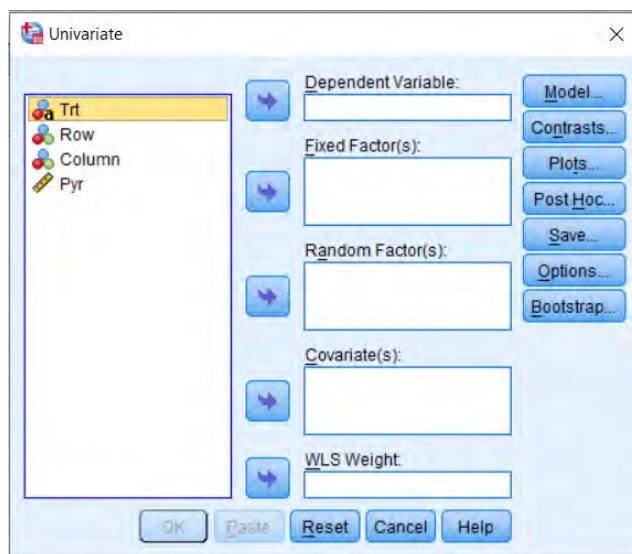


Εικόνα 31: Επιλογή στοιχείων που θα εμφανιστούν στην ανάλυση.

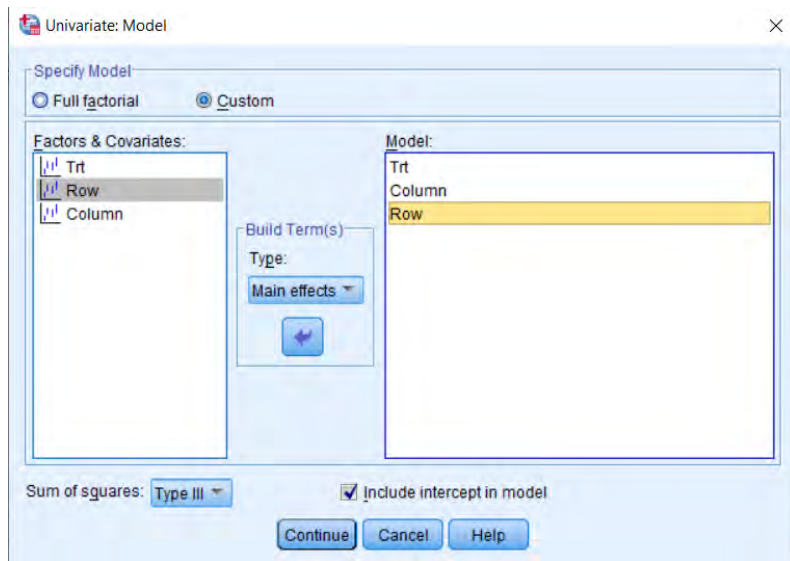


Διάγραμμα 5: Θηκόγραμμα διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Περιεκτικότητα σε πυροβικό» («Pyr»).

Από το Διάγραμμα 5 μπορούμε να υποθέσουμε ότι η τέταρτη μεταχείριση είναι η πιο αποτελεσματική ωστόσο πρέπει να το αποδείξουμε, γι' αυτό συνεχίζουμε με ανάλυση διακύμανσης ακολουθώντας τα βήματα: «Analyze», «General Linear Model», «Univariate». Εμφανίζεται η Εικόνα 32 και όπως φαίνεται τοποθετούμε στη θέση «Dependent Variable» μεταβλητή «Pyr» στη θέση «Fixed Factors» τη μεταβλητή «Trt» και στη θέση «Random Factor(s)» τη μεταβλητή «Column» και «Row». Στη συνέχεια στην επιλογή «Model» θέτουμε: «Specify Model» «Custom» και στην επιλογή «Type», «Main effects» τέλος τοποθετούμε στη λίστα «Model» και τους τρεις παράγοντες (Εικόνα 33). Έτσι καταλήγουμε στον Πίνακα 15.



Εικόνα 32: Παράθυρο προσδιορισμού μεταβλητών για ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 33: Προσδιορισμός μοντέλου.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pyr

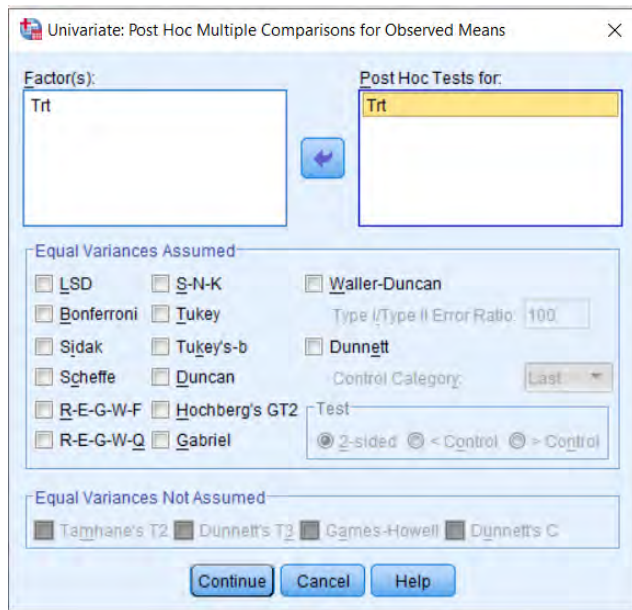
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	238.548	1	238.548	190.409	.001
	4.101	3.273	1.253 ^a		
trt	2.963	3	.988	14.591	.004
	.406	6	.068 ^b		
column	3.574	3	1.191	17.599	.002
	.406	6	.068 ^b		
row	.387	3	.129	1.907	.230
	.406	6	.068 ^b		

a. $MS(\text{column}) + MS(\text{row}) - MS(\text{Error})$

b. $MS(\text{Error})$

Πίνακας 10: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον Πίνακα 10 συμπεραίνουμε ότι μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων υπάρχει διαφορά ($F=14,591$, $\text{sig}<0,05$). Επίσης υπάρχει διαφορά μεταξύ των διαφορετικών στηλών ($F=17,599$, $\text{sig}<0,05$) ωστόσο δεν υπάρχει έντονη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών γραμμών ($F=1,907$, $\text{sig}>0,05$). Συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc ελέγχους για να δούμε ποιες μεταχειρίσεις διαφέρουν περισσότερο. Από την επιλογή «Post Hoc» επιλέγουμε τους ελέγχους LSD και Tukey HSD και στη θέση «Post Hoc Tests for» τη μεταβλητή «Trt» (Εικόνα 34) , και καταλήγουμε στον Πίνακα 11.



Εικόνα 34: Παράθυρο επιλογής post hoc ελέγχων.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pyr

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) trt	(J) trt				Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	A	B	-.46000	.183984	.157	-1.09690	.17690
		C	-.72750*	.183984	.029	-1.36440	-.09060
		D	-1.18750*	.183984	.003	-1.82440	-.55060
	B	A	.46000	.183984	.157	-.17690	1.09690
		C	-.26750	.183984	.515	-.90440	.36940
		D	-.72750*	.183984	.029	-1.36440	-.09060
	C	A	.72750*	.183984	.029	.09060	1.36440
		B	.26750	.183984	.515	-.36940	.90440
		D	-.46000	.183984	.157	-1.09690	.17690
	D	A	1.18750*	.183984	.003	.55060	1.82440
		B	.72750*	.183984	.029	.09060	1.36440
		C	.46000	.183984	.157	-.17690	1.09690
LSD	A	B	-.46000*	.183984	.047	-.91019	-.00981
		C	-.72750*	.183984	.008	-1.17769	-.27731
		D	-1.18750*	.183984	.001	-1.63769	-.73731
	B	A	.46000*	.183984	.047	.00981	.91019
		C	-.26750	.183984	.196	-.71769	.18269
		D	-.72750*	.183984	.008	-1.17769	-.27731

C	A	.72750*	.183984	.008	.27731	1.17769
	B	.26750	.183984	.196	-.18269	.71769
	D	-.46000*	.183984	.047	-.91019	-.00981
D	A	1.18750*	.183984	.001	.73731	1.63769
	B	.72750*	.183984	.008	.27731	1.17769
	C	.46000*	.183984	.047	.00981	.91019

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .068.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Πίνακας 11: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των ελέγχων LSD, Tukey HSD.

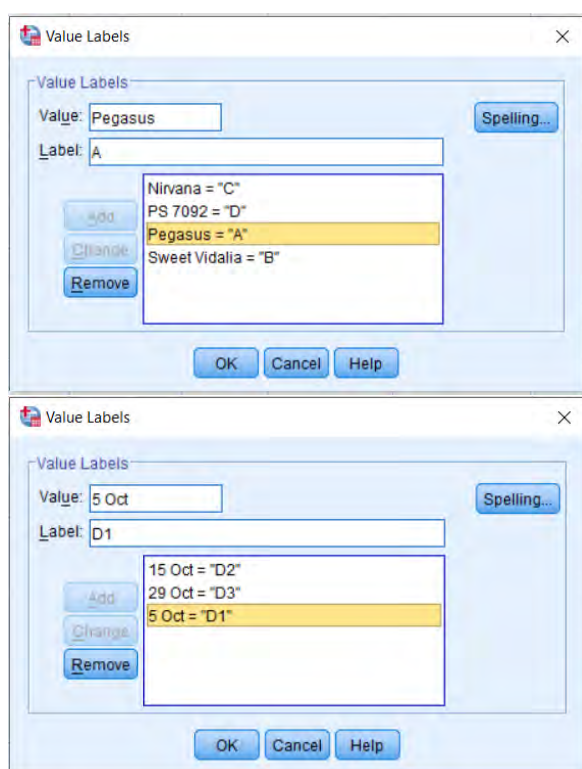
Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων 0kg-4.44kg (A-C) ($p=0.029$) καθώς και οι 0kg-6.7kg (A-D) ($p=0.003$) και οι 2.22kg-6.7kg($p=0.029$) (B-D) ενώ μεταξύ των υπόλοιπων ζευγών δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5% . Από τη μελέτη του *Διαγράμματος 5* καθώς και του *Πίνακα 11*, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μεταχείριση η οποία οδήγησε στην μεγαλύτερη παραγωγή πυρουβικού είναι αυτή με τα 6.7kg.

2.5. Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.

Όπως και στα προηγούμενα πειραματικά σχέδια ξεκινάμε με προβολή των δεδομένων και κάνοντας «κλικ» στο εικονίδιο «Variable View» ορίζουμε το είδος καθώς και τα ονόματα των διαφορετικών μεταβλητών (Εικόνα 35, Εικόνα 36) και καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων 5.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
Variety	String	13	0		{Nirvana, C}...	None	13	Left	Nominal	Input
Date	String	6	0		{15 Oct, D2}...	None	6	Left	Nominal	Input
Rep	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Nominal	Input
Seedstem	Numeric	11	0		None	None	11	Right	Scale	Input

Εικόνα 35: «Variable View», περιβάλλον μορφοποίησης δεδομένων.

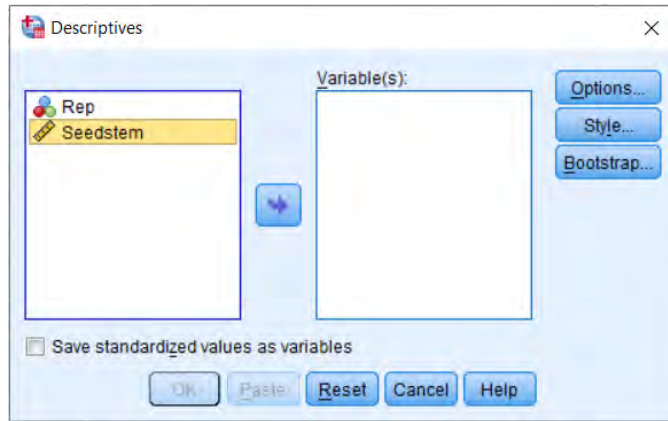


Εικόνα 36: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων των παραγόντων «Variety», «Date».

Variety	Date	Rep	Seedstem
A	D1	1	12
A	D3	1	0
A	D2	2	0
A	D2	3	0
A	D3	4	0
A	D1	2	15
A	D2	4	1
A	D3	2	0
A	D1	3	2
A	D2	1	0
A	D1	4	8
A	D3	3	0
B	D2	1	2
B	D1	1	35
B	D3	2	0
B	D2	3	15
B	D1	4	46
B	D3	1	0
B	D1	3	23
B	D3	4	0
B	D3	3	0
B	D2	4	0
B	D2	2	3
B	D1	2	19
C	D3	1	0
C	D1	4	6
C	D1	2	5
C	D2	1	0
C	D3	2	0
C	D2	3	0
C	D1	3	0
C	D1	1	17
C	D2	4	0
C	D3	3	1
C	D3	4	0
C	D2	2	0
D	D1	3	2
D	D3	3	0
D	D2	1	0
D	D3	1	0
D	D2	2	1
D	D2	3	0
D	D2	4	0
D	D3	4	0
D	D3	2	0
D	D1	2	7
D	D1	4	14
D	D1	1	12

Πίνακας δεδομένων 5: «Data View», Δεδομένα από «Πείραμα 5» σε SPSS.

Στη συνέχεια ακολουθούμε τη διαδρομή: «Analyze», «Descriptive statistics», «Descriptives», θέτουμε στον πίνακα της Εικόνας 37 στη θέση «Variables» τη μεταβλητή «Seedstem» και για να δημιουργήσουμε τον Πίνακα 12 στην επιλογή «Options» επιλέγουμε τα στατιστικά που θέλουμε να εμφανιστούν σε αυτόν.



Εικόνα 37: Παράθυρο «Descriptives».

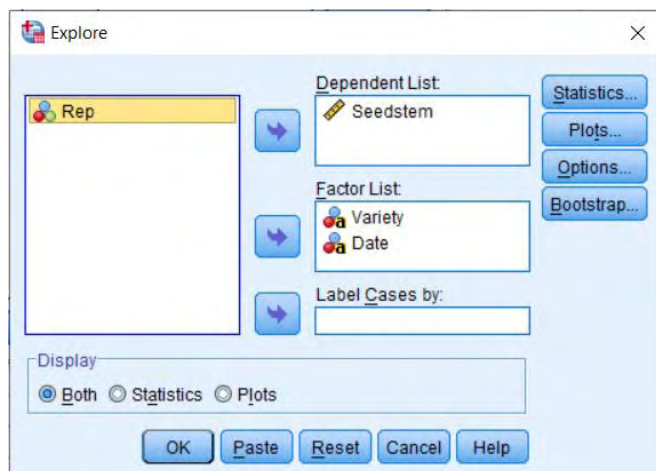
Descriptive Statistics

	N	Mean		Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
Seedstem	48	5,13	1,395	9,666	93,431
Valid N (listwise)	48				

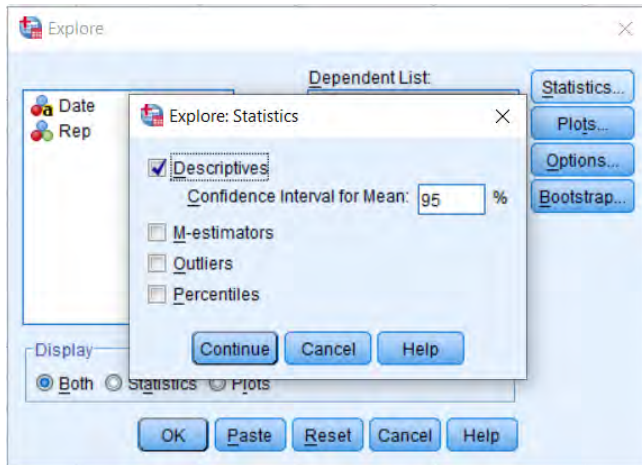
Πίνακας 12 : Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Στον Πίνακα 12 βλέπουμε ότι το πλήθος των ατόμων (N Statistic) ισούται με 48, ο μέσος όρος (Mean Statistic) ισούται με 5,13, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error) ισούται με 1,395, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation Statistic) ισούται με 9,666, και τέλος η παραλλακτικότητα (Variance Statistic) ισούται με 93,431.

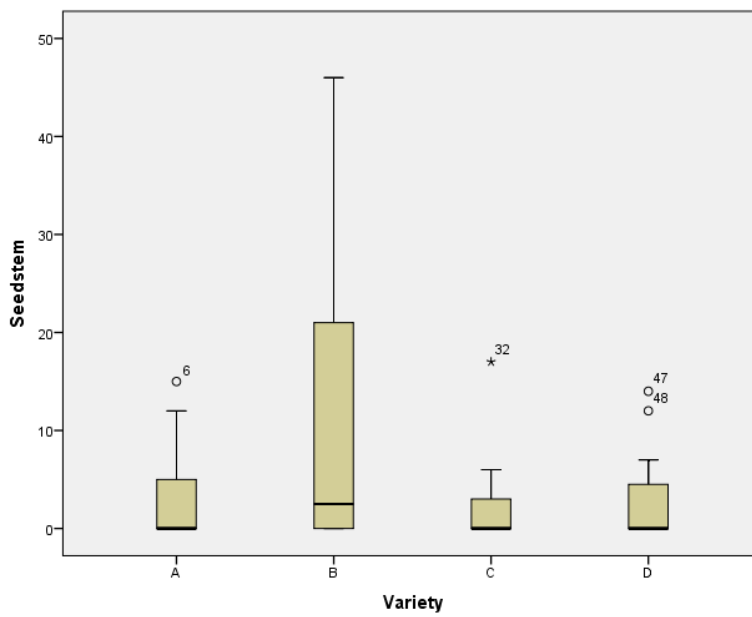
Για τη δημιουργία των θηκογραμμάτων ακολουθείται η διαδρομή: «Analyze», «Descriptive statistics», «Explore», και έχοντας τοποθετήσει τις μεταβλητές όπως φαίνεται στην Εικόνα 38 κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Statistics» και στη συνέχεια «Descriptives» (Εικόνα 39) καταλήγουμε στο Διάγραμμα 5 και Διάγραμμα 6.



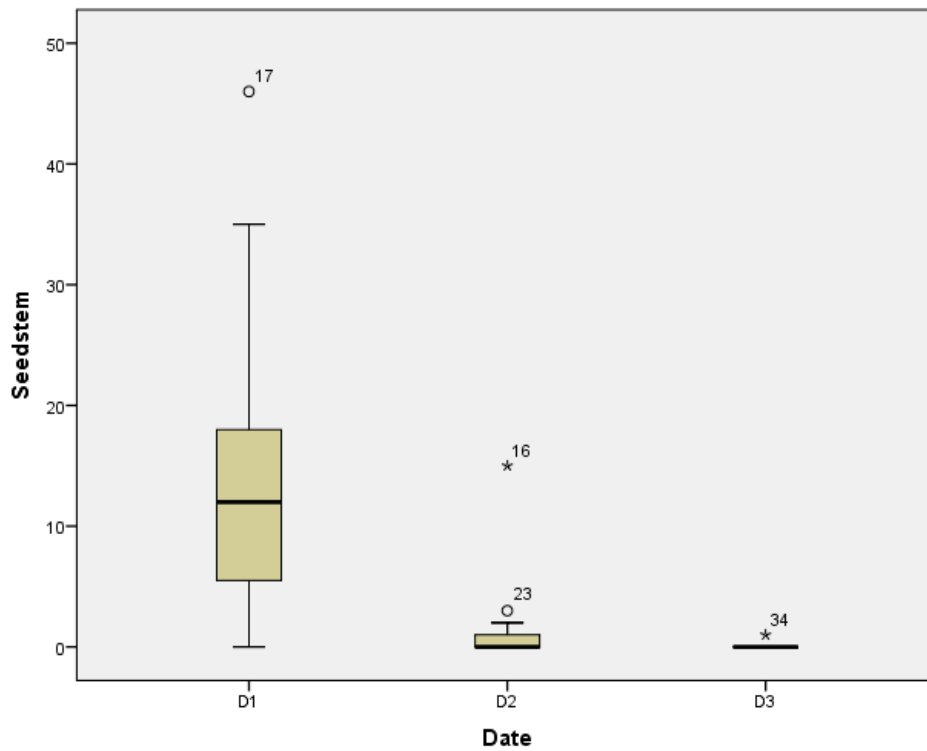
Εικόνα 38: Παράθυρο «Explore», δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων.



Εικόνα 39: Προσδιορισμός στοιχείων που θα εμφανιστούν στην ανάλυση.

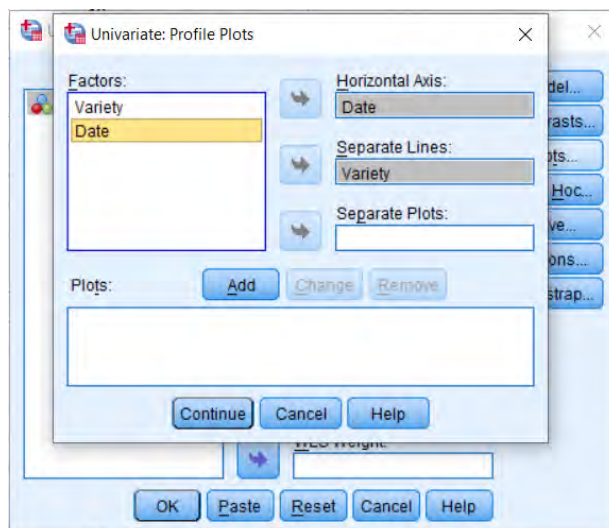


Διάγραμμα 6 : Θηκόγραμμα παράγοντα «Ποικιλία», Αξονας x: «Ποικιλία» («Variety»), Αξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).

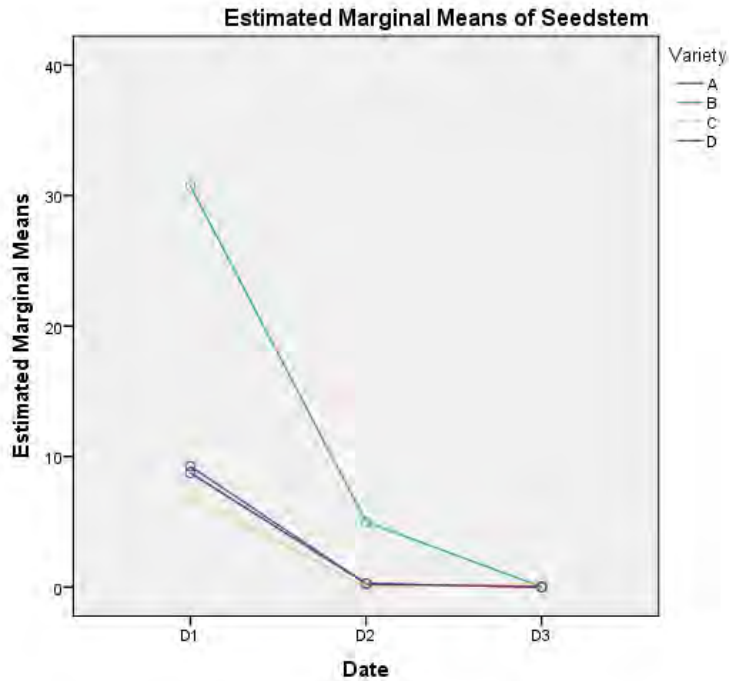


Διάγραμμα 7: Θηκόγραμμα παράγοντα «Ημερομηνία», Άξονας x: «Ημερομηνία» («Date»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).

Για τη δημιουργία του Διαγράμματος 7 στο οποίο φαίνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ακολουθούμε τη διαδρομή: «Analyze», «General Linear Model», «Univariate», «Plots» και στη συνέχεια θέτουμε όπως φαίνεται στην Εικόνα 40.



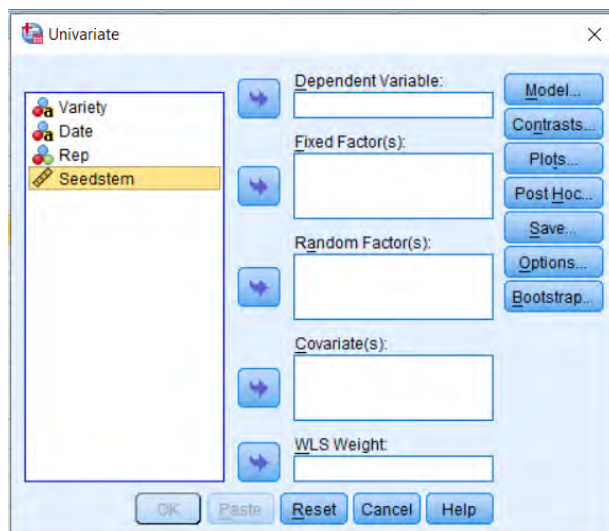
Εικόνα 40: Παράθυρο «Univariate».



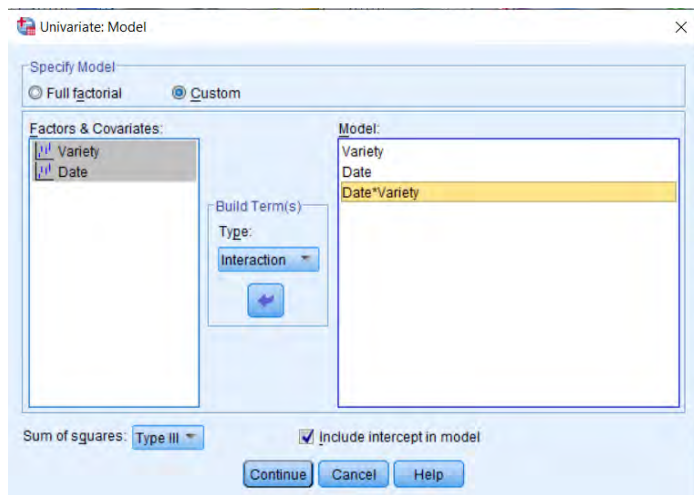
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης Άξονας x: «Ημερομηνία» («Date»), Άξονας y: : προσαρμοσμένοι μέσοι όροι μεταβλητής «Βλαστοί» («Seedstem»).

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση λόγω της μη-παραλληλίας των γραμμών.

Στη συνέχεια για τον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης ορίζουμε ως «Dependent Variable» τη μεταβλητή «Seedstem» και ως «Fixed Factor(s)» τις μεταβλητές «Variety» και «Date» (Εικόνα 41) και στη συνέχεια στην επιλογή «Model» ορίζουμε όπως φαίνεται στην Εικόνα 42. Έτσι καταλήγουμε στον Πίνακα 12 από τον οποίο συμπεραίνουμε σημαντικές κύριες επιδράσεις και σημαντική αλληλεπίδρασή τους.



Εικόνα 41: Παράθυρο προσδιορισμού μεταβλητών για ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 42: Προσδιορισμός μοντέλου.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Seedstem

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3466,750 ^a	11	315,159	12,272	,000
Intercept	1260,750	1	1260,750	49,094	,000
Variety	741,750	3	247,250	9,628	,000
Date	1877,625	2	938,812	36,557	,000
Variety * Date	847,375	6	141,229	5,499	,000
Error	924,500	36	25,681		
Total	5652,000	48			
Corrected Total	4391,250	47			

a. R Squared = ,789 (Adjusted R Squared = ,725)

: Πίνακας 13: Πίνακας Ανάλυσης διακύμανσης.

Συνεχίζουμε επιλέγοντας τους ελέγχους Tukey HSD και LSD όπως στα προηγούμενα πειράματα .

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Seedstem

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) Variety	(J) Variety				Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	A	B	-8,75*	2,069	,001	-14,32	-3,18
		C	,75	2,069	,983	-4,82	6,32
		D	,17	2,069	1,000	-5,41	5,74
	B	A	8,75*	2,069	,001	3,18	14,32
		C	9,50*	2,069	,000	3,93	15,07
		D	8,92*	2,069	,001	3,34	14,49
	C	A	-,75	2,069	,983	-6,32	4,82
		B	-9,50*	2,069	,000	-15,07	-3,93
		D	-,58	2,069	,992	-6,16	4,99
	D	A	-,17	2,069	1,000	-5,74	5,41
		B	-8,92*	2,069	,001	-14,49	-3,34
		C	,58	2,069	,992	-4,99	6,16
LSD	A	B	-8,75*	2,069	,000	-12,95	-4,55
		C	,75	2,069	,719	-3,45	4,95
		D	,17	2,069	,936	-4,03	4,36
	B	A	8,75*	2,069	,000	4,55	12,95
		C	9,50*	2,069	,000	5,30	13,70
		D	8,92*	2,069	,000	4,72	13,11
	C	A	-,75	2,069	,719	-4,95	3,45
		B	-9,50*	2,069	,000	-13,70	-5,30
		D	-,58	2,069	,780	-4,78	3,61
	D	A	-,17	2,069	,936	-4,36	4,03
		B	-8,92*	2,069	,000	-13,11	-4,72
		C	,58	2,069	,780	-3,61	4,78

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 25,681.

*. The mean difference is significant at the 0,05 level.

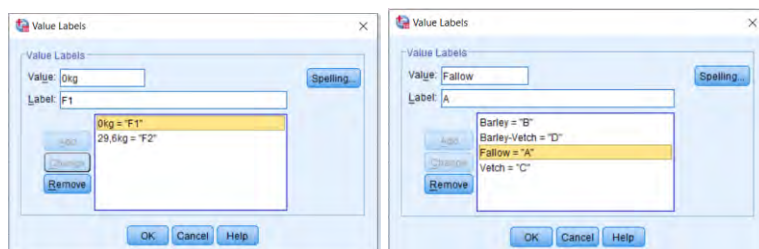
Πίνακας 14: Αποτελέσματα από την εφαρμογή των ελέγχων LSD, Tukey HSD.

2.6. Υποδιαιεμένων τεμαχίων.

Όπως και στα προηγούμενα πειραματικά σχέδια έτσι και εδώ ξεκινάμε με την διαμόρφωση των δεδομένων. Κάνοντας «κλικ» στην επιλογή «Variable View» εμφανίζεται η *Εικόνα 47*. Συνεχίζουμε ορίζοντας το είδος των μεταβλητών καθώς και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων του κάθε παράγοντα (*Εικόνα 47, 48*). Έτσι καταλήγουμε στο *Πίνακα δεδομένων 6* στον οποίο φαίνεται η απόδοση του κάθε φυτού καθώς και οι μεταχειρίσεις οι οποίες του εφαρμόστηκαν.

Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
Fert	String	6	0		{0kg, F1}...	None	6	Left	Nominal	Input
Green	String	12	0		{Barley, B}...	None	12	Left	Nominal	Input
Rep	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
Yield	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input

Εικόνα 43: «Variable View», περιβάλλον μορφοποίησης δεδομένων.

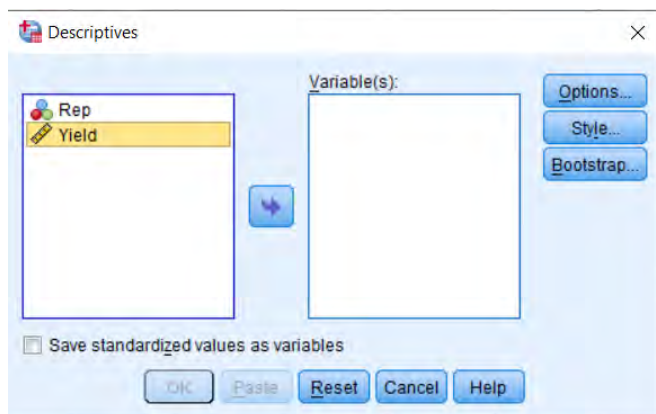


Εικόνα 44: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα «Fert» και «Green».

Fert	Green	Rep	Yield
F1	A	1	13,800
F1	B	1	15,500
F1	C	1	21,000
F1	D	1	18,900
F2	A	1	19,300
F2	B	1	22,200
F2	C	1	25,300
F2	D	1	25,900
F1	A	2	13,500
F1	B	2	15,000
F1	C	2	22,700
F1	D	2	18,300
F2	A	2	18,000
F2	B	2	24,200
F2	C	2	24,800
F2	D	2	26,700
F1	A	3	13,200
F1	B	3	15,200
F1	C	3	22,300
F1	D	3	19,600
F2	A	3	20,500
F2	B	3	25,400
F2	C	3	28,400
F2	D	3	27,600

Πίνακας δεδομένων 6: «Data View», Δεδομένα από «Πείραμα 6» σε SPSS.

Συνεχίζοντας θα δημιουργήσουμε τον Πίνακα 15 στον οποίο φαίνονται τα βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς. Για τη δημιουργία του ακολουθήθηκε η διαδρομή: «Analyze», «Descriptive Statistics», «Descriptives» και καταλήγουμε στην Εικόνα 45. Από την επιλογή «Options» διαλέγουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς που θέλουμε να εξετάσουμε.



Εικόνα 45: Παράθυρο «Descriptives».

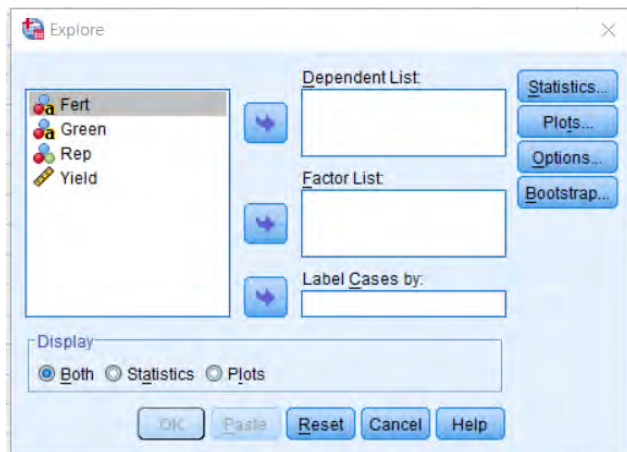
Descriptive Statistics

	N	Mean		Std. Deviation	Variance
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic
Yield	24	20.72083	.966954	4.737086	22.440
Valid N (listwise)	24				

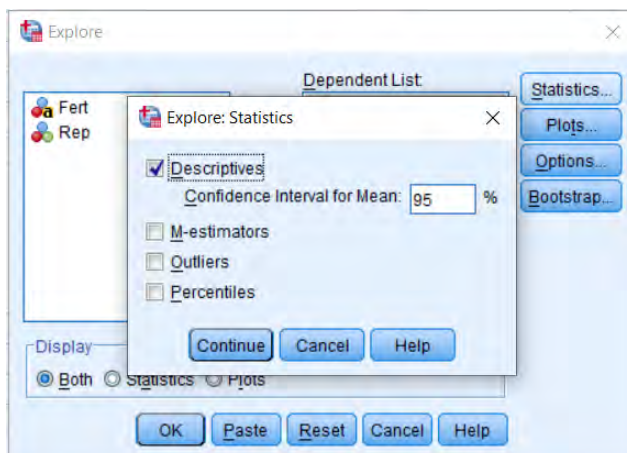
Πίνακας 15: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (Valid) είναι 24, ο μέσος όρος (Mean) είναι 20,72, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) είναι 0,967, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) είναι 4,737, και η διακύμανση (Variance) είναι 22,44.

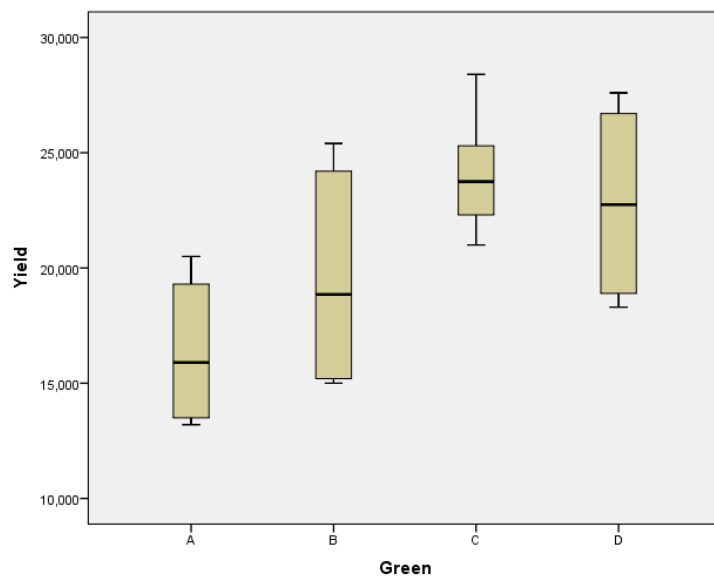
Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία διαγραμμάτων για κάθε μεταχείρισης ξεχωριστά. Για να γίνει αυτό ακολουθήθηκε η διαδρομή «Analyze», «Descriptive statistics», «Explore» η οποία οδήγησε στην *Εικόνα 46*. Για τη δημιουργία των παρακάτω δυο διαγραμμάτων στη θέση «Dependent List» τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Yield». Για το *Διάγραμμα 8* στη θέση «Factor List» επιλέχθηκε η μεταβλητή «Green» ενώ για το *Διάγραμμα 9* στη θέση αυτή τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Fert».



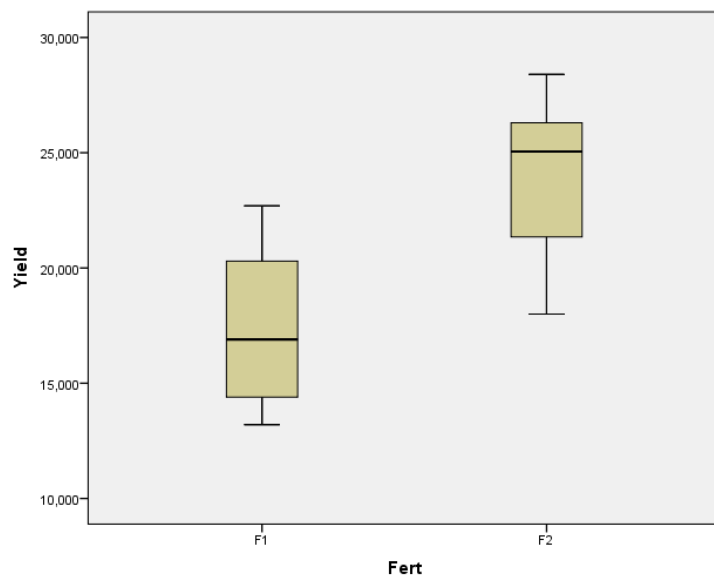
Εικόνα 46: Παράθυρο «Explore», δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων.



Εικόνα 47: Παράθυρο επιλογής στοιχείων που θα εμφανιστούν στην ανάλυση.

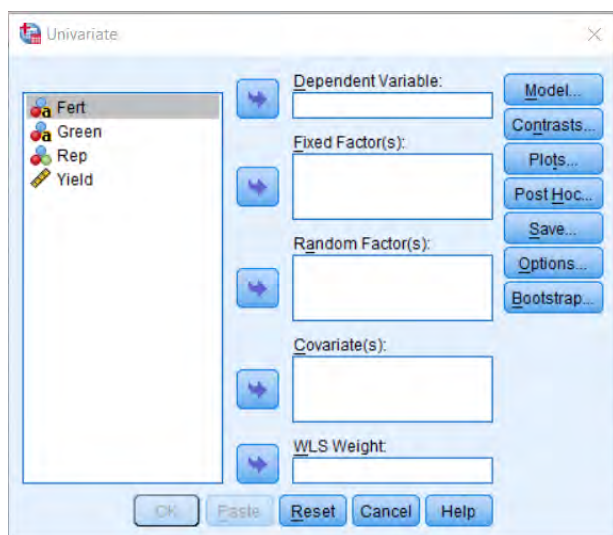


Διάγραμμα 9: Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χλωρή λίπανση» («Green»), Αξονας x: «Χλωρή Λίπανση», Αξονας y: «Απόδοση» («Yield»)-.

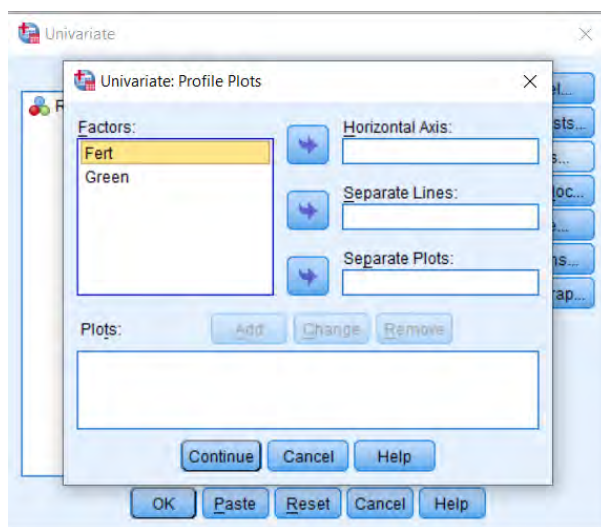


Διάγραμμα 10: Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας x: «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Από τη στιγμή που από τα παραπάνω διαγράμματα δε μπορεί να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων, στο επόμενο βήμα θα ήταν πολύ χρήσιμο να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα στο οποίο να φαίνεται η μεταξύ τους αλληλεπίδραση (χλωρής και χημικής λίπανσης). Για το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 10) ακολουθήθηκε η διαδρομή «Analyze», «General Linear Model», «Univariate» η οποία οδήγησε στη *Εικόνα 48*. Στο σημείο αυτό στη θέση «Dependent Variable» τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Yield», στη θέση «Fixed Factor(s)» η μεταβλητή «Fert» και στη θέση «Random Factor(s)» οι μεταβλητές «Fert» και «Green». Στη συνέχεια έγινε η επιλογή «Plots» και καταλήξαμε στην *Εικόνα 49*.

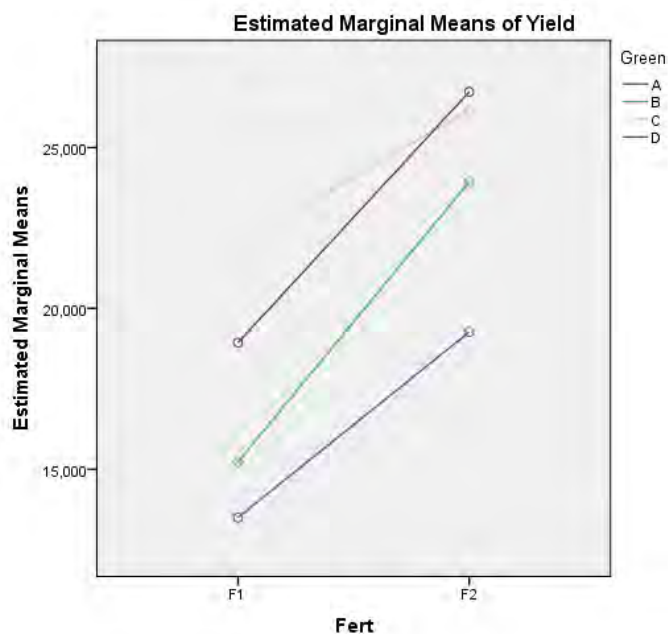


Εικόνα 48: Παράθυρο προσδιορισμού μεταβλητών για ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 49: Ορισμός των δύο αξόνων.

Στο σημείο αυτό για τη θέση «Horizontal Axis» επιλέγεται η μεταβλητή «Fert» και για τη θέση «Separate Lines» η μεταβλητή «Green» στη συνέχεια κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «Add» και στη θέση «Plots» προσθέσαμε τον παράγοντα «Fert*Green». Το αποτέλεσμα είναι το Διάγραμμα 10.



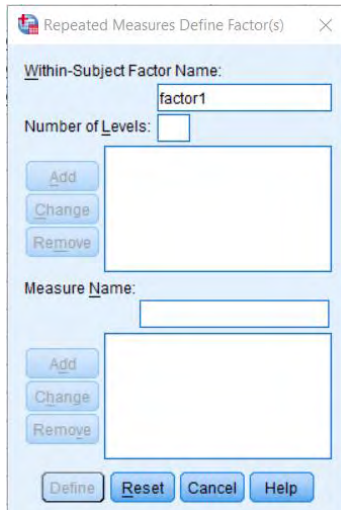
Διάγραμμα 11: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης παραγόντων «Χημική αζωτούχος λίπανση» και «Χλωρή λίπανση».

Από το Διάγραμμα 10 μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο συνδυασμός της αζωτούχος λίπανσης (fert=29,6 kg/στρ) με χλωρή λίπανση κριθαριού και βίκου είναι η μεταχείριση που οδηγεί στη μεγαλύτερη απόδοση.

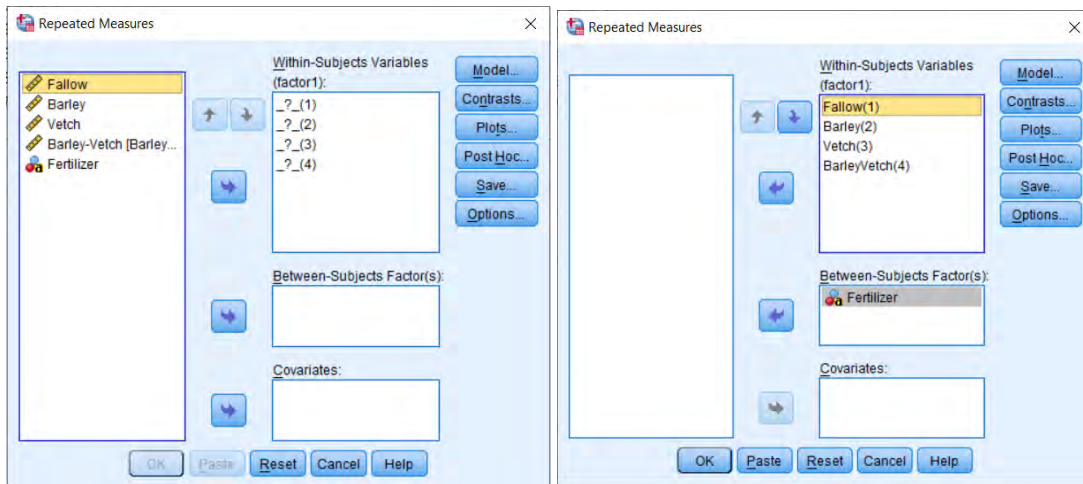
Στη συνέχεια για την ανάλυση διακύμανσης θα πρέπει να δώσουμε στα δεδομένα τη παρακάτω μορφή (Πίνακας δεδομένων 7)). Στη συνέχεια ακολουθώντας τη διαδρομή «Analyze», «General Linear Model», «Repeated Measures» καταλήγουμε στην Εικόνα 50. Στο σημείο αυτό θέτουμε τον αριθμό των επιπέδων του παράγοντα «Χλωρή λίπανση» «Number of Levels» ίσο με τέσσερα. Έπειτα κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Add», «Define» και οδηγούμαστε στην Εικόνα 51 όπου τοποθετούμε τους παράγοντες όπως φαίνεται. Στη συνέχεια κάνοντας «κλικ» στην επιλογή «Options» ορίζουμε όπως φαίνεται στην Εικόνα 52. Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 15.

Fallow	Barley	Vetch	BarleyVetch	Fert lizer
13,800	15,500	21,000	18,900	F1
13,500	15,000	22,700	18,300	F1
13,200	15,200	22,300	19,600	F1
19,300	22,200	25,300	25,900	F2
18,000	24,200	24,800	26,700	F2
20,500	25,400	28,400	27,600	F2

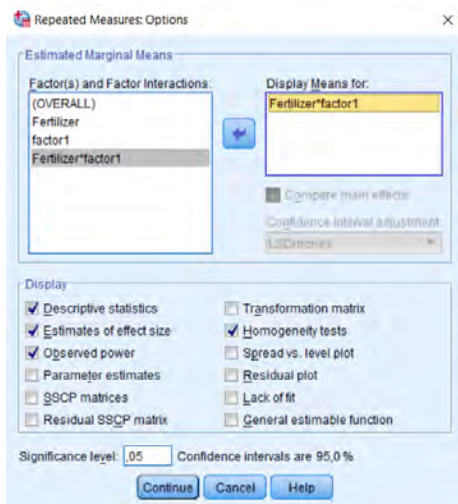
Πίνακας δεδομένων 7: Δεδομένα από «Πείραμα 6» σε SPSS.



Εικόνα 50: Ορισμός επιπέδων παράγοντα «Χλωρή λίπανση».



Εικόνα 51: Προσδιορισμός «Within-Subjects Variables».



Εικόνα 52: Ορισμός στοιχείων που θα εμφανιστούν στην ανάλυση.

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
fertilization	Sphericity Assumed	215,261	3	71,754	118,956	,000	,967	356,869	1,000
	Greenhouse-Geisser	215,261	2,219	97,004	118,956	,000	,967	263,974	1,000
	Huynh-Feldt	215,261	3,000	71,754	118,956	,000	,967	356,869	1,000
	Lower-bound	215,261	1,000	215,261	118,956	,000	,967	118,956	1,000
fertilization * Fertilizer	Sphericity Assumed	18,698	3	6,233	10,333	,001	,721	30,998	,985
	Greenhouse-Geisser	18,698	2,219	8,426	10,333	,004	,721	22,929	,945
	Huynh-Feldt	18,698	3,000	6,233	10,333	,001	,721	30,998	,985
	Lower-bound	18,698	1,000	18,698	10,333	,032	,721	10,333	,676
Error(fertilization)	Sphericity Assumed	7,238	12	,603					
	Greenhouse-Geisser	7,238	8,876	,815					
	Huynh-Feldt	7,238	12,000	,603					
	Lower-bound	7,238	4,000	1,810					

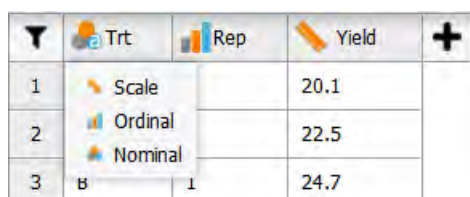
a. Computed using alpha = ,05

Πίνακας 16: Πίνακας Ανάλυσης διακύμανσης.

3.Jasp

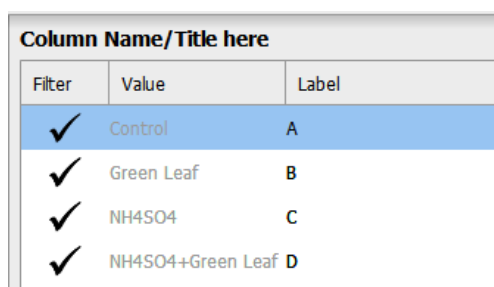
3.1. Πλήρως τυχαιοποιημένο.

Όπως και στο SPSS η ανάλυση ξεκινά με εισαγωγή και προβολή των δεδομένων. Αρχικά να σημειωθεί πως για την ανάλυση τους στο συγκεκριμένο λογισμικό προτιμήθηκε η μορφή αρχείου .csv. Ξεκινώντας κάνοντας «κλικ» πάνω στο σύμβολο -δίπλα στο όνομα- της μεταβλητής ορίζουμε το είδος της (Εικόνα 53) και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα (Εικόνα 54). Καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων δ στον οποίο βλέπουμε την απόδοση (σε κιλά) του κάθε ατόμου καθώς και τη μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί.



	Trt	Rep	Yield	
1	Scale		20.1	
2	Ordinal		22.5	
3	Nominal		24.7	

Εικόνα 53: Ορισμός του είδους της μεταβλητής «Trt», «Yield».



Column Name/Title here		
Filter	Value	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	Control	A
<input checked="" type="checkbox"/>	Green Leaf	B
<input checked="" type="checkbox"/>	NH4SO4	C
<input checked="" type="checkbox"/>	NH4SO4+Green Leaf	D

Εικόνα 54: Ορισμός ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων της μεταβλητής «Trt».

	Trt	Rep	Yield	
1	A	1	20.1	
2	C	1	22.5	
3	B	1	24.7	
4	D	1	24.4	
5	A	2	19.1	
6	C	2	23	
7	B	2	25.5	
8	D	2	26.8	
9	A	3	19	
10	C	3	23.6	
11	B	3	23.9	
12	D	3	25.9	
13	A	4	19.5	
14	C	4	25.2	
15	B	4	23.6	
16	D	4	25.9	

Πίνακας δεδομένων 8: Δεδομένα από «Πείραμα 1» σε JASP.

Ωστόσο από το παραπάνω πίνακα δεν μπορεί να προκύψει κανένα συμπέρασμα για το αρχικό ερώτημα το οποίο έχει τεθεί, δηλαδή αυτό του ποια μεταχείριση δίνει τη μεγαλύτερη απόδοση. Έτσι πρέπει να συνεχίσουμε στην ανάλυση των παραπάνω δεδομένων.

Το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία ενός πίνακα με τα σημαντικότερα μέτρα θέσεις και μέτρα διασποράς προκειμένου να αποκτήσουμε μια εικόνα για τα δεδομένα. Για να γίνει αυτό επιλέγουμε το εικονίδιο «Descriptives» και οδηγούμαστε στην *Εικόνα 56*. Σε αυτό το σημείο μπορούμε να δημιουργήσουμε πίνακες περιγραφικής στατιστικής καθώς και διαγράμματα.



Εικόνα 55: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

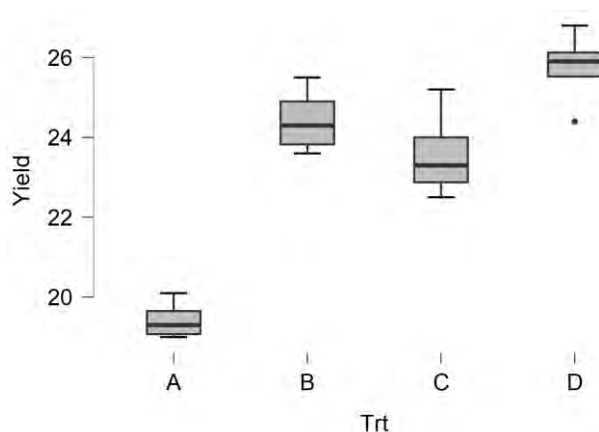
Ξεκινώντας ορίζουμε στον πίνακα της *Εικόνας 56* ως «Variables» τη μεταβλητή «Yield» και αφήνουμε την θέση «Split» κενή. Στη συνέχεια πατώντας το εικονίδιο «Statistics» επιλέγουμε ποια μέτρα θέσης και διασποράς επιθυμούμε να εξετάσουμε. Έτσι οδηγούμαστε στον *Πίνακα 17*.

Descriptive Statistics	
	yield
Valid	16
Missing	0
Mean	23.29
Std. Error of Mean	0.6438
Std. Deviation	2.575
Variance	6.631

Πίνακας 17: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (Valid) είναι 16, ότι ο μέσος όρος (Mean) είναι 23,29 το τυπικό σφάλμα (Std. Error of Mean) είναι 0,643, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) είναι 2,575, και τέλος η διακύμανση είναι (Variance) 6,631.

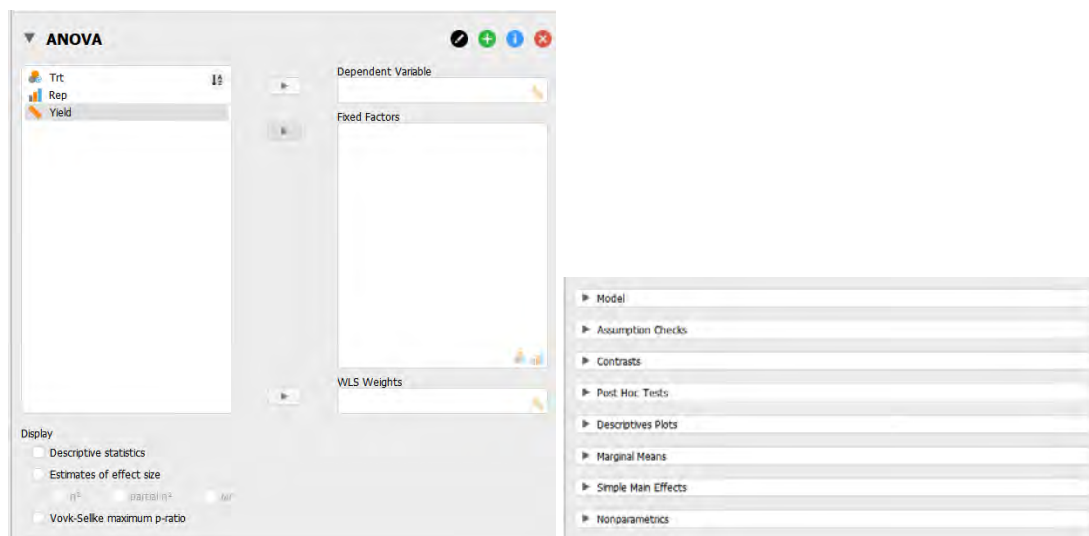
Σε αυτό το σημείο θα δημιουργήσουμε ένα θηκόγραμμα που να απεικονίζει τους τέσσερις διαφορετικούς πληθυσμούς έτσι ώστε να αποκτήσουμε μια καλύτερη εικόνα του πως και εάν οι μεταχειρίσεις επηρεάζουν τον πληθυσμό. Στο συγκεκριμένο λογισμικό για να γίνει αυτό αρχικά στη θέση «Split» επιλέγουμε τη μεταβλητή «Trt» και στη συνέχεια κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Plots», «Boxplot», «Boxplot element». Το αποτέλεσμα είναι το *Διάγραμμα 12*.



Διάγραμμα 12: Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Παρατηρούμε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός των δύο λιπασμάτων, ωστόσο πρέπει να σημειωθούν οι στατιστικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων προκειμένου να αποδειχθεί η παραπάνω παρατήρηση. Συνεχίζουμε κάνοντας ανάλυση διακύμανσης (anova).

Για να γίνει ανάλυση διακύμανσης στο Jasp κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «ANOVA» και εμφανίζεται η *Εικόνα 56*. Θέτουμε -στον πίνακα που φαίνεται στην εικόνα - ως «Dependent Variable» τη μεταβλητή «Yield» και ως «Fixed Factors» τη μεταβλητή «Trt». Το αποτέλεσμα είναι ο *Πίνακας 18*.



Εικόνα 56: Παράθυρο ορισμού μεταβλητών για την ανάλυση διακύμανσης.

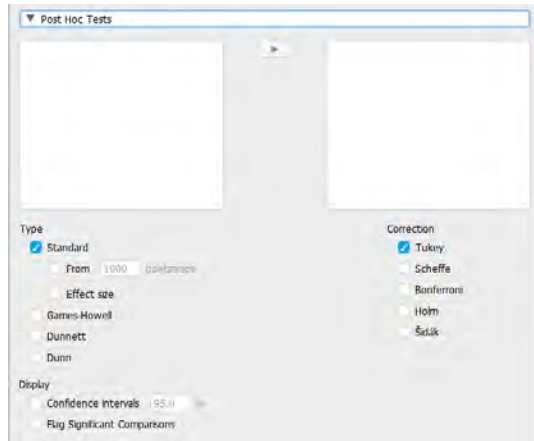
ANOVA

<u>Cases</u>	<u>Sum of Squares</u>	<u>df</u>	<u>Mean Square</u>	<u>F</u>	<u>p</u>
trt	89.44	3	29.812	35.66	< .001
Residual	10.03	12	0.836		

Note. Type III Sum of Squares

Πίνακας 18: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι το άθροισμα τετραγώνων (Sum of Squares) του παράγοντα «trt» ισούται με 89,44 και το Σφάλμα «Mean Square» ισούται με 29,812. Όπως και στο SPSS το στατιστικό F ισούται με 35,66 οπότε καταλήγουμε πάλι στο συμπέρασμα ότι οι μεταχειρίσεις διαφέρουν και συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc για να δούμε ανάμεσα σε ποιες υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Στην επιλογή «Post Hoc Tests» επιλέγουμε μόνο τον έλεγχο Tukey-HSD καθώς ο έλεγχος LSD δεν υπάρχει. Το αποτέλεσμα είναι ο *Πίνακας 19*.



Εικόνα 57: Παράθυρο επιλογής post hoc.

Post Hoc test

Post Hoc Comparisons - trt					
		Mean Difference	SE	t	P tukey
A	C	-5.000	0.647	-7.733	< .001
	B	-4.150	0.647	-6.419	< .001
	D	-6.325	0.647	-9.783	< .001
C	B	0.850	0.647	1.315	0.572
	D	-1.325	0.647	-2.049	0.224
B	D	-2.175	0.647	-3.364	0.025

Note. P-value adjusted for comparing a family of 4

Πίνακας 19: Αποτελέσματα ελέγχου TukeyHSD.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των post-hoc ελέγχων. Το HSD test έδειξε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «Control» (A) και των τριών άλλων μεταχειρίσεων καθώς το p είναι πολύ κοντά στο 0 ($p \ll 0,05$). Επίσης εντοπίστηκε διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων «NH₄SO₄» (B) και «NH₄SO₄+Green Leaf» (D) καθώς p ισούται με 0,006 ($p \ll 0,05$). Μεταξύ των υπόλοιπων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο 5%. Τόσο από το Διάγραμμα 12 όσο και από τον Πίνακα 19, παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της μεταχείρισης «NH₄SO₄» είναι μικρότερος από τον μέσο όρο της μεταχείρισης «NH₄SO₄+ Green Leaf» συνεπώς η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός NH₄SO₄ με Green Leaf.

3.2. Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Ξεκινάμε ορίζοντας το είδος της μεταβλητής (Εικόνα 59) και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα καθώς και των διαφορετικών επιπέδων των ομάδων (Blocks) (Εικόνα 58). Καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων 9 στον οποίο βλέπουμε την περιεκτικότητα του κάθε σπόρου σε έλαιο, την μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί καθώς και την ομάδα (Block) στην οποία ανήκει.

	Trt	Block	Yield	
1	Scale	1	3.3	
2	Ordinal	1	4.4	
3	Nominal	B1	4.4	

Εικόνα 58: Ορισμός είδους μεταβλητών «Trt» «Block» και «Yield».

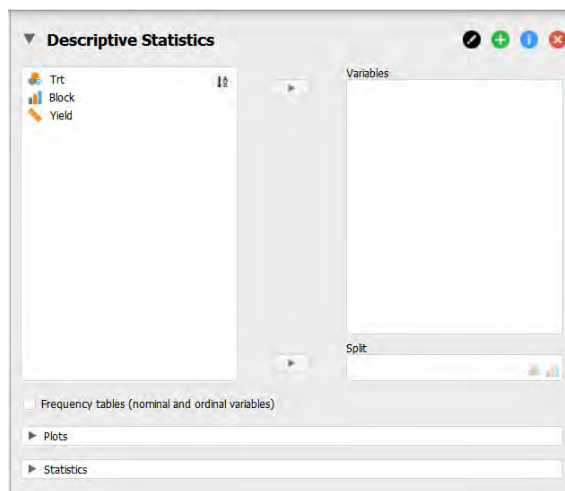
Trt			Block		
Filter	Value	Label	Filter	Value	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	Early bloom	B	<input checked="" type="checkbox"/>	1	B1
<input checked="" type="checkbox"/>	Full bloom	C	<input checked="" type="checkbox"/>	2	B2
<input checked="" type="checkbox"/>	Full bloom (1/100)	D	<input checked="" type="checkbox"/>	3	B3
<input checked="" type="checkbox"/>	Ripening	E	<input checked="" type="checkbox"/>	4	B4
<input checked="" type="checkbox"/>	Seedling	A			
<input checked="" type="checkbox"/>	Uninoculated	F			

Εικόνα 59: Ορισμός ονομάτων διαφορετικών επιπέδων των παραγόντων «Trt» και «Block».

	Trt	Block	Yield
1	A	B1	3.3
2	B	B1	4.4
3	C	B1	4.4
4	D	B1	6.3
5	E	B1	6.4
6	F	B1	6.8
7	A	B2	1.9
8	B	B2	5.9
9	C	B2	4
10	D	B2	4.9
11	E	B2	7.3
12	F	B2	6.6
13	A	B3	4.9
14	B	B3	6
15	C	B3	4.5
16	D	B3	5.9
17	E	B3	7.7
18	F	B3	7
19	A	4	7.1
20	B	4	4.1
21	C	4	3.1
22	D	4	7.1
23	E	4	6.7
24	F	4	6.4

Πίνακας δεδομένων 9: Δεδομένα από «Πείραμα 2» σε JASP.

Συνεχίζουμε κάνοντας τον παρακάτω πίνακα ο οποίος δημιουργήθηκε από το εικονίδιο «Descriptives» θέτοντας ως «Variables» τη μεταβλητή «Yield» ενώ η θέση «Split» μένει κενή (Εικόνα 60). Στη συνέχεια επιλέγοντας το εικονίδιο «Statistics» εμφανίζονται τα μέτρα θέσης και διασποράς από τα οποία μπορούμε να επιλέξουμε. Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 20.



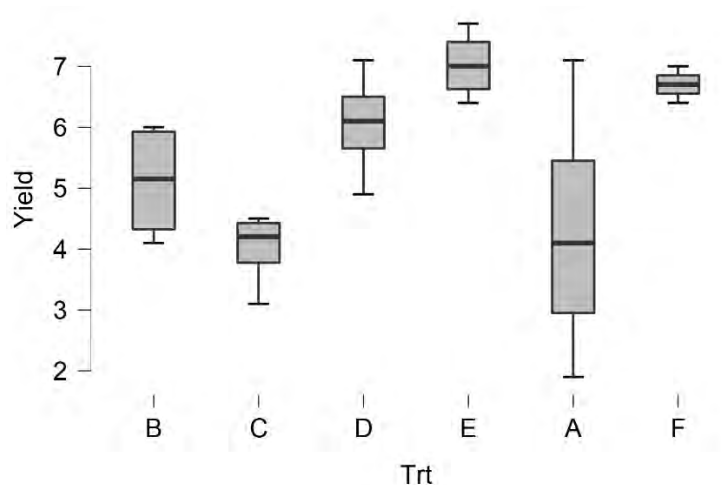
Εικόνα 60 : Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

Descriptive Statistics	
	yield
Valid	24
Missing	0
Mean	5.529
Std. Error of Mean	0.3142
Std. Deviation	1.539
Variance	2.370

Πίνακας 20: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (N) είναι 24, ο μέσος όρος (Mean) είναι 5.529, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) είναι 0,314, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) είναι 1,539, και τέλος η παραλλακτικότητα (Variance) είναι 2.370.

Προχωράμε στη δημιουργία του Διαγράμματος 13 με σκοπό να δούμε αναλυτικότερα τα δεδομένα της κάθε μεταχείρισης. Για τη δημιουργία του προσθέτουμε στην επιλογή «Split» τη μεταβλητή «Trt»(Εικόνα 60).



Διάγραμμα 13: Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Συνεχίζουμε με ανάλυση διακύμανσης, ακολουθώντας τη διαδρομή «Ανονα», «Ανονα» έχοντας θέσει τις μεταβλητές όπως περιεγράφηκε παραπάνω. Ωστόσο βλέπουμε ότι εμφανίζεται πρόβλημα (Εικόνα 61) και δεν είναι δυνατό να συνεχιστεί η διαδικασία.

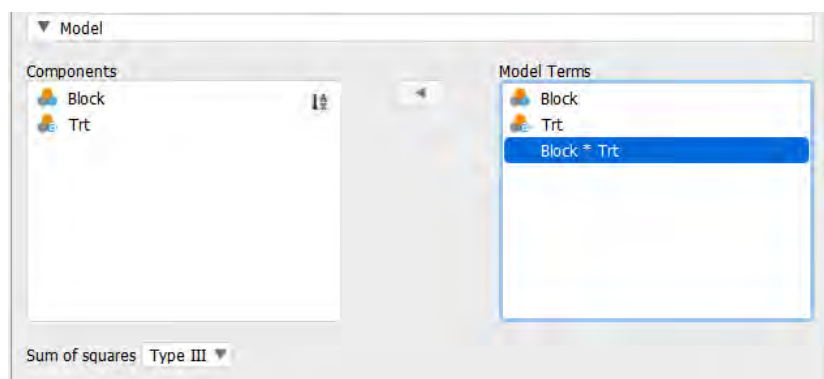
ANOVA

ANOVA					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Block	19.716	15	1.314	4.816	0.008
Trt	31.652	5	6.330	4.816	0.008
Residuals	19.716	15	1.314		

Note. Type III Sum of Squares

Εικόνα 61: εικόνα προβλήματος που προκύπτει κατά την ανάλυση διακύμανσης.

Για να μπορέσουμε να συνεχίσουμε θα πρέπει να αφαιρεθεί από την παρακάτω στήλη η επιλογή «trt*block» όπως φαίνεται στην Εικόνα 62.



Εικόνα 62: Τρόπος επίλυσης του προβλήματος.

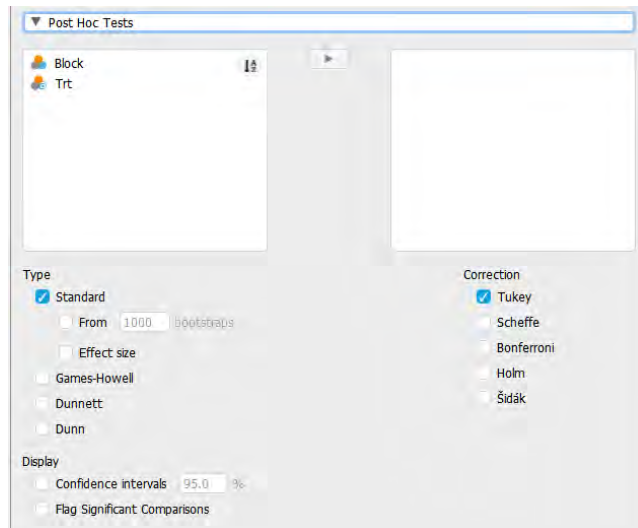
Μετά την επίλυση του προβλήματος εμφανίζεται ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 21) στον οποίο φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ($F=4,816$, $p<0,05$). Μεταξύ των ομάδων ωστόσο μπορούμε να δούμε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά και αυτή που υπάρχει δεν είναι στατιστικά σημαντική ($F=0,797$, $p>0,05$). Συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc έλεγχο στην μεταβλητή «Trt». Για να γίνει αυτό επιλέγουμε το εικονίδιο «Post Hoc Tests» και από τη λίστα που εμφανίζεται τον έλεγχο Tukey HSD (Εικόνα 63).

ANOVA – yield

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
trt	31.652	5	6.330	4.816	0.008
block	3.141	3	1.047	0.797	0.515
Residual	19.716	15	1.314		

Note. Type III Sum of Squares

Πίνακας 21: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.



Εικόνα 63: Παράθυρο επιλογής post hoc ελέγχων.

Post Hoc Comparisons - trt

		Mean Difference	SE	t	p tukey
B	C	1.100	0.811	1.357	0.750
	D	-0.950	0.811	-1.172	0.843
	E	-1.925	0.811	-2.375	0.226
	A	0.800	0.811	0.987	0.915
	F	-1.600	0.811	-1.974	0.400
C	D	-2.050	0.811	-2.529	0.177
	E	-3.025	0.811	-3.731	0.020
	A	-0.300	0.811	-0.370	0.999
D	F	-2.700	0.811	-3.331	0.043
	E	-0.975	0.811	-1.203	0.829
	A	1.750	0.811	2.159	0.311
E	F	-0.650	0.811	-0.802	0.963
	A	2.725	0.811	3.361	0.041
F	A	0.325	0.811	0.401	0.998
	F	-2.400	0.811	-2.960	0.085

Πίνακας 22: Αποτελέσματα ελέγχου TukeyHSD.

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους οι μεταχειρίσεις “Full bloom”-“Ripening” (C-E) διότι $p=0.020$, “Full bloom”-“Uninoculated” (C-F) διότι $p=0.043$, “Ripening”-“Seedling” (E-A) διότι $p=0.041$. Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψιν τον Πίνακα 30 και το Διάγραμμα 12 καταλήγουμε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η πέμπτη «Ripening».

3.3. Ανάλυση συνδιακύμανσης.

Ξεκινάμε με την προβολή των δεδομένων και όπως στην προηγούμενη περίπτωση ορίζουμε τα είδη των μεταβλητών καθώς και τα ονόματά τους *Εικόνα 64*, *Εικόνα 65*. Στη συνέχεια εμφανίζεται ο *Πίνακας δεδομένων 10*.

Var	Rep	Cov	Ascorbic	
Scale	1	34	93	
Ordinal	1	39.6	47.3	
Nominal	1	31.7	81.4	

Εικόνα 64: Ορισμός είδους μεταβλητών «Var», «Cov», «Ascorbic».

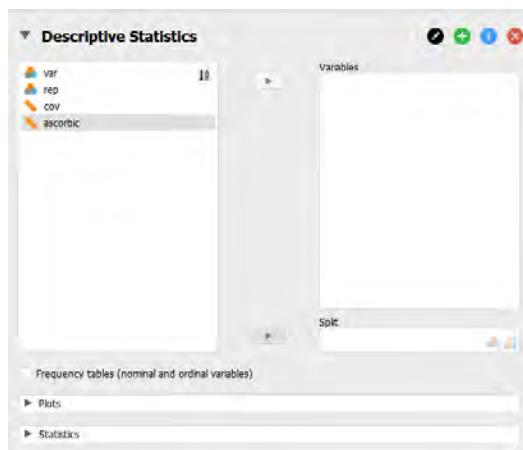
Var		
Filter	Value	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	1	A
<input checked="" type="checkbox"/>	2	B
<input checked="" type="checkbox"/>	3	C
<input checked="" type="checkbox"/>	4	D
<input checked="" type="checkbox"/>	5	E
<input checked="" type="checkbox"/>	6	F

Εικόνα 65: Ορισμός ονομάτων διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα «Var».

	var	rep	cov	ascorbic					
1	A	1	34	93	29	G	3	34.8	97.5
2	B	1	39.6	47.3	30	H	3	31.1	93.9
3	C	1	31.7	81.4	31	I	3	34.6	76.7
4	D	1	37.7	66.9	32	J	3	23.5	170.1
5	E	1	24.9	119.5	33	K	3	33.2	71.8
6	F	1	30.3	106.6	34	A	4	38.9	80.8
7	G	1	32.7	106.1	35	B	4	52	27.2
8	H	1	34.5	61.5	36	C	4	39.6	57.5
9	I	1	31.4	80.5	37	D	4	39.4	69.3
10	J	1	21.2	149.2	38	E	4	23.5	129
11	K	1	30.8	78.7	39	F	4	28.3	126.1
12	A	2	33.4	94.8	40	G	4	35.4	86
13	B	2	39.8	51.5	41	H	4	36.1	69
14	C	2	30.1	109	42	I	4	30.9	91.8
15	D	2	38.2	74.1	43	J	4	24.8	155.2
16	E	2	24	128.5	44	K	4	33.5	70.3
17	F	2	29.1	111.4	45	A	5	36.1	80.2
18	G	2	33.8	107.2	46	B	5	56.2	20.6
19	H	2	31.5	83.4	47	C	5	47.8	30.1
20	I	2	30.5	106.5	48	D	5	3.2	3.2
21	J	2	25.3	151.6	49	E	5	25.1	126.2
22	K	2	26.4	116.9	50	F	5	34.2	95.6
23	A	3	34.7	91.7	51	G	5	37.8	88.8
24	B	3	51.2	33.3	52	H	5	38.5	46.9
25	C	3	33.8	71.6	53	I	5	36.8	68.2
26	D	3	40.3	64.7	54	J	5	24.6	146.1
27	E	3	24.9	125.6	55	K	5	43.8	40.9
28	F	3	31.7	99					

Πίνακας δεδομένων 10: Αποτελέσματα «Πειράματος 3» σε JASP.

Συνεχίζουμε δημιουργώντας έναν πίνακα με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς κάνοντας «κλικ» στο εικονίδιο «Descriptives», εμφανίζεται ο πίνακας της *Εικόνας 66* επιλέγουμε στη θέση «Variables» την μεταβλητή «Ascorbic» και αφήνουμε τη θέση «Split» κενή. Συνεχίζοντας από τη λίστα «Statistics» (*Εικόνα 66*) επιλέγουμε τα στατιστικά που επιθυμούμε να εμφανιστούν στον *Πίνακα 23*.



Εικόνα 66: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

Descriptive Statistics

	ascorbic
Valid	55
Missing	0
Mean	88.918
Std. Error of Mean	4.567
Std. Deviation	33.866
Variance	1146.934

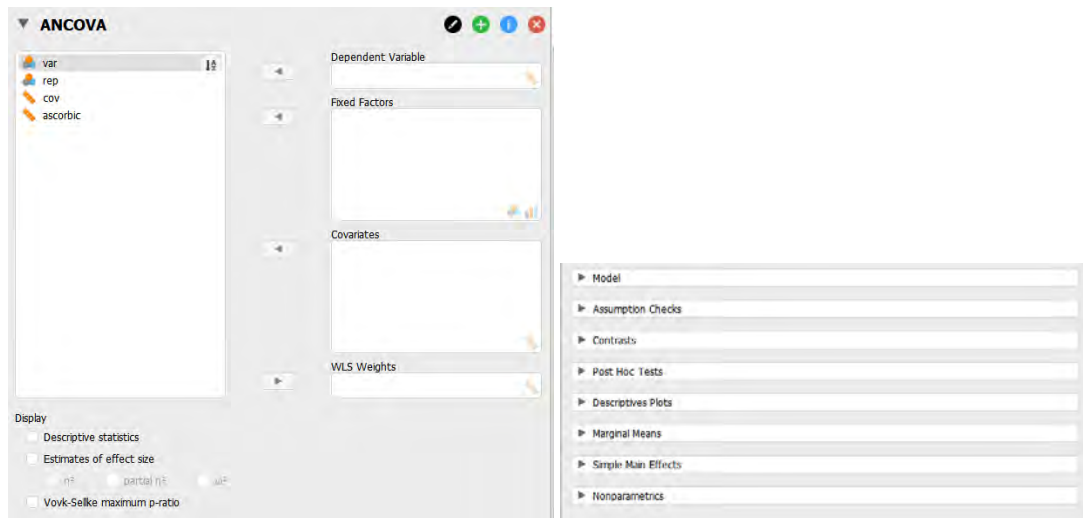
Πίνακας 23: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον *Πίνακα 23* βλέπουμε ότι ο αριθμός των ατόμων είναι 55, ο μέσος όρος είναι 88,918, το τυπικό σφάλμα είναι 4,567, η τυπική απόκλιση είναι 33,866, η διακύμανση είναι 1146,934.

Όπως φαίνεται από τον *Πίνακα δεδομένων 10* στο συγκεκριμένο πείραμα υπάρχει μια συμμεταβλητή (cov) η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψιν στην ανάλυση των δεδομένων.

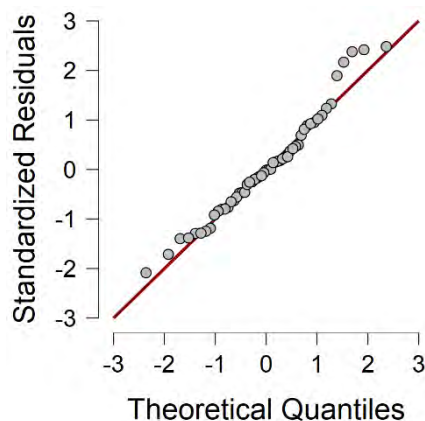
Αρχικά γνωρίζουμε ήδη ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή και η συμμεταβλητή είναι συνεχείς μεταβλητές, ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή έχει πάνω από δύο υποομάδες (11 ποικιλίες) και ότι οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Συνεχίζουμε με τη δημιουργία διαγράμματος σκέδασης προκειμένου να ελεγχθεί ότι τα κατάλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή.



Εικόνα 67: Παράθυρο ορισμού μεταβλητών για την ανάλυση συνδιακόμενης.

Τοποθετώντας στη θέση «Dependent Variable» την μεταβλητή «Ascorbic», στη θέση «Fixed Factors» τις μεταβλητές «Var», «Rep» και στη θέση «Covariates» τη μεταβλητή «Cov» και επιλέγοντας από τη στήλη «Assumption Checks» την επιλογή «QQ plot for residuals» καταλήγουμε στο Διάγραμμα 14.



Διάγραμμα 14: «QQ plot» για τα κατάλοιπα.

Από το Διάγραμμα 14 βλέπουμε ότι το δείγμα είναι ομοσκεδαστικό και τα κατάλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Στο επόμενο βήμα θα πρέπει να ελεγχθεί η ομοιογένεια των regression slopes. Να αποδειχθεί δηλαδή ότι μεταξύ της συμμεταβλητής και της εξαρτημένης μεταβλητής δεν υπάρχει αλληλεπίδραση. Αυτό μπορούμε να το ελέγξουμε βλέποντας αν η αλληλεπίδραση των παραγόντων είναι στατιστικά σημαντική. Για τη δημιουργία του Πίνακα 24 επιλέχθηκαν στη θέση «Dependent Variable» την μεταβλητή «Ascorbic» στη θέση «Fixed Factors» τις μεταβλητές «Var» και στη θέση «Covariates» τη μεταβλητή «Cov» και από την επιλογή «Model» δεν αφαιρέθηκε η αλληλεπίδραση «Var*Cov».

ANCOVA - ascorbic

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
var	990.351	10	99.035	1.806	0.099
cov	1409.143	1	1409.143	25.692	< .001
var * cov	1149.850	10	114.985	2.096	0.054
Residuals	1809.997	33	54.848		

Note. Type III Sum of Squares

Πίνακας 24: Πίνακας ανάλυσης συνδιακόμενης.

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ότι πράγματι τα «κατάλοιπα» είναι ομαλώς κατανομημένα και ότι η συμμεταβλητή με την ανεξάρτητη μεταβλητή έχουν γραμμική σχέση.

3.4. Λατινικό τετράγωνο.

Η ανάλυση ξεκινά με την προβολή των δεδομένων. Συνεχίζουμε ορίζοντας τα είδη των μεταβλητών κάνοντας διπλό «κλικ» πάνω στο όνομα της μεταβλητής που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Στη συνέχεια ορίζουμε το είδος των μεταβλητών καθώς και τα ονόματα των επιπέδων των παραγόντων (Εικόνα 68, Εικόνα 69) και καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων 11, στον οποίο φαίνεται η περιεκτικότητα του κάθε ατόμου σε πυρροβικό καθώς και η μεταχείριση η οποία του εφαρμόστηκε. Τέλος βλέπουμε και σε ποια σειρά και στήλη βρισκόταν.

	Trt	Row	Column	Pyr
1	Scale		1	3.08
2	Ordinal		2	2.56
3	Nominal	A	3	3.19

Εικόνα 68: Ορισμός του είδους της μεταβλητής «Trt», «Row», «Column», «Pyr».

Filter	Value	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	0kg	A
<input checked="" type="checkbox"/>	2,22kg	B
<input checked="" type="checkbox"/>	4,44kg	C
<input checked="" type="checkbox"/>	6,7kg	D

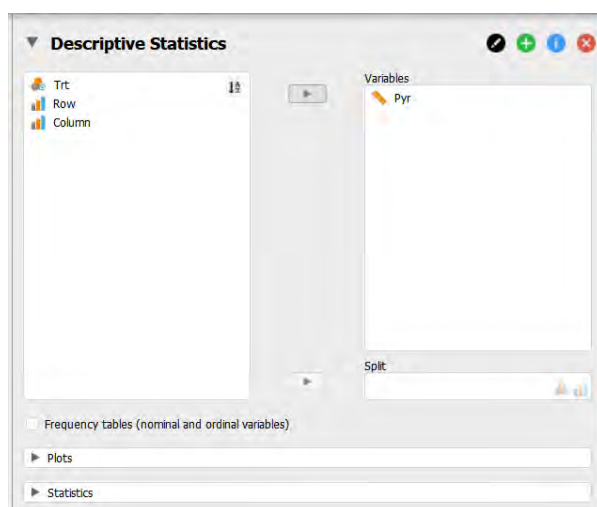
Εικόνα 69: Ορισμός ονομάτων διαφορετικών επιπέδων του παράγοντα «Trt».

Trt	Row	Column	Pyr
A	R1	C1	3.08
A	R2	C2	2.56
A	R3	C3	3.19
A	R4	C4	4.24
B	R1	C2	3.45
B	R2	C1	3.66
B	R3	C4	4.45
B	R4	C3	3.35
C	R1	C3	3.4
C	R2	C4	4.35
C	R3	C2	3.72
C	R4	C1	4.51
D	R1	C4	5.35
D	R2	C3	3.93
D	R3	C1	4.56
D	R4	C2	3.98

Πίνακας δεδομένων 11: Δεδομένα από «Πείραμα 4» σε JASP.

Συνεχίζοντας για να φτιάξουμε τον Πίνακα 25 με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς ξεκινάμε κάνοντας «κλικ» στη επιλογή «Descriptives». Εμφανίζεται η Εικόνα 70. Στο σημείο

αυτό τοποθετούμε στη θέση «Variables» τη μεταβλητή «Pyr» ενώ η θέση «Split» μένει κενή. Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 25.



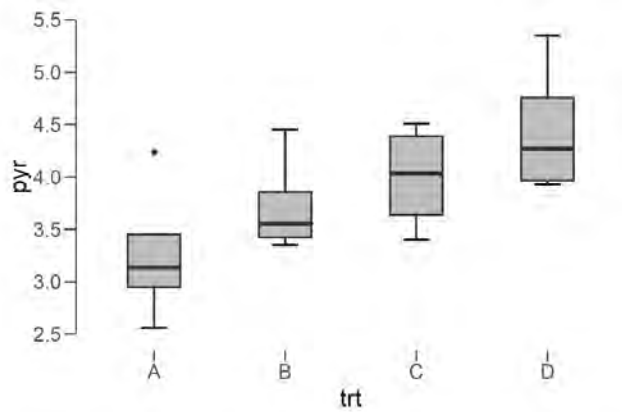
Εικόνα 70: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

Descriptive Statistics	
	Pyr
Valid	16
Missing	0
Mean	3.861
Std. Error of Mean	0.1748
Std. Deviation	0.6991
Variance	0.4887

Πίνακας 25: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

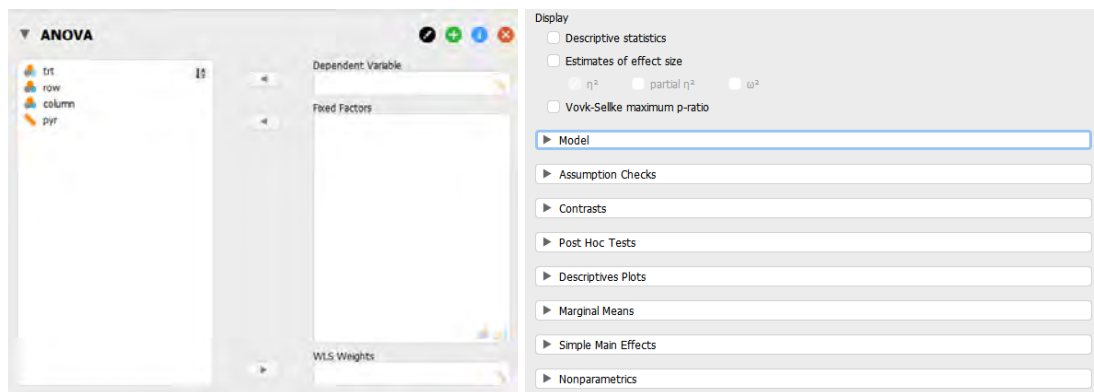
Από τον Πίνακα 25 βλέπουμε ότι το πλήθος των ατόμων (Valid) είναι 16, ο μέσος όρος (Mean) είναι 3,86, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) είναι 0,174, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) είναι 0,699 και τέλος η διακύμανση (Variance) είναι 0,489.

Στη συνέχεια δημιουργούμε το Διάγραμμα 15. Για το διάγραμμα αρχικά τοποθετήθηκε στη θέση «Split» η μεταβλητή «Trt» και έπειτα έγιναν τα βήματα «Plots», «Boxplot» (Εικόνα 70)



Διάγραμμα 15: Θηκόγραμμα διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Περιεκτικότητα σε πυρροβικό» («Pyr»).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η τέταρτη ωστόσο για να το αποδείξουμε συνεχίζουμε με ανάλυση διακύμανσης, κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «ANOVA» και στη συνέχεια στη θέση «Dependent Variable» τοποθετούμε την μεταβλητή «Pyr» και ως «Fixed Factors» τις μεταβλητές «Trt», «Row», «Column» (Εικόνα 71).



Εικόνα 71: Παράθυρο ορισμού μεταβλητών για την ανάλυση διακύμανσης.

Όπως παρατηρούμε η διαδικασία δεν συνεχίζεται καθώς εμφανίζεται το παρακάτω πρόβλημα (Εικόνα 72). Για την επίλυση του οποίου θα πρέπει να αφαιρεθούν από τη στήλη «Model terms» τα παρακάτω (Εικόνα 73). Έτσι καταλήγουμε στον Πίνακα 26.

ANOVA ▾

ANOVA - pyr

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
residual	0.406	6	0.068		
column	3.574	3	1.191	17.599	0.002
row	0.387	3	0.129	1.907	0.230
trt * column	2.963	3	0.988	14.591	0.004
trt * row					
column * row					
trt * column * row					

Note. Type III Sum of Squares
Warning. Singular fit encountered; one or more predictor variables are a linear combination of other predictor variables

Εικόνα 72: Εικόνα προβλήματος που προκύπτει κατά την ανάλυση διακύμανσης.

Model terms

trt
column
row
trt * column
trt * row
column * row
trt * column * row

Εικόνα 73: Τρόπος επίλυσης του προβλήματος.

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
trt	2.963	3	0.988	14.591	0.004
column	3.574	3	1.191	17.599	0.002
row	0.387	3	0.129	1.907	0.230
Residual	0.406	6	0.068		

Note. Type III Sum of Squares

Πίνακας 26: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον Πίνακα 26 συμπεραίνουμε ότι μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων υπάρχει διαφορά ($F=14,591$, $\text{sig}<0,05$). Επίσης υπάρχει διαφορά μεταξύ των διαφορετικών στηλών ($F=17,599$, $\text{sig}<0,05$) ωστόσο δεν υπάρχει έντονη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών γραμμών ($F=1,907$, $\text{sig}>0,05$). Συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc ελέγχους για να δούμε ποιες μεταχειρίσεις διαφέρουν περισσότερο. Από την επιλογή «Post Hoc» (Εικόνα 74) επιλέγουμε τους ελέγχους LSD και Tukey HSD, και καταλήγουμε στον Πίνακα 27.

Post Hoc Comparisons - trt

		Mean Difference	SE	t	p _{Tukey}
A	B	-0.460	0.184	-2.500	0.157
	C	-0.728	0.184	-3.954	0.029
	D	-1.188	0.184	-6.454	0.003
B	C	-0.268	0.184	-1.454	0.515
	D	-0.728	0.184	-3.954	0.029
C	D	-0.460	0.184	-2.500	0.157

Πίνακας 27: Αποτελέσματα ελέγχου TukeyHSD.

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων 0kg-4.44kg ($p=0.029$) καθώς και οι 0kg-6.7kg(0.003) και οι 2.22kg-6.7kg(0.029) ενώ μεταξύ των υπόλοιπων ζευγών δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5% . Από τη μελέτη του Διαγράμματος 14 καθώς και του Πίνακα 26, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μεταχείριση η οποία οδήγησε στην μεγαλύτερη παραγωγή πυρουβικού είναι αυτή με τα 6.7kg.

3.5.Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία κάνουμε διπλό «κλικ» στο όνομα της μεταβλητής που θέλουμε να προσδιορίσουμε και όπως βλέπουμε στην *Εικόνα 74* και *Εικόνα 75* έτσι ορίζουμε το είδος των μεταβλητών και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων τους και καταλήγουμε στον *Πίνακα δεδομένων 12*.

	Variety	Date	Rep	Seedstem	
19	Scale	D1	3	23	
20	Ordinal	D3	4	0	
21	Nominal	D3	3	0	

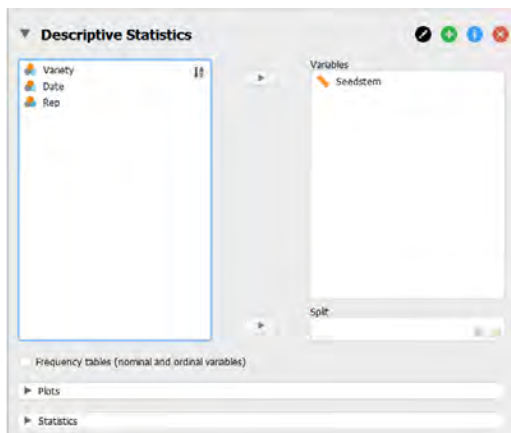
Εικόνα 74: Ορισμός του είδους της μεταβλητής «Variety», «Date», «Seedstem».

Variety			Date		
Filter	Value	Label	Filter	Value	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	Nirvana	C	<input checked="" type="checkbox"/>	15 Oct	D2
<input checked="" type="checkbox"/>	PS 7092	D	<input checked="" type="checkbox"/>	29 Oct	D3
<input checked="" type="checkbox"/>	Pegasus	A	<input checked="" type="checkbox"/>	5 Oct	D1
<input checked="" type="checkbox"/>	Sweet Vidalia	B			

Εικόνα 75: Ορισμός ονομάτων διαφορετικών επιπέδων των παραγόντων «Variety», «Date».

	Variety	Date	Rep	Seedstem					
1	A	D1	1	12	26	C	D1	4	6
2	A	D3	1	0	27	C	D1	2	5
3	A	D2	2	0	28	C	D2	1	0
4	A	D2	3	0	29	C	D3	2	0
5	A	D3	4	0	30	C	D2	3	0
6	A	D1	2	15	31	C	D1	3	0
7	A	D2	4	1	32	C	D1	1	17
8	A	D3	2	0	33	C	D2	4	0
9	A	D1	3	2	34	C	D3	3	1
10	A	D2	1	0	35	C	D3	4	0
11	A	D1	4	8	36	C	D2	2	0
12	A	D3	3	0	37	D	D1	3	2
13	B	D2	1	2	38	D	D3	3	0
14	B	D1	1	35	39	D	D2	1	0
15	B	D3	2	0	40	D	D3	1	0
16	B	D2	3	15	41	D	D2	2	1
17	B	D1	4	46	42	D	D2	3	0
18	B	D3	1	0	43	D	D2	4	0
19	B	D1	3	23	44	D	D3	4	0
20	B	D3	4	0	45	D	D3	2	0
21	B	D3	3	0	46	D	D1	2	7
22	B	D2	4	0	47	D	D1	4	14
23	B	D2	2	3	48	D	D1	1	12
24	B	D1	2	19					
25	C	D3	1	0					

Πίνακας δεδομένων 12: Δεδομένα από «Πείραμα 5» σε JASP.



Εικόνα 76: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

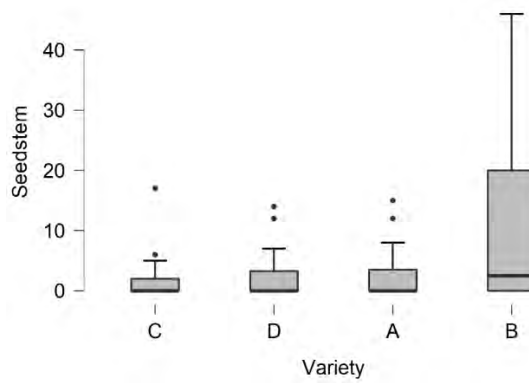
Στη συνέχεια επιλέγουμε το εικονίδιο «Descriptives» τοποθετούμε την μεταβλητή «Seedstem» όπως φαίνεται στην *Εικόνα 76* και από την επιλογή «Statistics» επιλέγουμε τα στατιστικά που θέλουμε να εμφανίσουμε στον πίνακα. Το αποτέλεσμα είναι ο *Πίνακας 28*.

Descriptive Statistics	
	Seedstem
Valid	48
Missing	0
Mean	5.125
Std. Error of Mean	1.395
Std. Deviation	9.666
Variance	93.431

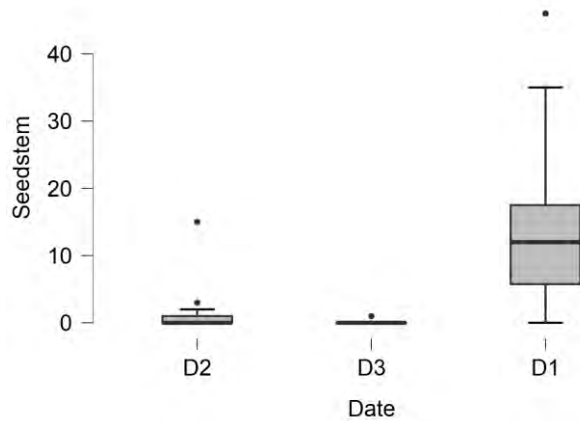
Πίνακας 28: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον *Πίνακα 28* βλέπουμε ότι ο αριθμός των ατόμων (Valid) ισούται με 48, ο μέσος όρος (Mean) ισούται με 5,125, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) ισούται με 1,395, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) με 9,666 και η διακύμανση (Variance) ισούται με 93,431.

Συνεχίζοντας δημιουργούμε θηκογράμματα που αφορούν ξεχωριστά το κάθε επίπεδο της κάθε μεταχείρισης. Για τη δημιουργία του *Διαγράμματος 16*, στη θέση «Split» τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Variety», ενώ για τη δημιουργία του *Διαγράμματος 17*, στην αντίστοιχη θέση τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Date».

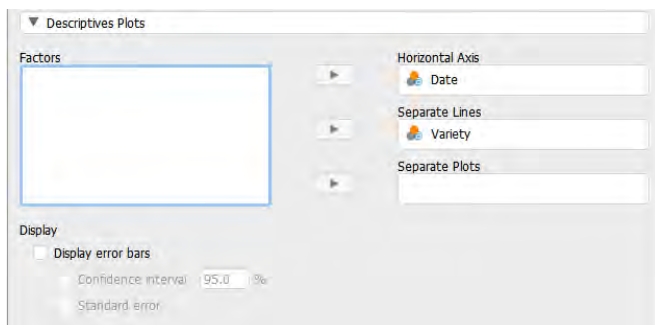


Διάγραμμα 16: Θηκόγραμμα παράγοντα «Ποικιλία», Άξονας x: «Ποικιλία» («Variety»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).

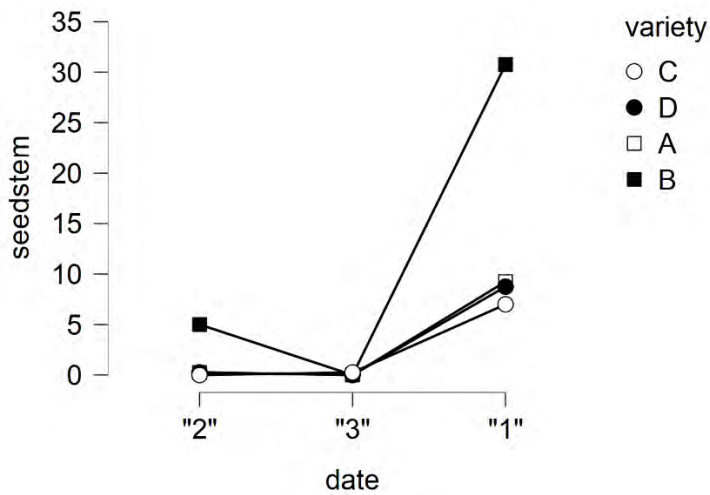


Διάγραμμα 17: Θηκόγραμμα παράγοντα «Ημερομηνία», Άξονας x: «Ημερομηνία» («Date»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 18) φαίνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφορετικών παραγόντων. Για τη δημιουργία του παρακάτω διαγράμματος ακολουθήθηκε η διαδρομή «ANOVA», «Descriptives Plots» και θέτοντας όπως φαίνεται στην *Εικόνα 77* καταλήξαμε στο *Διάγραμμα 18*.



Εικόνα 77: Ορισμός αξόνων x,y του Διαγράμματος 16.



Διάγραμμα 18: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης παράγοντα Ποικιλία («Variety») με παράγοντα Χρόνο («Date»).

Συνεχίζοντας με ανάλυση διακύμανσης παρατηρούμε ότι εμφανίζεται το πρόβλημα που φαίνεται στην Εικόνα 78, για τη λύση του οποίου πρέπει να αφαιρεθεί η αλληλεπίδραση των παραγόντων «Date*Variety». Ωστόσο αυτή η αλληλεπίδραση είναι πολύ σημαντική για τη διεξαγωγή των συμπερασμάτων, οπότε μπορούμε να καταλήξουμε στο ότι το JASP δεν προσφέρει κάποιον εύχρηστο τρόπο για την ανάλυση πολύπλοκων πειραματικών σχεδίων όπως το πλήρως παραγοντικό και -όπως θα δούμε παρακάτω- αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων.

ANOVA ▾

- i** The following problem(s) occurred while running the analysis:
- The variance in seedstem is equal to 0 after grouping on variety, date

Εικόνα 78: Πρόβλημα κατά τη διεξαγωγή της ανάλυσης διακύμανσης.

3.6. Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.

Η ανάλυση του συγκεκριμένου πειράματος στο JASP δεν διαφέρει από αυτή των προηγούμενων πειραμάτων. Για την αρχική ανάλυση που περιλαμβάνει τον πίνακα με τα μέτρα θέσης και διασποράς καθώς και τα διαγράμματα η ανάλυση ξεκίνησε με τον ως τώρα γνωστό τρόπο. Αρχικά τα δεδομένα καταγράφηκαν σε αρχείο .csv και όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις ορίστηκε το είδος της κάθε μεταβλητής καθώς και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων του κάθε παράγοντα (Εικόνα 79, Εικόνα 80). Έτσι καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων 13.

Fert			Green		
Filter	Value	Label	Filter	Value	Label
<input checked="" type="checkbox"/>	0kg	F1	<input checked="" type="checkbox"/>	Barby	B
<input checked="" type="checkbox"/>	29,6kg	F2	<input checked="" type="checkbox"/>	Baldywatch	D
			<input checked="" type="checkbox"/>	Fallow	A
			<input checked="" type="checkbox"/>	Vetch	C

Εικόνα 79: Ορισμός ονομάτων για τους παράγοντες «Green» και «Fert».

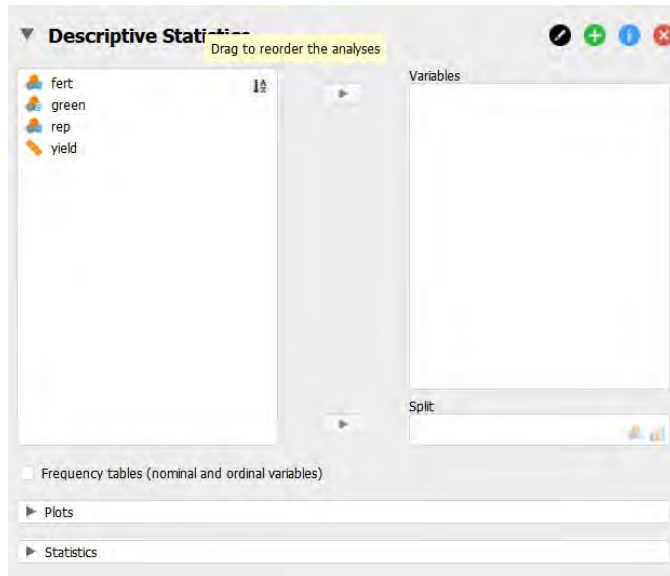
	Fert	Green	Rep	Yield	
1	Scale	A	1	13.8	
2	Ordinal	3	1	15.5	
3	Nominal	C	1	21	

Εικόνα 80 Ορισμός του είδους της μεταβλητής «Trt».

	Fert	Green	Rep	Yield	
1	F1	A	1	13.8	
2	F1	B	1	15.5	
3	F1	C	1	21	
4	F1	D	1	18.9	
5	F2	A	1	19.3	
6	F2	B	1	22.2	
7	F2	C	1	25.3	
8	F2	D	1	25.9	
9	F1	A	2	13.5	
10	F1	B	2	15	
11	F1	C	2	22.7	
12	F1	D	2	18.3	
13	F2	A	2	18	
14	F2	B	2	24.2	
15	F2	C	2	24.8	
16	F2	D	2	26.7	
17	F1	A	3	13.2	
18	F1	B	3	15.2	
19	F1	C	3	22.3	
20	F1	D	3	19.6	
21	F2	A	3	20.5	
22	F2	B	3	25.4	
23	F2	C	3	28.4	
24	F2	D	3	27.6	

Πίνακας δεδομένων 13: Δεδομένα από «Πείραμα 6» σε JASP.

Συνεχίζουμε με τον Πίνακα 29 στον οποίο φαίνονται τα βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς. Για τη δημιουργία του πίνακα κάναμε «κλικ» στο εικονίδιο «Descriptives» και εμφανίστηκε η Εικόνα 81. Στο σημείο αυτό θέτουμε ως «Variables» τη μεταβλητή «Yield» και η θέση «Split» μένει κενή. Τέλος από την επιλογή «Statistics» επιλέγουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς που εμφανίζονται στον πίνακα.

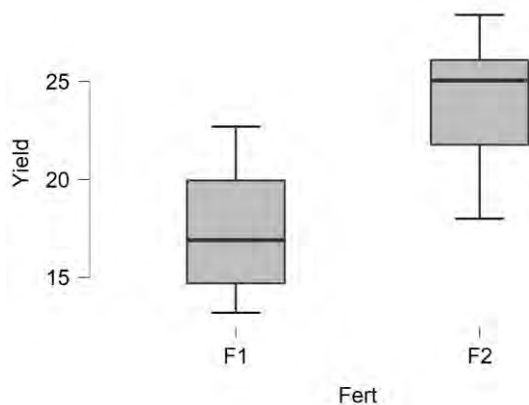


Εικόνα 81: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

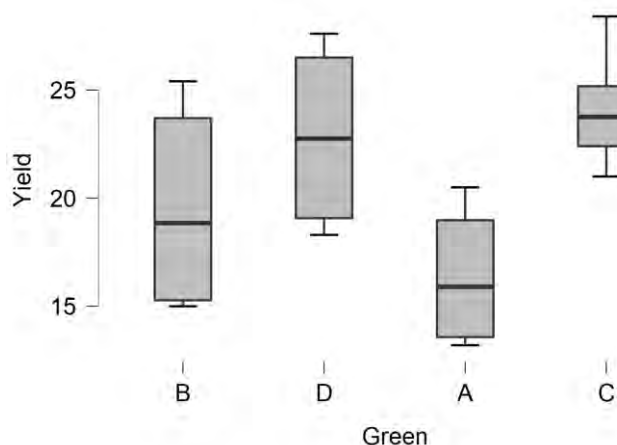
Descriptive Statistics	
	Yield
Valid	24
Missing	0
Mean	20.72
Std. Error of Mean	0.9670
Std. Deviation	4.737
Variance	22.44

Πίνακας 29: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (Valid) είναι 24, ο μέσος όρος (Mean) είναι 20,72, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) είναι 0,967, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) είναι 4,737, και η διακύμανση (Variance) είναι 22,44. Συνεχίζουμε με τη δημιουργία των Διαγραμμάτων 19, 20 Για τη δημιουργία αυτών στην επιλογή «Split» (Εικόνα 81) επιλέγουμε τη μεταβλητή «Fert» για το Διάγραμμα 19 και τη μεταβλητή «Green» για το Διάγραμμα 20.



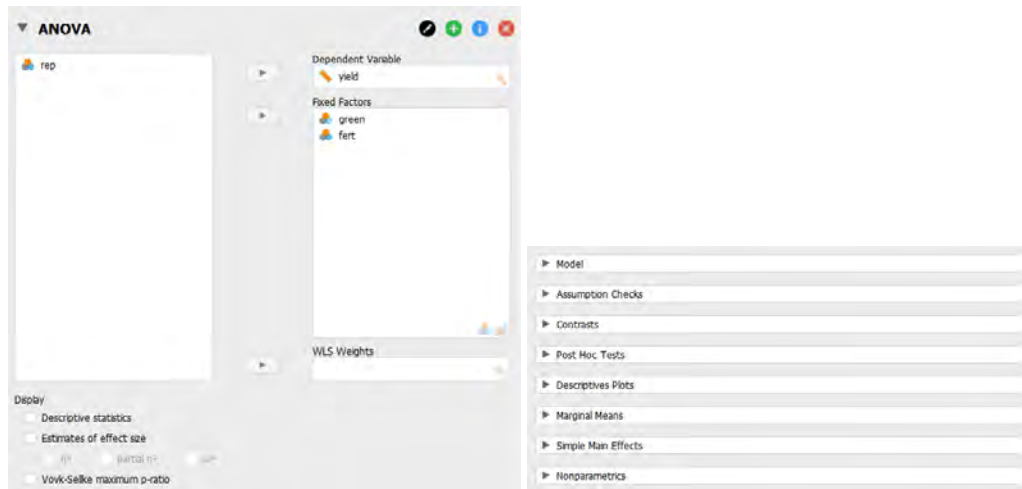
Διάγραμμα 19: Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας x: «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).



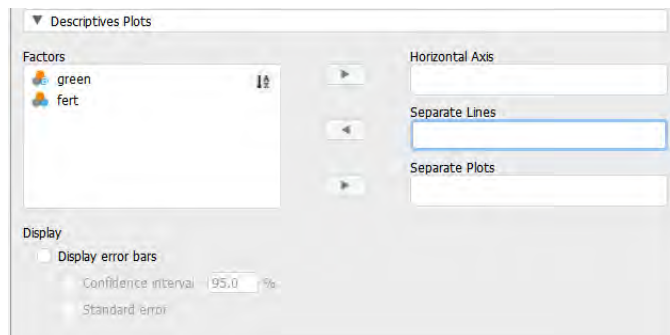
Διάγραμμα 20: Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χλωρή λίπανση» («Green»), Άξονας x: «Χλωρή λίπανση» («Green»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Ωστόσο από τα δύο παραπάνω διαγράμματα δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων, θα μας ενδιέφερε περισσότερο ένα διάγραμμα στο οποίο θα φαινόταν η αλληλεπίδραση τους όπως το Διάγραμμα 21. Για να δημιουργήσουμε ένα τέτοιο διάγραμμα κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «ANOVA», «ANOVA». Στη συνέχεια ορίζουμε ως «Dependent Variable» τη μεταβλητή «Yield» και ως «Fixed Factors», τις μεταβλητές «Green» και «Fert» (Εικόνα 82). Στη συνέχεια κάνουμε

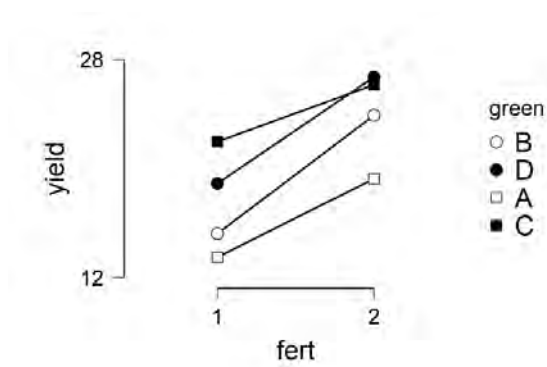
«κλικ» στην επιλογή «Descriptives Plot» και για τη θέση «Horizontal Axis» τη μεταβλητή «Fert» και στη θέση «Separate Lines» τη μεταβλητή «Green όπως φαίνεται στην *Εικόνα 83*.



Εικόνα 82: Παράθυρο ορισμού μεταβλητών για την ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 83: Ορισμός μεταβλητών των αξόνων x,y του Διαγράμματος 22..



Διάγραμμα 21: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης παραγόντων «Χημική αζωτούχος λίπανση» και «Χλωρή λίπανση».

Από το *Διάγραμμα 21* είναι εμφανές ότι ο συνδυασμός της αζωτούχου λίπανσης (Fert=29,6 kg/στρ) με χλωρή λίπανση κριθαριού και βίκου είναι η μεταχείριση που οδηγεί στη μεγαλύτερη απόδοση.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.5 το JASP δεν προσφέρει κάποιον εύκολο και απλό τρόπο για τη συνέχιση της ανάλυσης του πειραματικού σχεδίου υποδιαιρεμένων τεμαχίων

4.R

4.1. Πλήρως τυχαιοποιημένο.

Η ανάλυση ξεκινάει όπως και στα δύο προηγούμενα λογισμικά με την εισαγωγή και την εμφάνιση των δεδομένων. Γενικά για την ανάλυση όλων των πειραματικών σχεδίων, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση των πακέτων (packages) : «ggplot2», «pastecs», «car». Η εγκατάστασή τους γίνεται με την εντολή `install.packages()` και για περαιτέρω χρήση τους γίνεται χρήση της εντολής `library()`.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ανάλυση ξεκινά με την εγκατάσταση των πακέτων όπως φαίνεται παρακάτω.

```
>install.packages("pastecs")
```

```
>library("pastecs")
```

```
>install.packages("ggplot2")
```

```
>library("ggplot2")
```

Για να εμφανιστεί ο πίνακας με τα δεδομένα (*Πίνακας δεδομένων 14*) στον οποίο βλέπουμε την απόδοση (σε κιλά) του κάθε ατόμου καθώς και τη μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί εκτελούνται με σειρά οι παρακάτω εντολές. Το αρχείο "Rice Fertilizer Comparisons R.csv" είναι το csv αρχείο στο οποίο έχουν καταγραφεί τα δεδομένα, σε αυτό το σημείο θα ήταν καλό να διευκρινισθεί ότι έχει γίνει αντικατάσταση των ονομάτων των μεταχειρίσεων Control, Green Leaf, NH₄SO₄, Green Leaf+NH₄SO₄ με τα γράμματα A, B, C, D αντίστοιχα.

```
>getwd()
```

```
>Data<- read.csv2("Rice Fertilizer Comparisons.csv")
```

```
>Data
```

	Trt	Rep	Yield
1	A	1	20
2	B	1	22
3	C	1	25
4	D	1	24
5	A	2	19
6	B	2	23
7	C	2	26
8	D	2	27
9	A	3	19
10	B	3	24
11	C	3	24
12	D	3	26
13	A	4	20
14	B	4	25
15	C	4	24
16	D	4	26

Πίνακας δεδομένων 14: Δεδομένα από «Πείραμα 1» σε R.

```
>str (Data)
```

```
'data.frame': 16 obs. of 3 variables:
 $ Trt : Factor w/ 4 levels "A","B","C","D": 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...
 $ Rep : int 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 ...
 $ Yield: num 20.1 22.5 24.7 24.4 19.1 ...
```

Πίνακας 30: Είδη και επίπεδα των μεταβλητών.

Από τον Πίνακα 30 βλέπουμε ότι ο παράγοντας «Treatment» («Trt») έχει 4 επίπεδα A, B, C, D όπου Control, NH₄SO₄, Green Leaf, NH₄SO₄ + Green Leaf αντίστοιχα. Στη συνέχεια

σκοπός είναι όπως και στα προηγούμενα λογισμικά να φτιάξουμε τον πίνακα με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς, γι' αυτό τον σκοπό θα εγκατασταθεί το πακέτο «pastecs». Με την εγκατάσταση αυτού μας δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε την εντολή «stat.desc()» στη ποσοτική μεταβλητή «Yield» και έτσι να δημιουργήσουμε ένα πίνακα με όλα τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς.

```
> stat.desc(data$yield)
```

nbr.val	nbr.null	nbr.na	min	max	range
16.00	0.00	0.00	19.00	26.80	7.80
sum	median	mean	SE.mean	CI.mean	var
372.70	23.75	23.29	0.64	1.37	6.63
std.dev	coef.var				
2.58	0.11				

Πίνακας 31: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

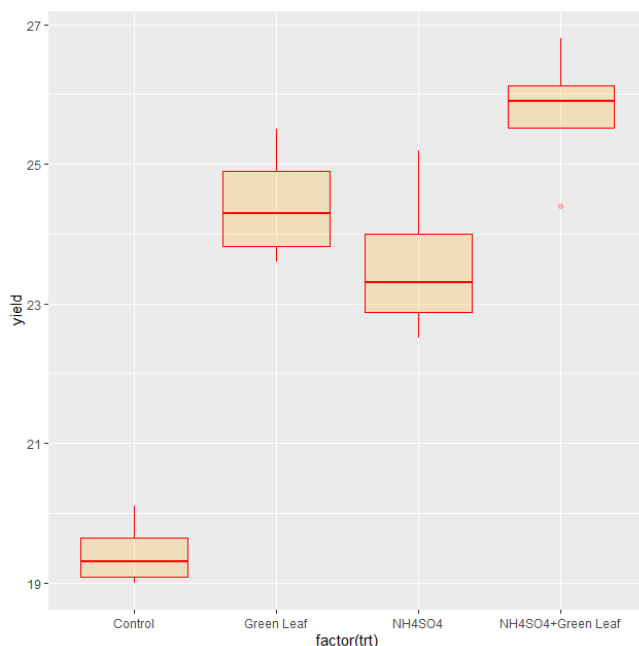
Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (nbr.val) είναι 16, ότι ο μέσος όρος (Mean) είναι 23,29, το τυπικό σφάλμα (SE.mean) είναι 0,643, η τυπική απόκλιση (std.dev) είναι 2,575, και τέλος η διακύμανση (Var) είναι 6,631.

Συνεχίζοντας θα πρέπει να δημιουργήσουμε ένα διάγραμμα Boxplot για τον πληθυσμό της κάθε μεταχείρισης ξεχωριστά (Διάγραμμα 22). Για τη δημιουργία του θα εγκαταστήσουμε το πακέτο «ggplot2» με χρήση της εντολής «install.packages». Σε περίπτωση που το έχουμε ήδη εγκατεστημένο απλά θα το καλέσουμε με την εντολή «library()». Συνοπτικά τα βήματα που ακολουθούνται για να καταλήξουμε στο Διάγραμμα 22 είναι τα εξής:

```
>install.packages("ggplot2")
```

```
>library("ggplot2")
```

```
>ggplot(data,aes(x=factor(trt),y=yield))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```



Διάγραμμα 22: Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων. Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Όπως και στο SPSS αλλά και στο Jasp έτσι και εδώ, παρατηρούμε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός των δύο λιπασμάτων, ωστόσο πρέπει να σημειωθούν οι στατιστικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων προκειμένου να αποδειχθεί η παραπάνω παρατήρηση. Για να προχωρήσουμε σε ανάλυση διακύμανσης θα πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή. Συνεχίζουμε κάνοντας ανάλυση διακύμανσης. Για την ανάλυση διακύμανσης χρησιμοποιείται η εντολή `aov()` όπως φαίνεται παρακάτω και το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 32.

```
>Anova<- aov(Yield~as.factor(Trt), data=Data)
```

```
>summary(Anova)
```

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
as.factor(Trt)  3  89.44  29.812    35.66 2.95e-06 ***
Residuals     12  10.03   0.836
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Πίνακας 32: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον πίνακα της Anova (Πίνακας 32) βλέπουμε ότι το άθροισμα τετραγώνων (Sum of Squares) του παράγοντα «Trt» ισούται με 89,44 και το Σφάλμα «Mean Square» ισούται με 29,812. Όπως και στο SPSS και στο Jasp το στατιστικό F ισούται με 35,66 οπότε καταλήγουμε πάλι στο συμπέρασμα ότι οι μεταχειρίσεις διαφέρουν και συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc για να δούμε ανάμεσα σε ποιες υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Για την εφαρμογή του ελέγχου Tukey-HSD χρησιμοποιείται η εντολή «TukeyHSD()» και εφαρμόζεται στον πίνακα anova (Πίνακας 32) όπως φαίνεται παρακάτω. Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 33.

```
>TukeyHSD(Anova)
```

```

      Tukey multiple comparisons of means
      95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Data$Yield ~ as.factor(Data$Trt), data = Data)

$`as.factor(Data$Trt)`
      diff      lwr      upr    p adj
B-A  4.15  2.23  6.1  0.00
C-A  5.00  3.08  6.9  0.00
D-A  6.32  4.41  8.2  0.00
C-B  0.85 -1.07  2.8  0.57
D-B  2.17  0.26  4.1  0.03
D-C  1.32 -0.59  3.2  0.22

```

Πίνακας 33: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των post-hoc ελέγχων. Το HSD test έδειξε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «Control» και των τριών άλλων μεταχειρίσεων καθώς το p είναι πολύ κοντά στο 0 ($p \ll 0,05$). Επίσης εντοπίστηκε διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων «NH₄SO₄» (B) και «NH₄SO₄+Green Leaf» (D) καθώς p ισούται με 0,006 ($p \ll 0,05$). Από το Διάγραμμα 23 παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της μεταχείρισης

«NH₄SO₄» είναι μικρότερος από τον μέσο όρο της μεταχείρισης «NH₄SO₄+ Green Leaf» συνεπώς η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός NH₄SO₄ με Green Leaf.

4.2. Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Η ανάλυση ξεκινάει όπως σε όλα με την εισαγωγή και την εμφάνιση των δεδομένων. Στο αρχείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το R τροποποιήθηκε αντικαθιστώντας τα ονόματα των μεταχειρίσεων Seedling, Early bloom, Full bloom (1/100), Full bloom, Ripening, Uninoculated με τα γράμματα "A", "B", "C", "D", "E", "F" αντίστοιχα. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν όπως προαναφέρθηκε τα πακέτα (packages) : «ggplot2», «pastecs», «car». Με την εντολή install.packages() γίνεται η εγκατάσταση των πακέτων και για περαιτέρω χρήση γίνεται χρήση της εντολής library().

```
>install.packages("ggplot2")
```

```
>library("ggplot2")
```

```
>install.packages("pastecs")
```

```
>library("pastecs")
```

Για να εμφανιστεί ο πίνακας με τα δεδομένα (Πίνακας δεδομένων 15) ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα.

```
>Data<- read.csv2("FlaxseedoilcontentR.csv")
```

```
>Data
```

	Trt	Block	Yield
1	A	B1	3.3
2	B	B1	4.4
3	C	B1	4.4
4	D	B1	6.3
5	E	B1	6.4
6	F	B1	6.8
7	A	B2	1.9
8	B	B2	5.9
9	C	B2	4.0
10	D	B2	4.9
11	E	B2	7.3
12	F	B2	6.6
13	A	B3	4.9
14	B	B3	6.0
15	C	B3	4.5
16	D	B3	5.9
17	E	B3	7.7
18	F	B3	7.0
19	A	B4	7.1
20	B	B4	4.1
21	C	B4	3.1
22	D	B4	7.1
23	E	B4	6.7
24	F	B4	6.4

Πίνακας δεδομένων 15: Δεδομένα από «Πείραμα 2» σε R.

```
> str(Data)
```

```
'data.frame': 24 obs. of 3 variables:
 $ Trt : Factor w/ 6 levels "A","B","C","D",...: 1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 ...
 $ Block: Factor w/ 4 levels "B1","B2","B3",...: 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 ...
 $ Yield: num 3.3 4.4 4.4 6.3 6.4 ...
```

Πίνακας 34: Είδη και επίπεδα των μεταβλητών.

Με την εκτέλεση της παραπάνω εντολής εμφανίζεται ο Πίνακας 35 στον οποίο βλέπουμε τη δομή των δεδομένων, τον αριθμό των παρατηρήσεων, τον αριθμό και το είδος των μεταβλητών, καθώς και τον αριθμό των επιπέδων των παραγόντων. Στη συνέχεια όπως και στα προηγούμενα λογισμικά θα συνεχίσουμε δημιουργώντας τον πίνακα με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς.

```
>stat.desc(Data$Yield)
```

nbr.val	nbr.null	nbr.na	min	max	range	sum	median
24.00	0.00	0.00	1.90	7.70	5.80	132.70	5.95
mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	std.dev	coef.var		
5.53	0.31	0.65	2.37	1.54	0.28		

Πίνακας 35: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

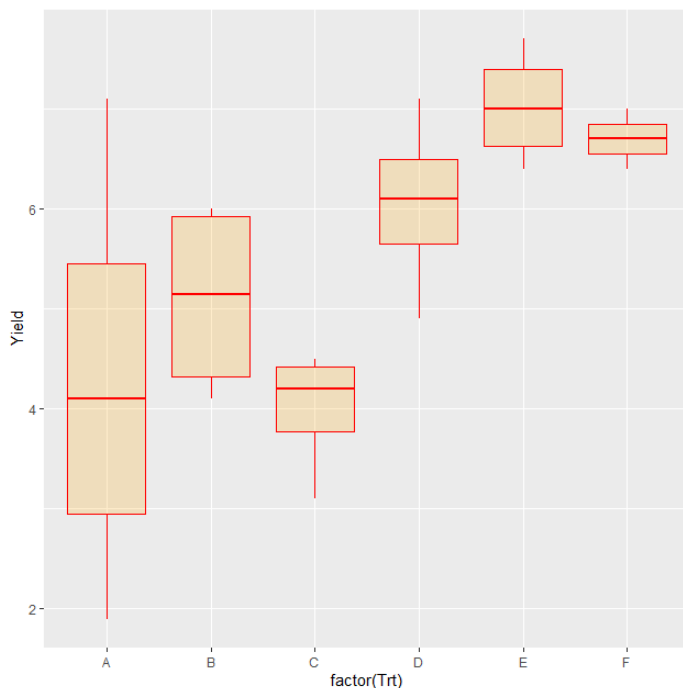
Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (nbr.val) είναι 24, ο μέσος όρος (mean) είναι 5.529 το Τυπικό Σφάλμα (SE.mean) είναι 0,314, η τυπική απόκλιση (std.dev) είναι 1,539, και τέλος η παραλλακτικότητα (var) είναι 2.37. συνεχίζουμε δημιουργώντας το Διάγραμμα 20.

Για τη δημιουργία του Διαγράμματος 23 ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα. Να σημειωθεί ότι το πρώτο βήμα παραλείπεται στην περίπτωση που έχουμε ήδη εγκατεστημένο το πακέτο στον υπολογιστή.

```
>install.packages("ggplot2")
```

```
>library("ggplot2")
```

```
>ggplot(Data,aes(x=factor(Trt),y=Yield))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```



Διάγραμμα 23: Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Όπως και πριν έτσι και τώρα υποπευόμαστε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η Πέμπτη. Προκειμένου να το αποδείξουμε θα κάνουμε ανάλυση διακύμανσης. Συνεχίζουμε κάνοντας ανάλυση διακύμανσης (Πίνακας 36). Οι εντολές που πρέπει να εκτελεστούν είναι οι παρακάτω.

```
> Anova<-aov(Yield~Trt+Block,data=Data)
```

```
> summary(Anova)
```

```

              Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Trt            5  31.65   6.330   4.816 0.00796 **
Block          3   3.14   1.047   0.797 0.51472
Residuals    15  19.72   1.314
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Πίνακας 36: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από το F μπορούμε να δούμε ότι μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων υπάρχει διαφορά η οποία είναι στατιστικά σημαντική αφού το $\text{sig} < 0.05$. Μεταξύ των blocks ωστόσο μπορούμε να δούμε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά ($F=0,797$) και αυτή που υπάρχει δεν είναι στατιστικά σημαντική αφού το $\text{sig} > 0.05$. Συνεχίζουμε κάνοντας τον έλεγχο Tukey HSD για να δούμε μεταξύ ποιων μεταχειρίσεων υπάρχει πιο σημαντική διαφορά.

```
> TukeyHSD(Anova)
```


Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Yield ~ Trt + Block, data = Data)

```
$Trt
      diff      lwr      upr      p      adj
B-A  0.80 -1.834  3.4  0.92
C-A -0.30 -2.934  2.3  1.00
D-A  1.75 -0.884  4.4  0.31
E-A  2.72  0.091  5.4  0.04
F-A  2.40 -0.234  5.0  0.08
C-B -1.10 -3.734  1.5  0.75
D-B  0.95 -1.684  3.6  0.84
E-B  1.92 -0.709  4.6  0.23
F-B  1.60 -1.034  4.2  0.40
D-C  2.05 -0.584  4.7  0.18
E-C  3.02  0.391  5.7  0.02
F-C  2.70  0.066  5.3  0.04
E-D  0.97 -1.659  3.6  0.83
F-D  0.65 -1.984  3.3  0.96
F-E -0.32 -2.959  2.3  1.00
```

Πίνακας 37: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD.

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους οι μεταχειρίσεις “Full bloom”-“Ripening” (C-E) διότι $p=0.020$, “Full bloom”-“Uninoculated” (C-F) διότι $p=0.043$, “Ripening”-“Seedling” (E-A) διότι $p=0.041$. Συμπερασματικά, συνδυάζοντας τις πληροφορίες και του Διαγράμματος 7, Πίνακα 31 καταλήγουμε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η πέμπτη «Ripening».

4.3. Ανάλυση συνδιακύμανσης.

Αρχικά προβάλλουμε τα δεδομένα χρησιμοποιώντας την εντολή

```
>Data <- read.csv2("Covariance.csv")
```

```
>Data
```

```
 1  A  1  34      93  29  G  3  35      98
 2  B  1  40      47  30  H  3  31      94
 3  C  1  32      81  31  I  3  35      77
 4  D  1  38      67  32  J  3  24     170
 5  E  1  25     120  33  K  3  33      72
 6  F  1  30     107  34  A  4  39      81
 7  G  1  33     106  35  B  4  52      27
 8  H  1  34      62  36  C  4  40      58
 9  I  1  31      80  37  D  4  39      69
10  J  1  21     149  38  E  4  24     129
11  K  1  31      79  39  F  4  28     126
12  A  2  33      95  40  G  4  35      86
13  B  2  40      52  41  H  4  36      69
14  C  2  30     109  42  I  4  31      92
15  D  2  38      74  43  J  4  25     155
16  E  2  24     128  44  K  4  34      70
17  F  2  29     111  45  A  5  36      80
18  G  2  34     107  46  B  5  56      21
19  H  2  32      83  47  C  5  48      30
20  I  2  30     106  48  D  5  41      63
21  J  2  25     152  49  E  5  25     126
22  K  2  26     117  50  F  5  34      96
23  A  3  35      92  51  G  5  38      89
24  B  3  51      33  52  H  5  38      47
25  C  3  34      72  53  I  5  37      68
26  D  3  40      65  54  J  5  25     146
27  E  3  25     126  55  K  5  44      41
28  F  3  32      99
```

Πίνακας δεδομένων 16: Δεδομένα από «Πείραμα 3» σε R.

```
> str(Data)
```

```
'data.frame':  55 obs. of  4 variables:
 $ Var      : Factor w/ 11 levels "A","B","C","D",...: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ Rep      : int   1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Cov      : num   34 39.6 31.7 37.7 24.9 ...
 $ Ascorbic: num   93 47.3 81.4 66.9 119.5 ...
```

Πίνακας 38: Είδη και επίπεδα των μεταβλητών.

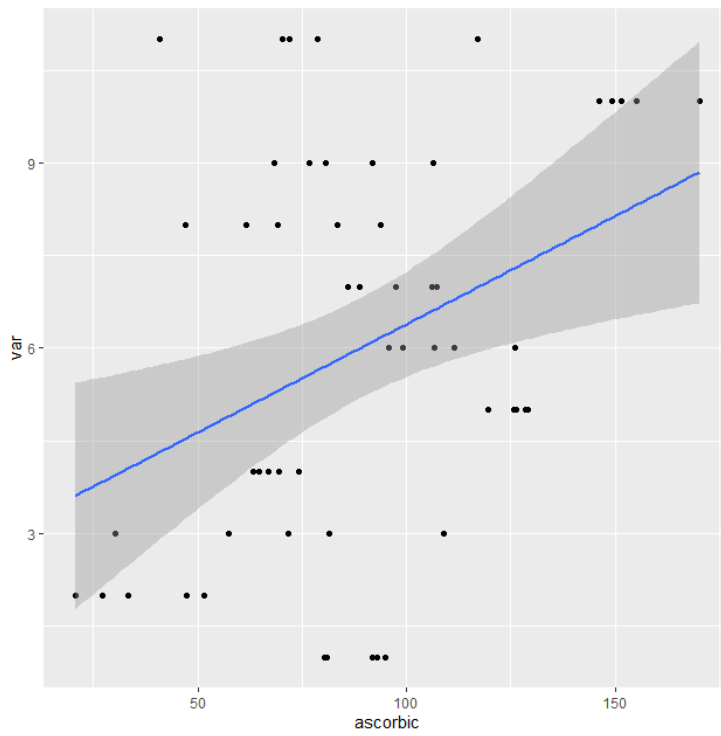
Από τον Πίνακα 38 βλέπουμε τη δομή των δεδομένων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση βλέπουμε ότι ο παράγοντας «Var» αναγνωρίζεται ως παράγοντας ενώ η μεταβλητή «Rep» αναγνωρίζεται ως σταθερά. Οι μεταβλητές «Cov» και «Ascorbic» αναγνωρίζονται ως αριθμοί.

Συνεχίζουμε με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

```
  nbr.val  nbr.null  nbr.na  min  max  range
 55.00    0.00    0.00  20.60 170.10 149.50
  sum  median  mean  SE.mean CI.mean.0.95  var
4890.50  86.00  88.92  4.57  9.16 1146.93
 std.dev  coef.var
 33.87    0.38
```

Πίνακας 39: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

```
> ggplot(Data, aes(x=Ascorbic, y=Var))+geom_point()+ geom_smooth(method=lm)
```



Διάγραμμα 24: Σημειόγραμμα απεικόνισης της μεταβολής της Y σε σχέση με τη μεταβολή της X .

4.4. Λατινικό τετράγωνο.

Η ανάλυση ξεκινάει όπως σε όλα με την εισαγωγή και την εμφάνιση των δεδομένων. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν όπως προαναφέρθηκε τα πακέτα (packages) : «ggplot2», «car», «pastecs». Με την εντολή `install.packages()` γίνεται η εγκατάσταση των πακέτων και για περαιτέρω χρήση γίνεται χρήση της εντολής `library()`. Τα βήματα για να εμφανιστεί ο πίνακας με τα δεδομένα στον οποίο φαίνεται η περιεκτικότητα του κάθε ατόμου σε πυρροβικό καθώς και η μεταχείριση η οποία του εφαρμόστηκε και σε ποια σειρά και στήλη βρισκόταν, είναι τα παρακάτω.

```
>Data<-read.csv2("Latin square 1.csv")
```

```
>Data
```

```
   Trt Row Column Pyr
1    A R1     C1 3.1
2    A R2     C2 2.6
3    A R3     C3 3.2
4    A R4     C4 4.2
5    B R1     C2 3.5
6    B R2     C1 3.7
7    B R3     C4 4.4
8    B R4     C3 3.3
9    C R1     C3 3.4
10   C R2     C4 4.3
11   C R3     C2 3.7
12   C R4     C1 4.5
13   D R1     C4 5.3
14   D R2     C3 3.9
15   D R3     C1 4.6
16   D R4     C2 4.0
```

Πίνακας δεδομένων 17: Δεδομένα από «Πείραμα 4» σε R.

```
> str(Data)
```

```
'data.frame':  16 obs. of  4 variables:
 $ Trt   : Factor w/ 4 levels "A","B","C","D": 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 ...
 $ Row   : Factor w/ 4 levels "R1","R2","R3",...: 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...
 $ Column: Factor w/ 4 levels "C1","C2","C3",...: 1 2 3 4 2 1 4 3 3 4 ...
 $ Pyr   : num  3.08 2.56 3.19 4.24 3.45 ...
```

Πίνακας 40: Είδη και επίπεδα των μεταβλητών.

Με την εγκατάσταση του package “pastecs” μας δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε την εντολή “`stat.desc()`” στη ποσοτική μεταβλητή “Pyr” και έτσι να δημιουργήσουμε ένα πίνακα με όλα τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς.

```
>install.packages(pastecs)
```

```
> library(pastecs)
```

```
> stat.desc(Data$pyr)
```

nbr.val	nbr.null	nbr.na	min	max	range	sum	median
16.00	0.00	0.00	2.56	5.35	2.79	61.78	3.83
mean	SE.mean	CI.mean	var	std.dev	coef.var		
3.86	0.17	0.95	0.49	0.70	0.18		

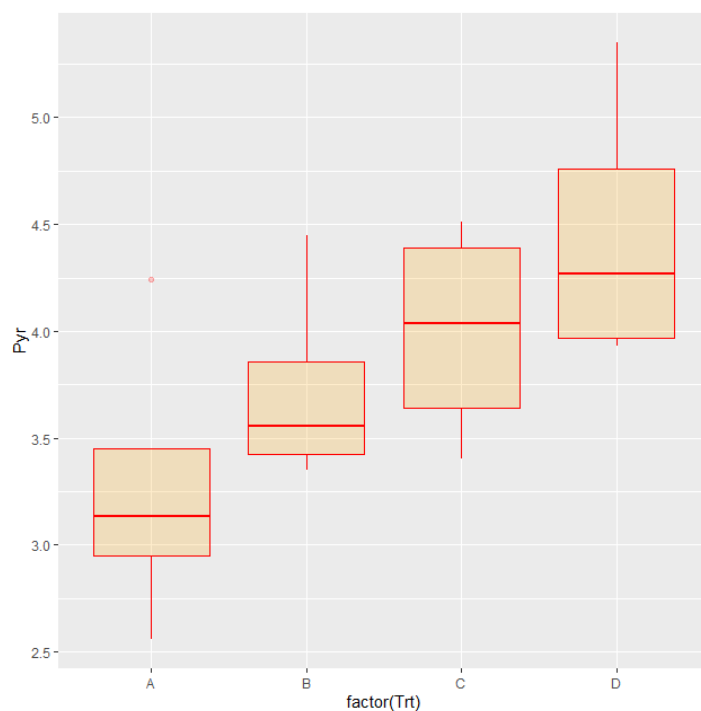
Πίνακας 41: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον Πίνακα 41 βλέπουμε ότι το πλήθος των ατόμων (nbr.val) είναι 16, ο μέσος όρος (mean) είναι 3,86, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error Mean) είναι 0,174, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) είναι 0,699 και τέλος η διακύμανση (Variance) είναι 0,489.

Συνεχίζουμε με τη δημιουργία του Διαγράμματος 25.

```
>library(ggplot2)
```

```
>ggplot(Data,aes(x=factor(Trt),y=Pyr))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```



Διάγραμμα 25 Θηκόγραμμα διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Περιεκτικότητα σε πυρροβικό» («Pyr»).

Από τα παραπάνω φαίνεται και πάλι, ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η τέταρτη ωστόσο για να το αποδείξουμε συνεχίζουμε με ανάλυση διακύμανσης.

Συνεχίζουμε κάνοντας τα παρακάτω βήματα και καταλήγουμε στον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 42)

```
> Anova<-aov(Pyr~Trt+Row+Column, data=Data)
```

```
> summary(Anova)
```

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Trt    3  2.96   0.988   14.59 0.0037 **
Row    3  0.39   0.129    1.91 0.2296
Column 3  3.57   1.191   17.60 0.0022 **
Residuals 6  0.41   0.068
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Πίνακας 42: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον Πίνακα 42 συμπεραίνουμε ότι μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων υπάρχει διαφορά ($F=14,591$, $\text{sig}<0,05$). Επίσης υπάρχει διαφορά μεταξύ των διαφορετικών στηλών ($F=17,599$, $\text{sig}<0,05$) ωστόσο δεν υπάρχει έντονη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών γραμμών ($F=1,907$, $\text{sig}>0,05$). Συνεχίζουμε όπως πριν κάνοντας Post Hoc ελέγχους για να δούμε ποιες μεταχειρίσεις διαφέρουν περισσότερο. Εκτελώντας την παρακάτω εντολή καταλήγουμε στον Πίνακα 43.

> TukeyHSD(Anova)

```

      Tukey multiple comparisons of means
      95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Pyr ~ Trt + Row + Column, data = Data)

$Trt
      diff      lwr      upr      p      adj
B-A 0.46 -0.177 1.1 0.16
C-A 0.73 0.091 1.4 0.03
D-A 1.19 0.551 1.8 0.00
C-B 0.27 -0.369 0.9 0.51
D-B 0.73 0.091 1.4 0.03
D-C 0.46 -0.177 1.1 0.16

```

Πίνακας 43: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD.

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων 0kg-4.44kg ($p=0.029$) καθώς και οι 0kg-6.7kg(0.003) και οι 2.22kg-6.7kg(0.029) ενώ μεταξύ των υπόλοιπων ζευγών δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5% . Από τη μελέτη του Διαγράμματος 25 καθώς και του Πίνακα 43, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μεταχείριση η οποία οδήγησε στην μεγαλύτερη παραγωγή πυρουβικού είναι αυτή με τα 6.7kg.

4.5. Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.

Ξεκινάμε όπως και στα προηγούμενα πειραματικά σχέσια με τη προβολή των δεδομένων και την εγκατάσταση των πακέτων που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυσή τους.

```
> Data<-read.csv2("SeedstemFactorR.csv")
```

```
> Data
```

```

  Variety Date Rep Seedstem
1      A  D1  1     12
2      A  D3  1      0
3      A  D2  2      0
4      A  D2  3      0
5      A  D3  4      0
6      A  D1  2     15
7      A  D2  4      1
8      A  D3  2      0
9      A  D1  3      2
10     A  D2  1      0
11     A  D1  4      8 31      C  D1  3      0
12     A  D3  3      0 32      C  D1  1     17
13     B  D2  1      2 33      C  D2  4      0
14     B  D1  1     35 34      C  D3  3      1
15     B  D3  2      0 35      C  D3  4      0
16     B  D2  3     15 36      C  D2  2      0
17     B  D1  4     46 37      D  D1  3      2
18     B  D3  1      0 38      D  D3  3      0
19     B  D1  3     23 39      D  D2  1      0
20     B  D3  4      0 40      D  D3  1      0
21     B  D3  3      0 41      D  D2  2      1
22     B  D2  4      0 42      D  D2  3      0
23     B  D2  2      3 43      D  D2  4      0
24     B  D1  2     19 44      D  D3  4      0
25     C  D3  1      0 45      D  D3  2      0
26     C  D1  4      6 46      D  D1  2      7
27     C  D1  2      5 47      D  D1  4     14
28     C  D2  1      0 48      D  D1  1     12
29     C  D3  2      0
30     C  D2  3      0

```

Πίνακας δεδομένων 18: Δεδομένα από «Πείραμα 5» σε R.

```
>Str(Data)
```

```

'data.frame':  48 obs. of  4 variables:
 $ Variety : Factor w/ 4 levels "A","B","C","D": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Date    : Factor w/ 3 levels "D1","D2","D3": 1 3 2 2 3 1 2 3 1 2 ...
 $ Rep     : int  1 1 2 3 4 2 4 2 3 1 ...
 $ Seedstem: int  12 0 0 0 0 15 1 0 2 0 ...

```

Πίνακας 44: Είδη και επίπεδα των μεταβλητών.

```
> library(pastecs)
```

```
> stat.desc(Data$Seedstem)
```

```

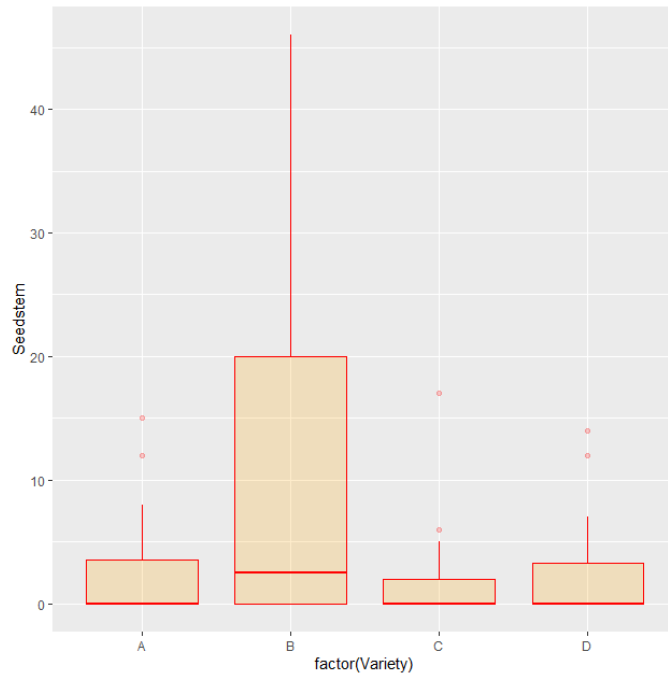
nbr.val      nbr.null      nbr.na      min      max      range      sum      median      mean
 48.0         27.0          0.0       0.0     46.0       46.0     246.0        0.0        5.1
SE.mean CI.mean 0.95      var      std.dev      coef.var
 1.4         2.8         93.4       9.7       1.9

```

Πίνακας 45: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον Πίνακα 45 βλέπουμε ότι ο αριθμός των απόμων (Valid) ισούται με 48, ο μέσος όρος (Mean) ισούται με 5,125, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) ισούται με 1,395, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) με 9,666 και η διακύμανση (Variance) ισούται με 93,431.

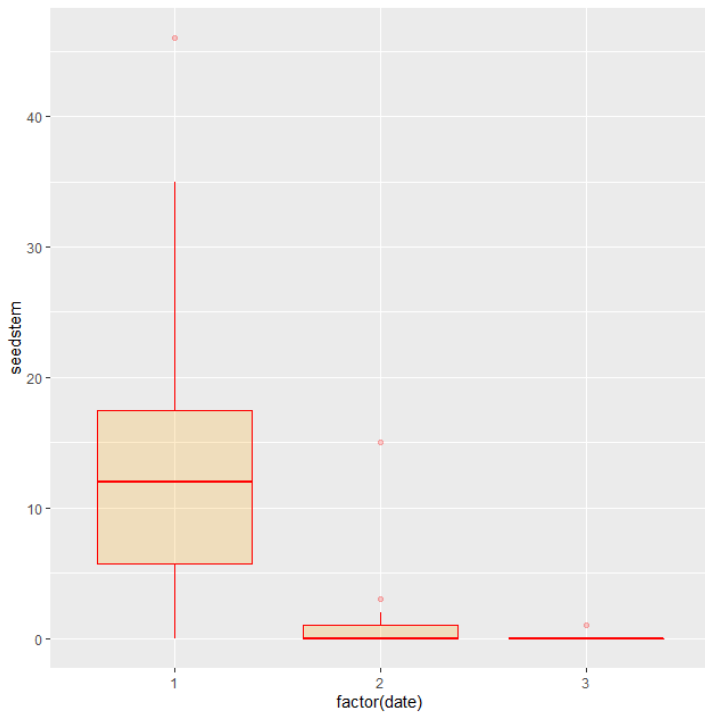
```
>ggplot(Data,aes(x=factor(Variety),y=Seedstem))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```



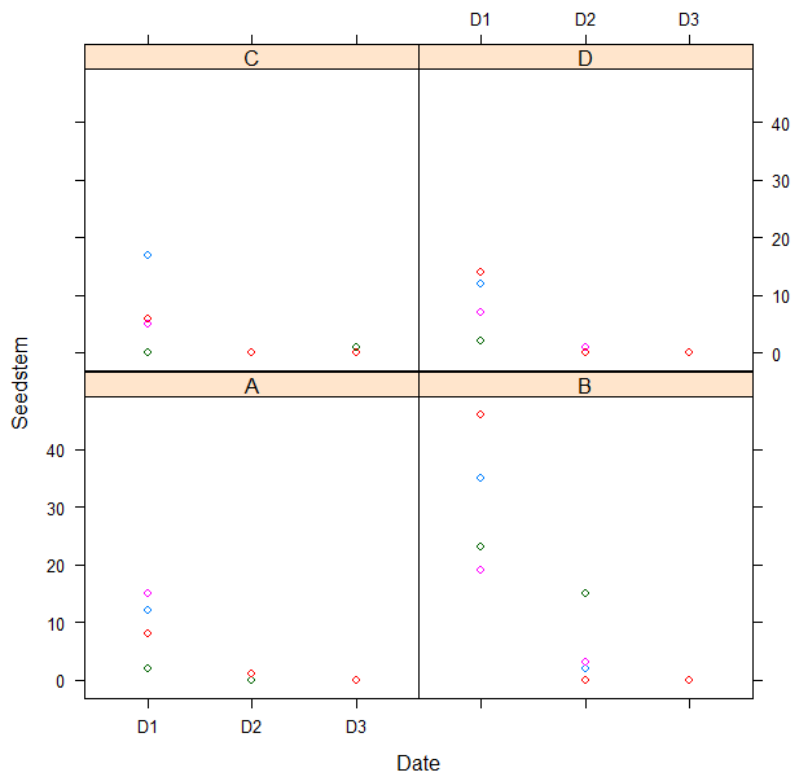
Διάγραμμα 26:

Θηκόγραμμα παράγοντα «Ποικιλία», Άξονας x: «Ποικιλία» («Variety»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).

```
ggplot(Data,aes(x=factor(Date),y=Seedstem))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```

Διάγραμμα 27: Θηκόγραμμα παράγοντα «Ημερομηνία», Άξονας x: «Ημερομηνία» («Date»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»)



Διάγραμμα 28: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης παράγοντα Ποικιλία («Variety») με παράγοντα Χρόνο («Date»).

Συνεχίζουμε δημιουργώντας τον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 46) και στη συνέχεια εφαρμόζοντας την εντολή TukeyHSD() στο στοιχείο «Ανονα».

```

> Anova<-
aov(Seedstem~factor(Variety)+factor(Date)+factor(Variety)*factor(Date),data=Data)
> summary(Anova)

```

```

          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Variety    3   742    247    9.63 8.4e-05 ***
Date       2  1878    939   36.56 2.1e-09 ***
Variety:Date 6   847    141    5.50 4e-04 ***
Residuals 36   925     26
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Πίνακας 46: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

```

> TukeyHSD(Anova)

```

```

$Variety
      diff   lwr   upr p adj
B-A  8.75   3.2 14.3 0.00
C-A -0.75 -6.3  4.8 0.98
D-A -0.17 -5.7  5.4 1.00
C-B -9.50 -15.1 -3.9 0.00
D-B -8.92 -14.5 -3.3 0.00
D-C  0.58  -5.0  6.2 0.99

```

Πίνακας 47: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD.

4.6. Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.

Η ανάλυση ξεκινάει όπως σε όλα με την εισαγωγή και την εμφάνιση των δεδομένων. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν όπως προαναφέρθηκε τα πακέτα (packages): ggplot2, pastecs,. Με την εντολή `install.packages()` γίνεται η εγκατάσταση των πακέτων και για περαιτέρω χρήση γίνεται χρήση της εντολής `library()`.

```
>install.packages("pastecs")
>library("pastecs")
>install.packages("ggplot2")
>library("ggplot2")
> getwd()
> Data<-read.csv2("Factorial.csv")
> Data
```

	Fert	Green	Rep	Yield
1	F1	A	1	13.8
2	F1	B	1	15.5
3	F1	C	1	21.0
4	F1	D	1	18.9
5	F2	A	1	19.3
6	F2	B	1	22.2
7	F2	C	1	25.3
8	F2	D	1	25.9
9	F1	A	2	13.5
10	F1	B	2	15.0
11	F1	C	2	22.7
12	F1	D	2	18.3
13	F2	A	2	18.0
14	F2	B	2	24.2
15	F2	C	2	24.8
16	F2	D	2	26.7
17	F1	A	3	13.2
18	F1	B	3	15.2
19	F1	C	3	22.3
20	F1	D	3	19.6
21	F2	A	3	20.5
22	F2	B	3	25.4
23	F2	C	3	28.4
24	F2	D	3	27.6

Πίνακας δεδομένων 19 : Δεδομένα από «Πείραμα 6» σε R.

Με την εγκατάσταση του package “pastecs” μας δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε την εντολή “`stat.desc()`” στη ποσοτική μεταβλητή “Yield” και έτσι να δημιουργήσουμε ένα πίνακα με όλα τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς.

```
>str(data)
'data.frame': 24 obs. of 5 variables:
 $ Fert : Factor w/ 2 levels "F1","F2": 1 1 1 1 2 2 2 2 1 1 ...
 $ Green : Factor w/ 4 levels "A","B","C","D": 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...
 $ Rep : int 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 ...
 $ Yield : num 13.8 15.5 21 18.9 19.3 ...
 $ Green1: Factor w/ 4 levels "A","B","C","D": 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...
```

Πίνακας 48: Είδη και επίπεδα των μεταβλητών.

```
>library("pastecs")
```

```
>stat.desc(Data$Yield)
```

nbr.val	nbr.null	nbr.na	min	max	range
24.0000000	0.0000000	0.0000000	13.1999998	28.3999996	15.1999998
sum	median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var
497.2999983	20.7500000	20.7208333	0.9669536	2.0002959	22.4399821
std.dev	coef.var				
4.7370858	0.2286146				

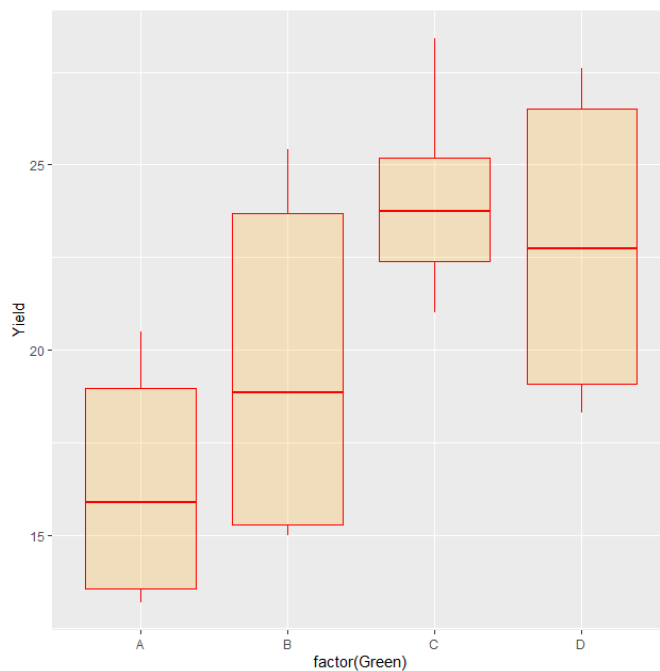
Πίνακας 49: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Λόγω του ότι δεν μπορούμε να επιλέξουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς ο παραπάνω πίνακας περιέχει παραπάνω στοιχεία σε σχέση με τα άλλα λογισμικά χωρίς αυτό να αποτελεί ωστόσο πρόβλημα.

Με την εγκατάσταση του παρακάτω πακέτου μας δίνεται η δυνατότητα να φτιάξουμε boxplot.

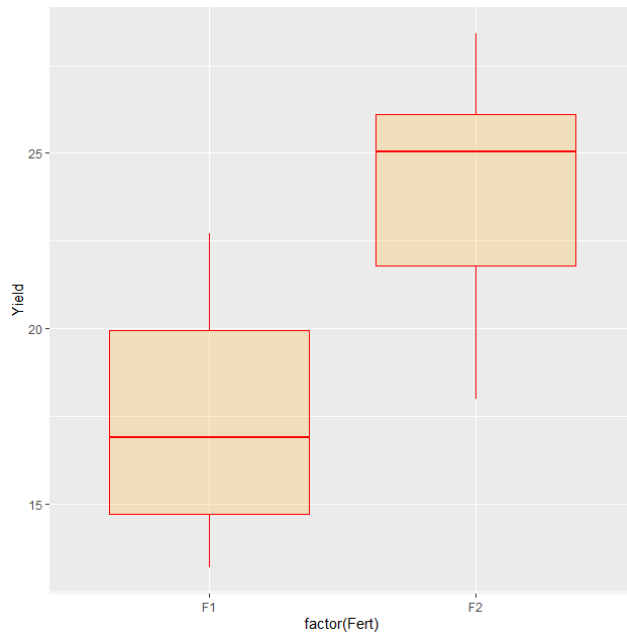
```
> library("ggplot2")
```

```
>ggplot(data,  
aes(x=factor(green),y=yield))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```



Διάγραμμα 28: Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας x: «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

```
ggplot(Data,  
aes(x=factor(Fert),y=Yield))+geom_boxplot(color="red",fill="orange",alpha=0.2)
```



Διάγραμμα 29:

Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χλωρή λίπανση» («Green»), Άξονας x: «Χλωρή λίπανση» («Green»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

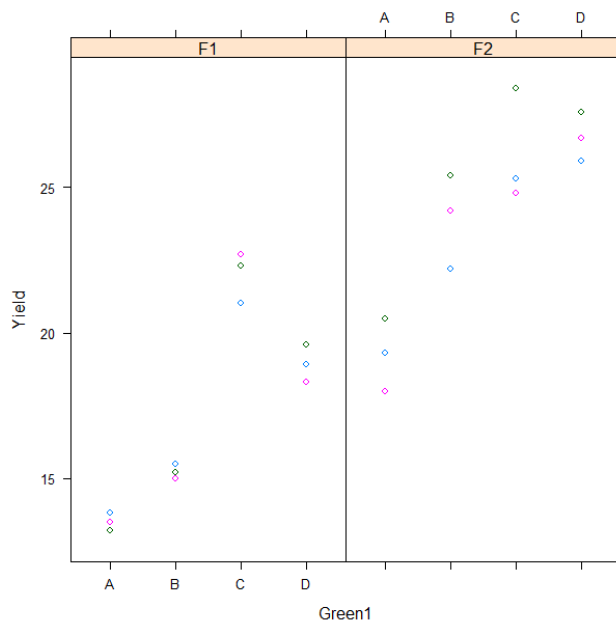
Ωστόσο θα ήταν χρήσιμο ένα διάγραμμα στο οποίο να φαίνεται η αλληλεπίδραση των δύο μεταβλητών. Για τη δημιουργία του παρακάτω διαγράμματος καθώς και για την ανάλυση διακύμανσης τα δεδομένα θα πρέπει να έχουν την παρακάτω δομή

	Fert	Green	Rep	Yield	Green1
1	F1	A	1	13.8	A
2	F1	B	1	15.5	B
3	F1	C	1	21.0	C
4	F1	D	1	18.9	D
5	F2	A	1	19.3	A
6	F2	B	1	22.2	B
7	F2	C	1	25.3	C
8	F2	D	1	25.9	D
9	F1	A	2	13.5	A
10	F1	B	2	15.0	B
11	F1	C	2	22.7	C
12	F1	D	2	18.3	D
13	F2	A	2	18.0	A
14	F2	B	2	24.2	B
15	F2	C	2	24.8	C
16	F2	D	2	26.7	D
17	F1	A	3	13.2	A
18	F1	B	3	15.2	B
19	F1	C	3	22.3	C
20	F1	D	3	19.6	D
21	F2	A	3	20.5	A
22	F2	B	3	25.4	B
23	F2	C	3	28.4	C
24	F2	D	3	27.6	D

Πίνακας δεδομένων 20: Δεδομένα από Πείραμα 6 σε R.

Στη συνέχεια ακολουθείται η εξής διαδρομή :

```
> data <- within(data, Green1 <- factor(Green))
> library(lattice)
> with(data, xyplot(Yield ~ Green1 | Fert, groups = Rep))
```



Διάγραμμα 30: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης παραγόντων «Χημική αζωτούχος λίπανση» και «Χλωρή λίπανση».

Συνεχίζοντας κάνουμε ανάλυση διακύμανσης ως εξής και προκύπτει ο Πίνακας 50:

```
> anova<- aov(Yield ~ Fert * Green1 + Error(Rep:Fert), data = data)
```

```
> summary(anova)
```

```
Error: Rep:Fert
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Fert    1  248.12   248.12   37.42  0.103
Residuals 1    6.63     6.63
-----
Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Fert    1   18.01    18.01  26.792 0.000141 ***
Green1  3  215.26    71.75 106.768 6.97e-10 ***
Fert:Green1 3   18.70     6.23   9.274 0.001244 **
Residuals 14    9.41     0.67
-----
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

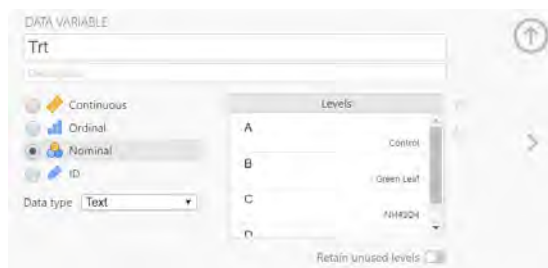
Πίνακας 50: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε την εντολή TukeyHSD() στο στοιχείο «anova» όπως στις προηγούμενες αναλύσεις.

5.Jamovi

5.1. Πλήρως τυχαιοποιημένο.

Ξεκινάμε όπως και στα προηγούμενα με την εισαγωγή και προβολή των δεδομένων. Ορίζουμε το είδος των μεταβλητών καθώς και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων της μεταχείρισης (Εικόνα 84) κάνοντας «κλικ» στο όνομα της μεταβλητής. Τέλος καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων 21 στον οποίο βλέπουμε την απόδοση (σε κιλά) του κάθε ατόμου καθώς και τη μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί.

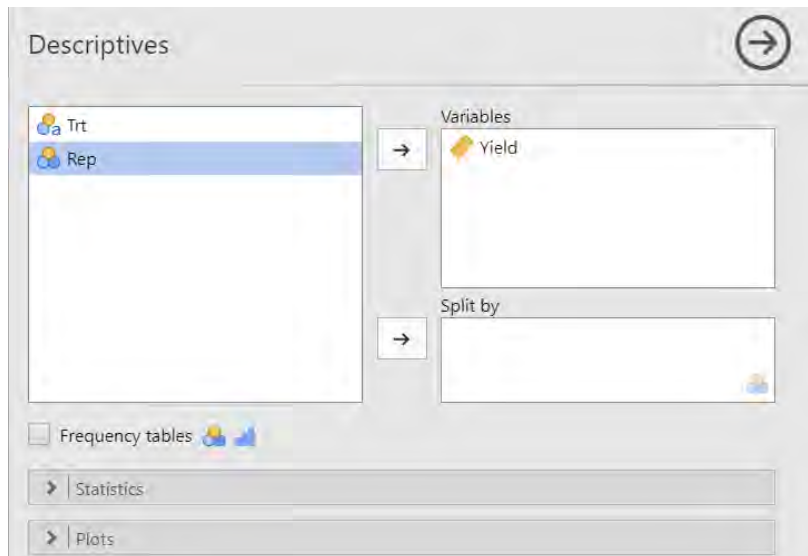


Εικόνα 84: Ορισμός του είδους και των επιπέδων του παράγοντα «Trt».

Trt	Rep	Yield
A	1	20.1
C	1	22.5
B	1	24.7
D	1	24.4
A	2	19.1
C	2	23.0
B	2	25.5
D	2	26.8
A	3	19.0
C	3	23.6
B	3	23.9
D	3	25.9
A	4	19.5
C	4	25.2
B	4	23.6
D	4	25.9

Πίνακας δεδομένων 21: Δεδομένα από «Πείραμα 1» σε jamoni.

Όπως και πριν δεν μπορεί να βγει κάποιο συμπέρασμα από το παραπάνω πίνακα και έτσι συνεχίζουμε φτιάχνοντας ένα πίνακα έτσι ώστε να δούμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του δείγματος. Για να γίνει αυτό κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «Exploration», «Descriptives» και εμφανίζεται η Εικόνα 85. Στο σημείο αυτό μας δίνεται η επιλογή να δημιουργήσουμε πίνακα με μέτρα θέσης και διασποράς καθώς και διαφορετικά διαγράμματα.



Εικόνα 85: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

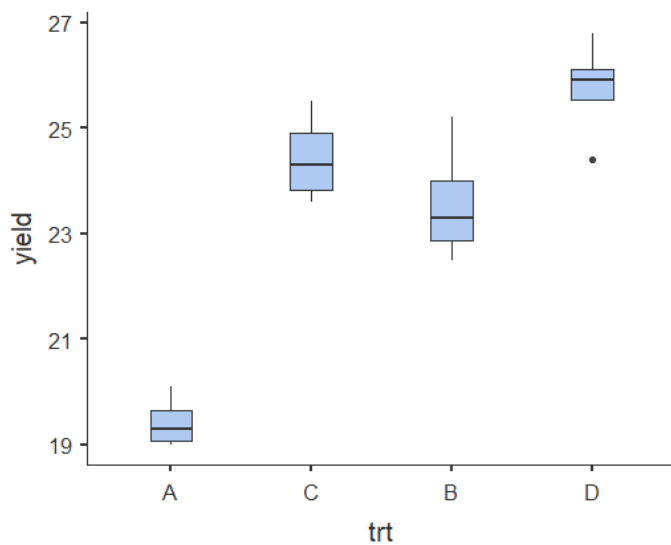
Ξεκινώντας, για τη δημιουργία του Πίνακα 51 επιλέγουμε μόνο τη μεταβλητή «Yield» στη θέση «Variables» και αφήνουμε τη θέση «Split by» κενή. Πατώντας την επιλογή «Statistics» μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς που θα εμφανιστούν.

Descriptives	
	yield
N	16
Missing	0
Mean	23.3
Std. error mean	0.644
Standard deviation	2.58
Variance	6.63

Πίνακας 51: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (N) είναι 16, ότι ο μέσος όρος (Mean) είναι 23,3, το τυπικό σφάλμα (Std. error mean) είναι 0,644, η τυπική απόκλιση (Standard deviation) είναι 2,58, και τέλος η διακύμανση (Variance) είναι 6,63.

Στο επόμενο βήμα όπως και στα προηγούμενα λογισμικά είναι πολύ χρήσιμη η δημιουργία του Διαγράμματος 31. Για τη δημιουργία του στη θέση «Variables» επιλέχθηκε η μεταβλητή «Yield» και στη θέση «Split by» επιλέχθηκε η μεταβλητή «Trt», κάνοντας «κλικ» στο «Plots» και θέτοντας ως «Variables» τη μεταβλητή «Yield» και ως «Split by» τη μεταβλητή «Trt».

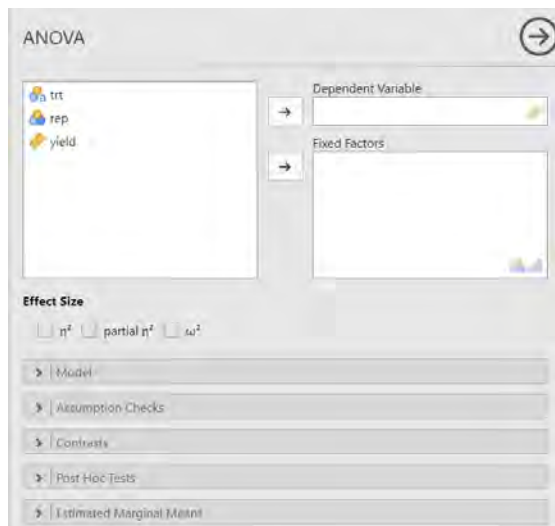


Διάγραμμα 31: :

Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Από το Διάγραμμα 31, παρατηρούμε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός των δύο λιπασμάτων, ωστόσο πρέπει να σημειωθούν οι στατιστικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων προκειμένου να αποδειχθεί η παραπάνω παρατήρηση. Συνεχίζουμε κάνοντας ανάλυση διακύμανσης.

Για την ανάλυση διακύμανσης κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «ANOVA» και στην επιλογή «ANOVA» και εμφανίζεται η Εικόνα 86. Στη συνέχεια ορίζεται ως «Dependent Variable» η μεταβλητή «Yield» και ως «Fixed Factors» η μεταβλητή «Trt». Έτσι οδηγούμαστε στον πίνακα ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 52).



Εικόνα 86: παράθυρο ορισμού παραγόντων για ανάλυση διακύμανσης.

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
trt	89.4	3	29.812	35.7	< .001
Residuals	10.0	12	0.836		

Πίνακας 52: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον πίνακα της Anova βλέπουμε ότι το άθροισμα τετραγώνων (Sum of Squares) του παράγοντα «trt» ισούται με 89,4 και το Σφάλμα «Mean Square» ισούται με 29,812. Το στατιστικό F ισούται με 35,7 οπότε καταλήγουμε πάλι στο συμπέρασμα ότι οι μεταχειρίσεις διαφέρουν και συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc για να δούμε ανάμεσα σε ποιες υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Στην επιλογή «Post Hoc Tests» (Εικόνα 86) επιλέγουμε μόνο τον έλεγχο Tukey-HSD καθώς ο έλεγχος LSD δεν υπάρχει. Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 53.

Post Hoc Comparisons – trt

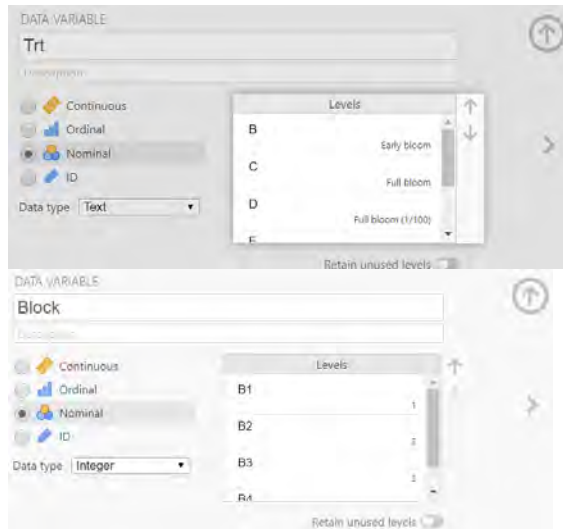
Comparison							
trt	trt	Mean Difference	SE	df	t	P _{Tukey}	
A	- C	-5.000	0.647	12.0	-7.73	< .001	
	- B	-4.150	0.647	12.0	-6.42	< .001	
	- D	-6.325	0.647	12.0	-9.78	< .001	
C	- B	0.850	0.647	12.0	1.31	0.572	
	- D	-1.325	0.647	12.0	-2.05	0.224	
B	- D	-2.175	0.647	12.0	-3.36	0.025	

Πίνακας 53 Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των post-hoc ελέγχων. Το HSD test έδειξε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «Control» και των τριών άλλων μεταχειρίσεων καθώς το p είναι πολύ κοντά στο 0 ($p < 0,05$). Επίσης εντοπίστηκε διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων «NH₄SO₄» (B) και «NH₄SO₄+Green Leaf» (D) καθώς p ισούται με 0,006 ($p < 0,05$) ενώ μεταξύ των υπόλοιπων συγκρίσεων οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές από το Διάγραμμα 31 παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της μεταχείρισης «NH₄SO₄» είναι μικρότερος από τον μέσο όρο της μεταχείρισης «NH₄SO₄+ Green Leaf» συνεπώς η καλύτερη μεταχείριση είναι ο συνδυασμός NH₄SO₄ με Green Leaf.

5.2. Τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων.

Ξεκινάμε όπως και στα προηγούμενα με την εισαγωγή και προβολή των δεδομένων τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουν καταγραφεί σε αρχείο της μορφής .csv. Ορίζουμε το είδος των μεταβλητών καθώς και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων της μεταχείρισης (Εικόνα 87). Τέλος καταλήγουμε στον Πίνακα δεδομένων 22 στον οποίο βλέπουμε την περιεκτικότητα του κάθε σπόρου σε έλαιο, την μεταχείριση που του έχει εφαρμοστεί καθώς και το Block στο οποίο ανήκει.

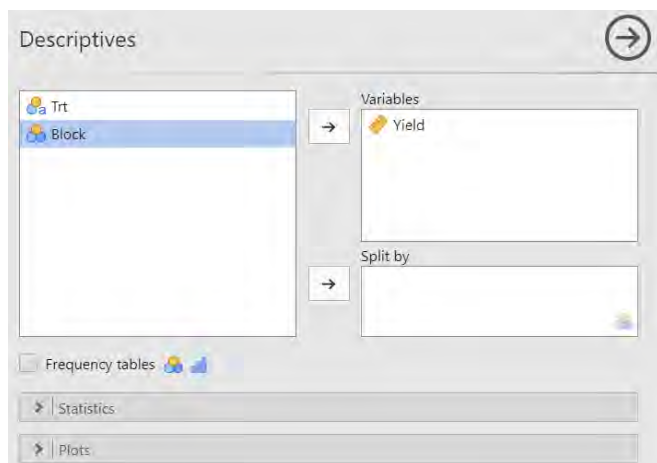


Εικόνα 87: Ορισμός του είδους και των επιπέδων του παράγοντα «Trt», «Block».

Trt	Block	Yield
A	B1	3.3
B	B1	4.4
C	B1	4.4
D	B1	6.3
E	B1	6.4
F	B1	6.8
A	B2	1.9
B	B2	5.9
C	B2	4.0
D	B2	4.9
E	B2	7.3
F	B2	6.6
A	B3	4.9
B	B3	6.0
C	B3	4.5
D	B3	5.9
E	B3	7.7
F	B3	7.0
A	B4	7.1
B	B4	4.1
C	B4	3.1
D	B4	7.1
E	B4	6.7
F	B4	6.4

Πίνακας δεδομένων 22: Δεδομένα από «Πείραμα 2» σε jamovi.

Στη συνέχεια πατώντας το εικονίδιο «Exploration», «Descriptives» μας δίνεται η επιλογή να δημιουργήσουμε πίνακα με μέτρα θέσης και διασποράς καθώς και διαφορετικά διαγράμματα (Εικόνα 88) . Σε αυτό το σημείο δημιουργούμε τον Πίνακα 54 επιλέγοντας όπως φαίνεται στην Εικόνα 88, στη θέση «Variables» τη μεταβλητή «Yield» και από τη λίστα «Statistics» επιλέγουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς που επιθυμούμε να εμφανιστούν στον πίνακα.



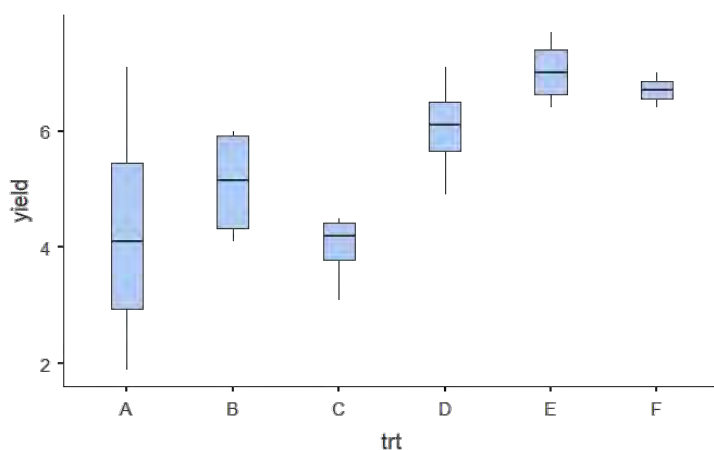
Εικόνα 88: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων..

Descriptives	
	yield
N	24
Missing	0
Mean	5.53
Std. error mean	0.314
Standard deviation	1.54
Variance	2.37

Πίνακας 54: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

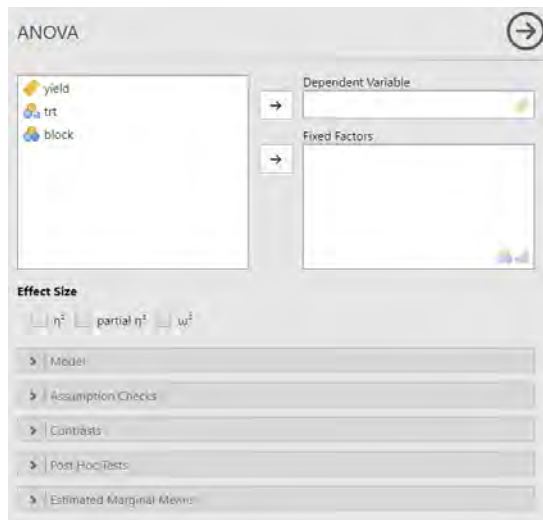
Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (N) είναι 24, ο μέσος όρος (Mean) είναι 5.53, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error mean) είναι 0,314, η τυπική απόκλιση (Standard deviation) είναι 1,539 (Std. Deviation= 1,539), και τέλος η παραλλακτικότητα (Variance) είναι 2.37.

Συνεχίζοντας δημιουργούμε το *Διάγραμμα 32* κάνοντας «κλικ» στην επιλογή «Plots».



Διάγραμμα 32: Θηκόγραμμα/Boxplot διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Για την ανάλυση διακύμανσης αρχικά κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «anova», στη συνέχεια Επιλέγουμε την επιλογή ANOVA εμφανίζεται η Εικόνα 89 και στο σημείο αυτό θέτουμε ως «Variables» τη μεταβλητή «Yield» και ως «Fixed Factors» τις μεταβλητές «Trt» και «Block».



Εικόνα 89 :Παράθυρο ορισμού μεταβλητών για την ανάλυση διακύμανσης.

Ωστόσο εμφανίζεται το παρακάτω πρόβλημα (Εικόνα 90) για τη λύση του οποίου αρκεί να αφαιρέσουμε από τη στήλη «Model Terms» την αλληλεπίδραση των δυο παραγόντων (Εικόνα 91).

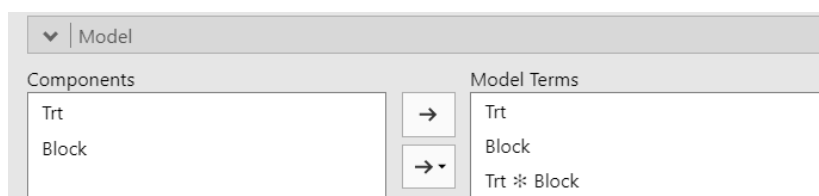
ANOVA

Residual sum of squares and/or degrees of freedom is zero, indicating a perfect fit

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Trt
Block
Trt * Block
Residuals

[3]

Εικόνα 90:Εικόνα προβλήματος που προκύπτει κατά την ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 91: Τρόπος επίλυσης του προβλήματος.

Έπειτα από αυτό το βήμα εμφανίζεται ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 55) στον οποίο φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων ($p < 0.05$ και $F = 4,816$). Έτσι συνεχίζουμε σε post-hoc έλεγχο για να δούμε συγκεκριμένα ποιες μεταχειρίσεις διαφέρουν περισσότερο μεταξύ τους (Πίνακας 56).

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Trt	31.65	5	6.33	4.816	0.008
Block	3.14	3	1.05	0.797	0.515
Residuals	19.72	15	1.31		

Πίνακας 55: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Post Hoc Comparisons - B

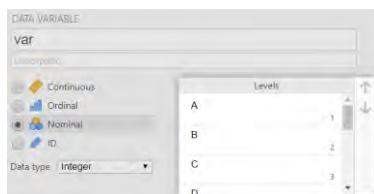
Comparison						
B	B	Mean Difference	SE	df	t	P _{Tukey}
A	- B	-0.800	0.811	15.0	-0.987	0.915
	- C	0.300	0.811	15.0	0.370	0.999
	- D	-1.750	0.811	15.0	-2.159	0.311
	- E	-2.725	0.811	15.0	-3.361	0.041
	- F	-2.400	0.811	15.0	-2.960	0.084
B	- C	1.100	0.811	15.0	1.357	0.750
	- D	-0.950	0.811	15.0	-1.172	0.843
	- E	-1.925	0.811	15.0	-2.375	0.226
	- F	-1.600	0.811	15.0	-1.974	0.400
C	- D	-2.050	0.811	15.0	-2.529	0.177
	- E	-3.025	0.811	15.0	-3.731	0.020
	- F	-2.700	0.811	15.0	-3.331	0.043
D	- E	-0.975	0.811	15.0	-1.203	0.829
	- F	-0.650	0.811	15.0	-0.802	0.963
E	- F	0.325	0.811	15.0	0.401	0.998

Πίνακας 56: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD.

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους οι μεταχειρίσεις “Full bloom”-“Ripening” (C-E) διότι $p=0.020$, “Full bloom”-“Uninoculated” (C-F) διότι $p=0.043$, “Ripening”-“Seedling” (E-A) διότι $p=0.041$. αντιθέτως μεταξύ των υπόλοιπων συγκρίσεων δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η πέμπτη «Ripening».

5.3.Ανάλυση συνδιακύμανσης.

Ξεκινάμε με τον προσδιορισμό του είδους των μεταβλητών κάνοντας «κλικ» στο όνομα της μεταβλητής που θέλουμε να επεξεργαστούμε, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 96* και στη συνέχεια προβολή των δεδομένων (*Πίνακας δεδομένων 23*).



Εικόνα 92: Ορισμός του είδους και των επιπέδων του παράγοντα «Var».

Var	Rep	Cov	Ascorbic					
A	1	34.0	93.0	G		3	34.8	97.5
B	1	39.6	47.3	H		3	31.1	93.9
C	1	31.7	81.4	I		3	34.6	76.7
D	1	37.7	66.9	J		3	23.5	170.1
E	1	24.9	119.5	K		3	33.2	71.8
F	1	30.3	106.6	A		4	38.9	80.8
G	1	32.7	106.1	B		4	52.0	27.2
H	1	34.5	61.5	C		4	39.6	57.5
I	1	31.4	80.5	D		4	39.4	69.3
J	1	21.2	149.2	E		4	23.5	129.0
K	1	30.8	78.7	F		4	28.3	126.1
A	2	33.4	94.8	G		4	35.4	86.0
B	2	39.8	51.5	H		4	36.1	69.0
C	2	30.1	109.0	I		4	30.9	91.8
D	2	38.2	74.1	J		4	24.8	155.2
E	2	24.0	128.5	K		4	33.5	70.3
F	2	29.1	111.4	A		5	36.1	80.2
G	2	33.8	107.2	B		5	56.2	20.6
H	2	31.5	83.4	C		5	47.8	30.1
I	2	30.5	106.5	D		5	41.3	63.2
J	2	25.3	151.6	E		5	25.1	126.2
K	2	26.4	116.9	F		5	34.2	95.6
A	3	34.7	91.7	G		5	37.8	88.8
B	3	51.2	33.3	H		5	38.5	46.9
C	3	33.8	71.6	I		5	36.8	68.2
D	3	40.3	64.7	J		5	24.6	146.1
E	3	24.9	125.6	K		5	43.8	40.9
F	3	31.7	99.0					

Πίνακας δεδομένων 23: Δεδομένα από «Πείραμα 3» σε jamovi.

Πατώντας το εικονίδιο «Exploration», «Descriptives» μας δίνεται η επιλογή να δημιουργήσουμε πίνακα με μέτρα θέσης και διασποράς καθώς και διαφορετικά διαγράμματα (*Εικόνα 92*). Σε αυτό το σημείο δημιουργούμε τον *Πίνακα 57* επιλέγοντας στον πίνακα που φαίνεται στην *Εικόνα 93*, στη θέση «Variables» τη μεταβλητή «Ascorbic» και από τη λίστα «Statistics» επιλέγουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς που επιθυμούμε να εμφανιστούν στον πίνακα.



Εικόνα 93: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

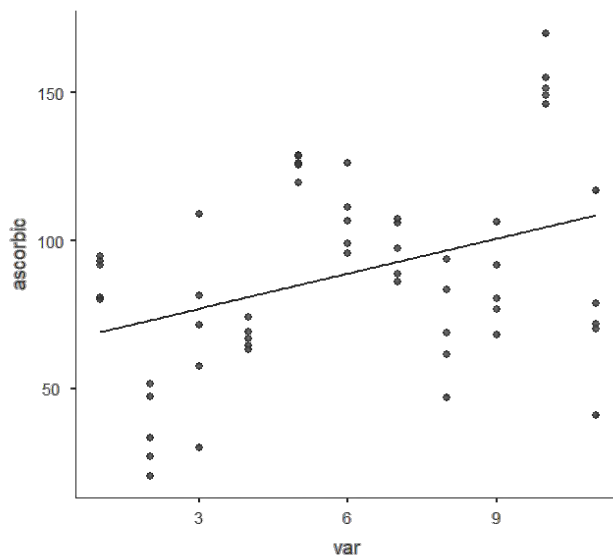
Descriptives

	ascorbic
N	55
Mean	88.9
Std. error mean	4.57
Standard deviation	33.9
Variance	1147

Πίνακας 57: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

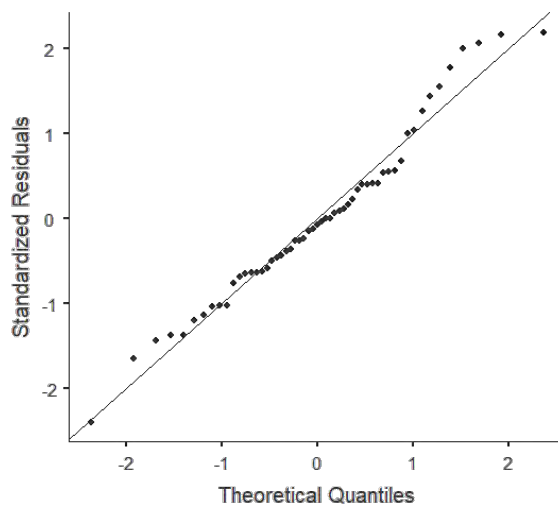
Από τον Πίνακα 57 βλέπουμε ότι ο αριθμός των ατόμων είναι 55, ο μέσος όρος είναι 88,918, το τυπικό σφάλμα είναι 4,567, η τυπική απόκλιση είναι 33,866, η διακύμανση είναι 1146,934.

Scatterplot



Διάγραμμα 33: Νέφος σημείων) απεικόνισης της μεταβολής της Y σε σχέση με τη μεταβολή της X .

Στη συνέχεια πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι το δείγμα είναι ομοσκεδαστικό και ότι τα κατάλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή. Αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί με ένα Q-Q Plot. Για τη δημιουργία του παρακάτω διαγράμματος στη θέση «Variables» τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Ascorbic» και από την επιλογή «Plots» (Εικόνα 93) επιλέχθηκε το «Q-Q Plots», «Q-Q».

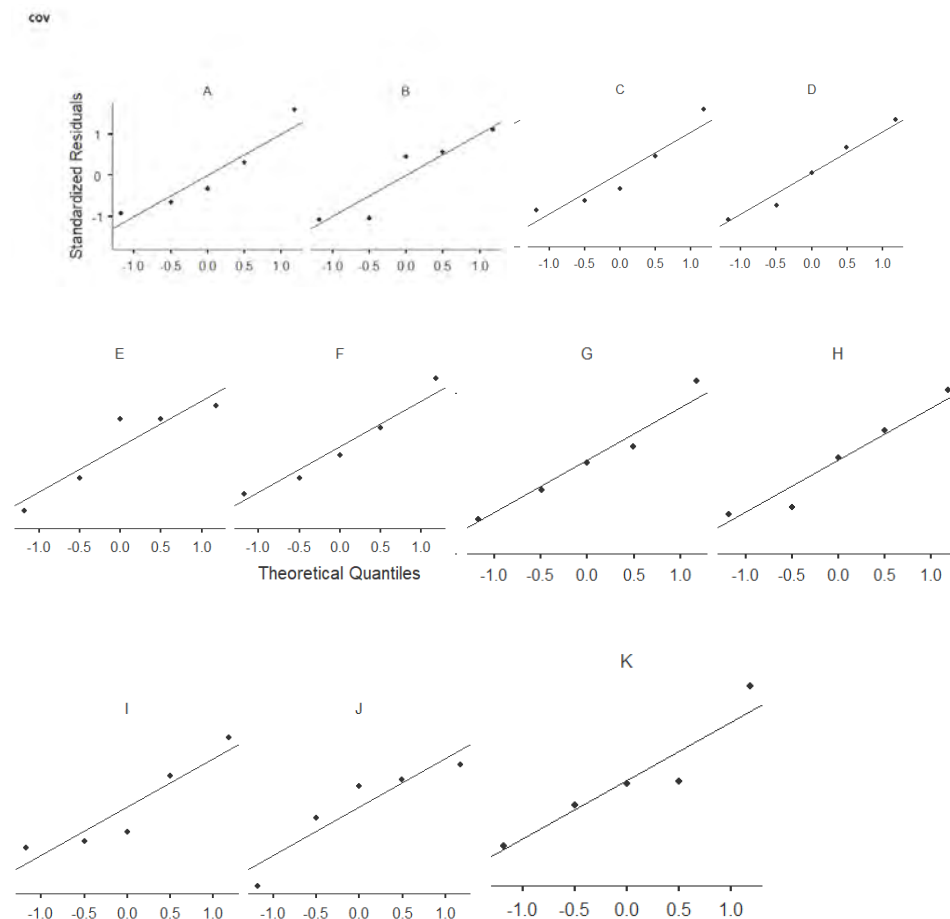


Διάγραμμα 34:

Από το Διάγραμμα 34 βλέπουμε ότι το δείγμα είναι ομοσκεδαστικό και ότι τα κατάλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή.

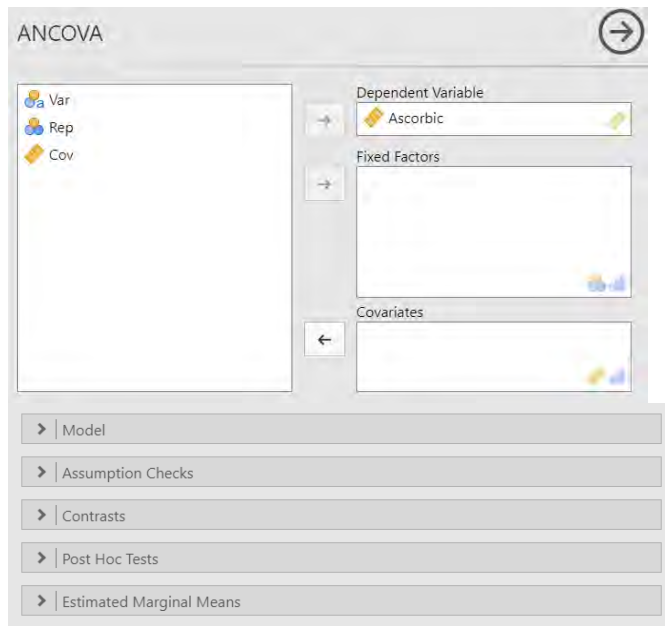
Έπειτα θα πρέπει να αποδειχθεί ότι η συμμεταβλητή είναι γραμμική συνάρτηση όλων των επιπέδων του παράγοντα της ανεξάρτητης μεταβλητής, καθώς και ότι τα «κατάλοιπα»

ακολουθούν κανονική κατανομή. Για τη δημιουργία των παρακάτω διαγραμμάτων στη θέση «Variables» τοποθετήθηκε η μεταβλητή «Cov» και στη θέση «Split by» η μεταβλητή «Var» στη συνέχεια έγινε η επιλογή «Plots», «Q-Q Plots», «Q-Q».



Διάγραμμα 35: Q-Q plot, x: Standardized Residuals, y: Theoretical Quantiles.

Στο επόμενο βήμα μπορεί να ελεγχθεί η ομοιογένεια των regression slopes. Για τη δημιουργία του Πίνακα 57 επιλέχθηκαν στη θέση «Dependent Variable» την μεταβλητή «ascorbic» στη θέση «Fixed Factors» τις μεταβλητές «Var» και στη θέση «Covariates» τη μεταβλητή «Cov» και από την επιλογή «Model» δεν αφαιρέθηκε η αλληλεπίδραση «Var*Cov».



Εικόνα 94

ANCOVA - ascorbic

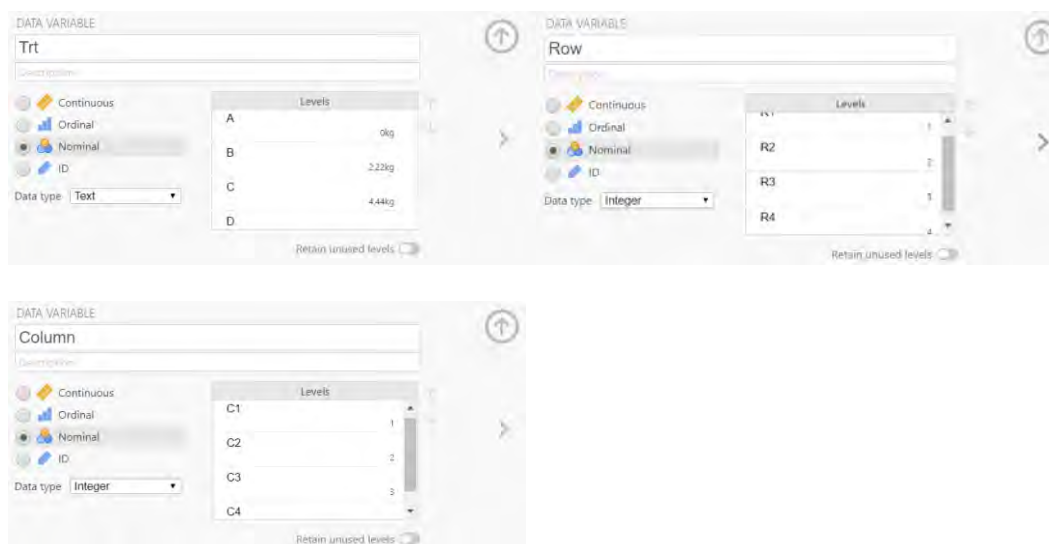
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
var	990	10	99.0	1.81	0.099
cov	1409	1	1409.1	25.69	< .001
cov * var	1150	10	115.0	2.10	0.054
Residuals	1810	33	54.8		

Πίνακας 58: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Από τον Πίνακα 58 βλέπουμε ότι το p της αλληλεπίδρασης είναι μεγαλύτερο από 0,05 άρα η αλληλεπίδραση δεν είναι στατιστικά σημαντική.

5.4. Λατινικό τετράγωνο.

Ξεκινάμε με το άνοιγμα του αρχείου .csv και συνεχίζουμε με τον ορισμό του είδους των μεταβλητών (Εικόνα 96) κάνοντας «κλικ» στο όνομα της κάθε μεταβλητής για να την επεξεργαστούμε. Έτσι εμφανίζεται ο Πίνακας δεδομένων 24 στον οποίο φαίνεται η περιεκτικότητα του κάθε ατόμου σε πυρρυνικό καθώς και η μεταχείριση η οποία του εφαρμόστηκε. Τέλος φαίνεται και η σειρά και η στήλη στη οποία βρισκόταν.

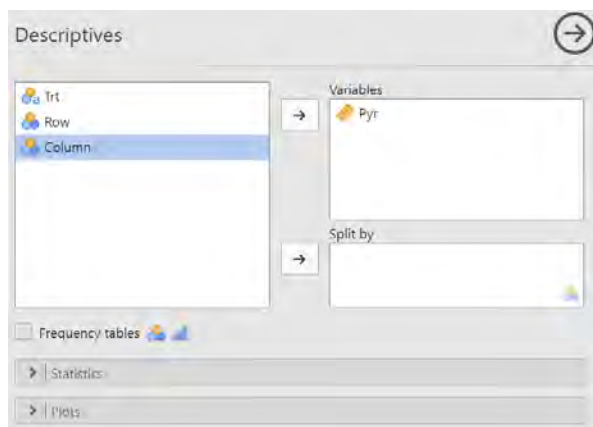


Εικόνα 95 :Ορισμός του είδους και των επιπέδων του παράγοντα «Trt», «Row», «Column».

Trt	Row	Column	Pyr
A	R1	C1	3.08
A	R2	C2	2.56
A	R3	C3	3.19
A	R4	C4	4.24
B	R1	C2	3.45
B	R2	C1	3.66
B	R3	C4	4.45
B	R4	C3	3.35
C	R1	C3	3.40
C	R2	C4	4.35
C	R3	C2	3.72
C	R4	C1	4.51
D	R1	C4	5.35
D	R2	C3	3.93
D	R3	C1	4.56
D	R4	C2	3.98

Πίνακας δεδομένων 24: Δεδομένα από «Πείραμα 4» σε jamovi.

Όπως και πριν έτσι και εδώ συνεχίζουμε την ανάλυση με τη δημιουργία του Πίνακα 59 στον οποίο φαίνονται τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς. Για τη δημιουργία του Πίνακα κάναμε «κλικ» στο εικονίδιο «Exploration», «Descriptives» και καταλήγουμε στην Εικόνα 96. Θέτουμε ως «Variables» τη μεταβλητή «Pyr» και αφήνουμε τη θέση «Split by» κενή το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 59.



Εικόνα 96: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

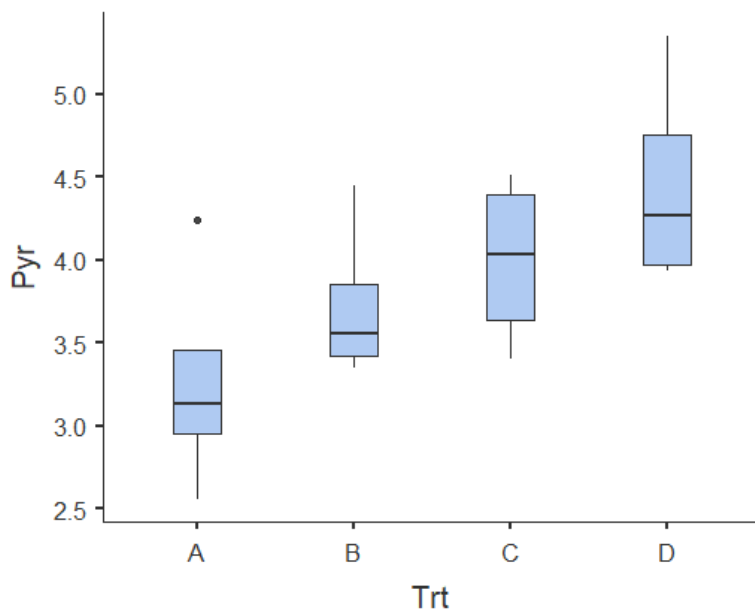
Descriptives

	pyr
N	16
Mean	3.86
Std. error mean	0.175
Standard deviation	0.699
Variance	0.489

Πίνακας 59: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον Πίνακα 59 βλέπουμε ότι το πλήθος των ατόμων (Valid) είναι 16, ο μέσος όρος (Mean) είναι 3,86, το Τυπικό Σφάλμα (Std. error Mean) είναι 0,174, η τυπική απόκλιση (Standard Deviation) είναι 0,699 και τέλος η διακύμανση (Variance) είναι 0,489.

Συνεχίζοντας δημιουργούμε το Διάγραμμα 36. Για να γίνει αυτό θέτουμε στη θέση «Split by» τη μεταβλητή «Trt», και στη συνέχεια κάνοντας την επιλογή «Plots», «Box plot».



Διάγραμμα 36: Θηκόγραμμα διαφορετικών μεταχειρίσεων, Άξονας x: «Μεταχείριση» («Trt»), Άξονας y: «Περιεκτικότητα σε πυρουβικό» («Pyr»).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η καλύτερη μεταχείριση είναι η τέταρτη ωστόσο για να το αποδείξουμε συνεχίζουμε με ανάλυση διακύμανσης. Για τη δημιουργία του πίνακα ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 60) αρχικά κάνουμε «κλικ» στο εικονίδιο «ANOVA», «ANOVA» και όπως φαίνεται στην Εικόνα 97 παρουσιάζεται σφάλμα. Για την επίλυση του προβλήματος οποίου χρειάζεται να αφαιρεθούν από τη στήλη «Model Terms» οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της μεταχείρισης και των «Blocks» (Εικόνα 98).

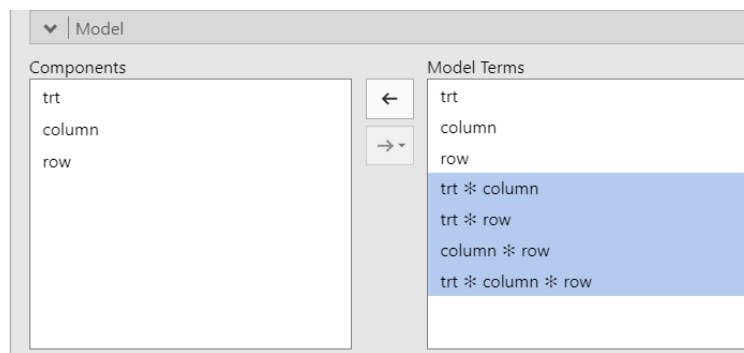
ANOVA

Residual sum of squares and/or degrees of freedom is zero, indicating a perfect fit

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
trt
row
column
trt * row
trt * column
row * column
trt * row * column
Residuals

[3]

Εικόνα 97: Εικόνα προβλήματος που προκύπτει κατά την ανάλυση διακύμανσης.



Εικόνα 98: τρόπος επίλυσης του προβλήματος.

Μετά από την επίλυση του προβλήματος καταλήγουμε στον Πίνακα 60 από τον οποίο συμπεραίνουμε ότι μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων υπάρχει διαφορά ($F=14,591$, $\text{sig}<0,05$) και ότι επίσης υπάρχει διαφορά μεταξύ των διαφορετικών στηλών ($F=17,599$, $\text{sig}<0,05$) ωστόσο δεν υπάρχει έντονη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών γραμμών ($F=1,907$, $\text{sig}>0,05$). Συνεχίζουμε κάνοντας Post Hoc ελέγχους για να δούμε ποιες μεταχειρίσεις διαφέρουν περισσότερο.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
trt	2.963	3	0.9878	14.59	0.004
row	0.387	3	0.1291	1.91	0.230
column	3.574	3	1.1914	17.60	0.002
Residuals	0.406	6	0.0677		

Πίνακας 60: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Για την εφαρμογή του post hoc ελέγχου, από την επιλογή «Ανονα», «Post Hoc Tests», διαλέγουμε τον έλεγχο Tukey HSD και το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας 61.

Post Hoc Comparisons - trt

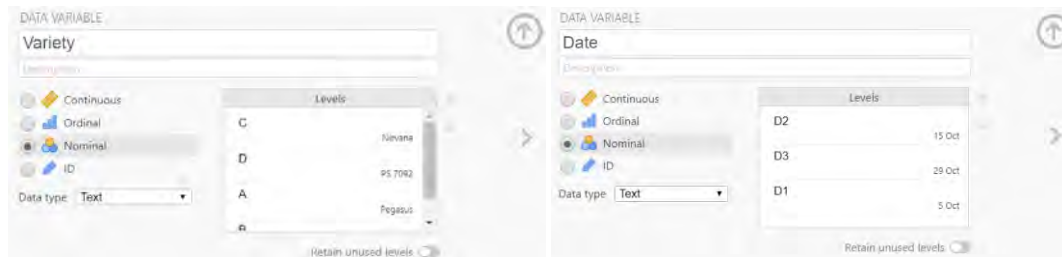
Comparison							
tr	t	Trt	Mean Difference	SE	df	t	P _{Tukey}
A	-	B	-0.460	0.184	6.00	-2.50	0.157
	-	C	-0.728	0.184	6.00	-3.95	0.029
	-	D	-1.188	0.184	6.00	-6.45	0.003
B	-	C	-0.268	0.184	6.00	-1.45	0.515
	-	D	-0.728	0.184	6.00	-3.95	0.029
C	-	D	-0.460	0.184	6.00	-2.50	0.157

Πίνακας 61: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων 0kg-4.44kg ($p=0.029$) καθώς και οι 0kg-6.7kg(0.003) και οι 2.22kg-6.7kg(0.029), ενώ μεταξύ των υπόλοιπων συγκρίσεων δεν υπάρχουν..Από τη μελέτη του Διαγράμματος 36 καθώς και του Πίνακα 61, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μεταχείριση η οποία οδήγησε στην μεγαλύτερη παραγωγή πυρουμενικού είναι αυτή με τα 6.7kg.

5.5. Πλήρες παραγοντικό με δύο παράγοντες.

Μετά το άνοιγμα του αρχείου .csv κάνοντας «κλικ» στο όνομα της μεταβλητής που θέλουμε να επεξεργαστούμε, ορίζουμε το είδος και τα ονόματα των διαφορετικών επιπέδων των παραγόντων. Το αποτέλεσμα είναι ο Πίνακας δεδομένων 25.

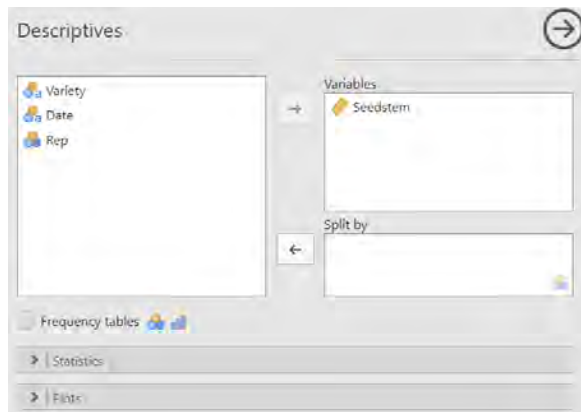


Εικόνα 99: Ορισμός του είδους και των επιπέδων του παράγοντα «Variety», «Date».

Variety	Date	Rep	Seedstem
C	D1	4	6
C	D1	2	5
C	D2	1	0
C	D3	2	0
C	D2	3	0
C	D1	3	0
C	D1	1	17
C	D2	4	0
C	D3	3	1
C	D3	4	0
C	D2	2	0
D	D1	3	2
D	D3	3	0
D	D2	1	0
D	D3	1	0
D	D2	2	1
D	D2	3	0
D	D2	4	0
D	D3	4	0
D	D3	2	0
D	D1	2	7
D	D1	4	14
D	D1	1	12
A	D1	1	12
A	D3	1	0
A	D2	2	0
A	D2	3	0
A	D3	4	0
A	D1	2	15
A	D2	4	1
A	D3	2	0
A	D1	3	2
A	D2	1	0
A	D1	4	8
A	D3	3	0
B	D2	1	2
B	D1	1	35
B	D3	2	0
B	D2	3	15
B	D1	4	46
B	D3	1	0
B	D1	3	23
B	D3	4	0
B	D3	3	0
B	D2	4	0
B	D2	2	3
B	D1	2	19
C	D3	1	0

Πίνακας δεδομένων 25: Δεδομένα από «Πείραμα 5» σε jamovi.

Συνεχίζουμε δημιουργώντας όπως και πριν τον πίνακα με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς ακολουθώντας τα βήματα «Exploration», «Descriptives».



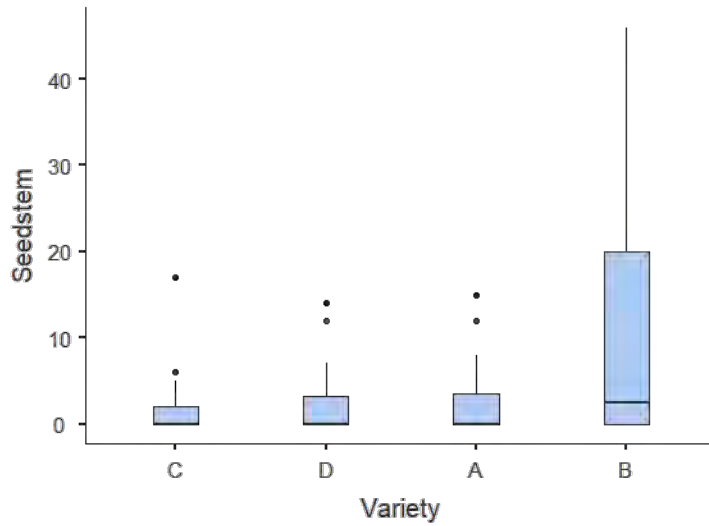
Εικόνα 100: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

Descriptives

	seedstem
N	48
Mean	5.13
Std. error mean	1.40
Standard deviation	9.67
Variance	93.4

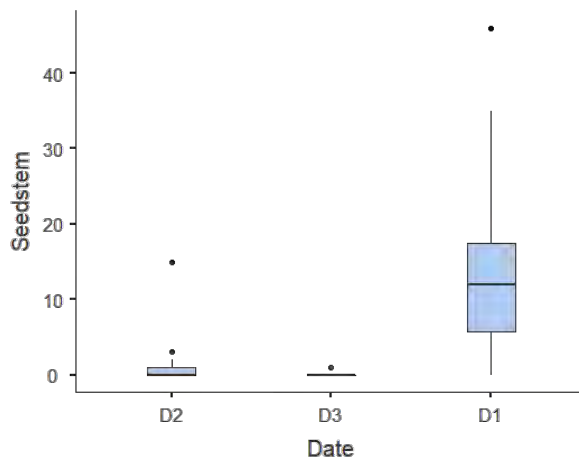
Πίνακας 62: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Από τον Πίνακα 62 βλέπουμε ότι ο αριθμός των ατόμων (Valid) ισούται με 48, ο μέσος όρος (Mean) ισούται με 5,125, το Τυπικό Σφάλμα (Std. Error of Mean) ισούται με 1,395, η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) με 9,666 και η διακύμανση (Variance) ισούται με 93,431.



Διάγραμμα 37:

Θηκόγραμμα παράγοντα «Ποικιλία», Άξονας x: «Ποικιλία» («Variety»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).



Διάγραμμα 38: Θηκόγραμμα παράγοντα «Ημερομηνία», Άξονας x: «Ημερομηνία» («Date»), Άξονας y: «Βλαστοί» («Seedstem»).

Θα ήταν χρήσιμη η δημιουργία διαγράμματος στο οποίο να φαίνεται η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ωστόσο το συγκεκριμένο λογισμικό δεν μας δίνει τη δυνατότητα να το δημιουργήσουμε.

Συνεχίζουμε κάνοντας ανάλυση διακύμανσης ακολουθώντας τη διαδρομή «ANOVA», «ANOVA» και θέτουμε ως «Dependent Variable» τη μεταβλητή «Seedstem» και ως «Fixed Factors» τη μεταβλητή «Variety» και «Date».

Τέλος καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 63) από τον οποίο συμπεραίνουμε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και λόγω αυτού συνεχίζουμε με post-hoc ελέγχους.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
variety	742	3	247.3	9.63	< .001
date	1878	2	938.8	36.56	< .001
variety * date	847	6	141.2	5.50	< .001
Residuals	925	36	25.7		

Πίνακας 63: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης.

Post Hoc Comparisons - variety * date

Comparison					Mean Difference	SE	df	T	P _{Tukey}
variety	date	variety	date						
C	"2"	-	C	"3"	-0.250	3.58	36.0	-0.0698	1.000
		-	C	"1"	-7.000	3.58	36.0	-1.9535	0.719
		-	D	"2"	-0.250	3.58	36.0	-0.0698	1.000
		-	D	"3"	9.55e-15	3.58	36.0	2.66e-15	1.000
		-	D	"1"	-8.750	3.58	36.0	-2.4419	0.406
		-	A	"2"	-0.250	3.58	36.0	-0.0698	1.000
	-	A	"3"	1.29e-14	3.58	36.0	3.59e-15	1.000	
	-	A	"1"	-9.250	3.58	36.0	-2.5814	0.327	
	-	B	"2"	-5.000	3.58	36.0	-1.3953	0.957	
	-	B	"3"	4.88e-15	3.58	36.0	1.36e-15	1.000	
	-	B	"1"	-30.750	3.58	36.0	-8.5814	< .001	
	"3"	-	C	"1"	-6.750	3.58	36.0	-1.8837	0.761
-		D	"2"	-5.33e-15	3.58	36.0	-1.49e-15	1.000	
-		D	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
-		D	"1"	-8.500	3.58	36.0	-2.3721	0.449	
-		A	"2"	1.22e-15	3.58	36.0	3.41e-16	1.000	
-		A	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
		-	A	"1"	-9.000	3.58	36.0	-2.5116	0.365
		-	B	"2"	-4.750	3.58	36.0	-1.3256	0.970

Post Hoc Comparisons - variety * date

Comparison				Mean Difference	SE	df	T	Ptukey		
variety	date	variety	date							
D	"1"	-	B	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
		-	B	"1"	-30.500	3.58	36.0	-8.5116	< .001	
		-	D	"2"	6.750	3.58	36.0	1.8837	0.761	
		-	D	"3"	7.000	3.58	36.0	1.9535	0.719	
		-	D	"1"	-1.750	3.58	36.0	-0.4884	1.000	
		-	A	"2"	6.750	3.58	36.0	1.8837	0.761	
		-	A	"3"	7.000	3.58	36.0	1.9535	0.719	
		-	A	"1"	-2.250	3.58	36.0	-0.6279	1.000	
		-	B	"2"	2.000	3.58	36.0	0.5581	1.000	
		-	B	"3"	7.000	3.58	36.0	1.9535	0.719	
	"2"	-	B	"1"	-23.750	3.58	36.0	-6.6279	< .001	
		-	D	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
		-	D	"1"	-8.500	3.58	36.0	-2.3721	0.449	
		-	A	"2"	6.55e-15	3.58	36.0	1.83e-15	1.000	
		-	A	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
		-	A	"1"	-9.000	3.58	36.0	-2.5116	0.365	
		-	B	"2"	-4.750	3.58	36.0	-1.3256	0.970	
		-	B	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
		-	B	"1"	-30.500	3.58	36.0	-8.5116	< .001	
		"3"	-	D	"1"	-8.750	3.58	36.0	-2.4419	0.406
	-		A	"2"	-0.250	3.58	36.0	-0.0698	1.000	
	-		A	"3"	3.33e-15	3.58	36.0	9.29e-16	1.000	
	-		A	"1"	-9.250	3.58	36.0	-2.5814	0.327	
	-		B	"2"	-5.000	3.58	36.0	-1.3953	0.957	
	-		B	"3"	-4.66e-15	3.58	36.0	-1.30e-15	1.000	
	-		B	"1"	-30.750	3.58	36.0	-8.5814	< .001	
	"1"		-	A	"2"	8.500	3.58	36.0	2.3721	0.449
			-	A	"3"	8.750	3.58	36.0	2.4419	0.406
			-	A	"1"	-0.500	3.58	36.0	-0.1395	1.000
		-	B	"2"	3.750	3.58	36.0	1.0465	0.995	
-		B	"3"	8.750	3.58	36.0	2.4419	0.406		
-		B	"1"	-22.000	3.58	36.0	-6.1395	< .001		
"2"		-	A	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
		-	A	"1"	-9.000	3.58	36.0	-2.5116	0.365	
		-	B	"2"	-4.750	3.58	36.0	-1.3256	0.970	
		-	B	"3"	0.250	3.58	36.0	0.0698	1.000	
	-	B	"1"	-30.500	3.58	36.0	-8.5116	< .001		
	"3"	-	A	"1"	-9.250	3.58	36.0	-2.5814	0.327	
		-	B	"2"	-5.000	3.58	36.0	-1.3953	0.957	
		-	B	"3"	-7.99e-15	3.58	36.0	-2.23e-15	1.000	
		-	B	"1"	-30.750	3.58	36.0	-8.5814	< .001	
		"1"	-	B	"2"	4.250	3.58	36.0	1.1860	0.987
-			B	"3"	9.250	3.58	36.0	2.5814	0.327	

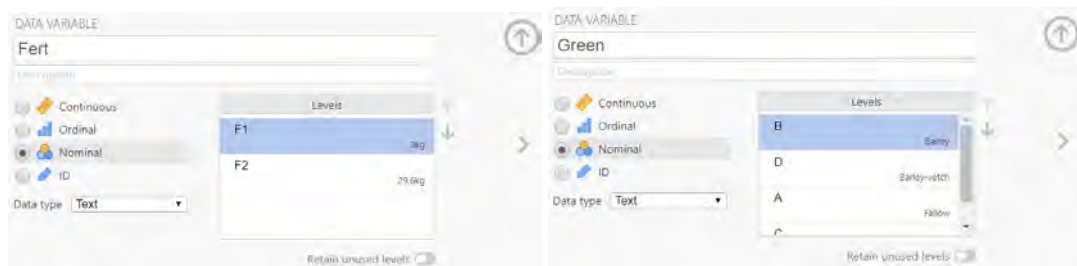
Post Hoc Comparisons - variety * date

Comparison				Mean Difference	SE	df	T	P _{Tukey}
variety	date	variety	date					
		- B	"1"	-21.500	3.58	36.0	-6.0000	<.001
B	"2"	- B	"3"	5.000	3.58	36.0	1.3953	0.957
		- B	"1"	-25.750	3.58	36.0	-7.1860	<.001
	"3"	- B	"1"	-30.750	3.58	36.0	-8.5814	<.001

Πίνακας 64: Αποτελέσματα ελέγχου Tukey HSD.

5.6. Υποδιαιρεμένων τεμαχίων.

Η ανάλυση όπως και στα προηγούμενα ξεκινά με τον ορισμό του είδους των μεταβλητών καθώς και των ονομάτων των διαφορετικών επιπέδων των δύο παραγόντων κάνοντας «κλικ» στο όνομα της μεταβλητής που θέλουμε να επεξεργαστούμε (Εικόνα 101) και εμφανίζεται ο Πίνακας δεδομένων 26.



Εικόνα 101: Ορισμός του είδους και των επιπέδων του παράγοντα «Fert» και «Green».

Fert	Green	Rep	Yield
F1	A	1	13.8
F1	B	1	15.5
F1	C	1	21.0
F1	D	1	18.9
F2	A	1	19.3
F2	B	1	22.2
F2	C	1	25.3
F2	D	1	25.9
F1	A	2	13.5
F1	B	2	15.0
F1	C	2	22.7
F1	D	2	18.3
F2	A	2	18.0
F2	B	2	24.2
F2	C	2	24.8
F2	D	2	26.7
F1	A	3	13.2
F1	B	3	15.2
F1	C	3	22.3
F1	D	3	19.6
F2	A	3	20.5
F2	B	3	25.4
F2	C	3	28.4
F2	D	3	27.6

Πίνακας δεδομένων 26: Δεδομένα από «Πείραμα 6» σε jamovi.

Στη συνέχεια όπως στις προηγούμενες αναλύσεις συνεχίζουμε με τους πίνακες με τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς. Για να δημιουργήσουμε τον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 65) κάνουμε «κλικ» στην επιλογή «Exploration», «Descriptives», και εκεί κάνοντας «κλικ» στο εικονίδιο «Statistics» επιλέγουμε τα μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς που θέλουμε να εξετάσουμε.

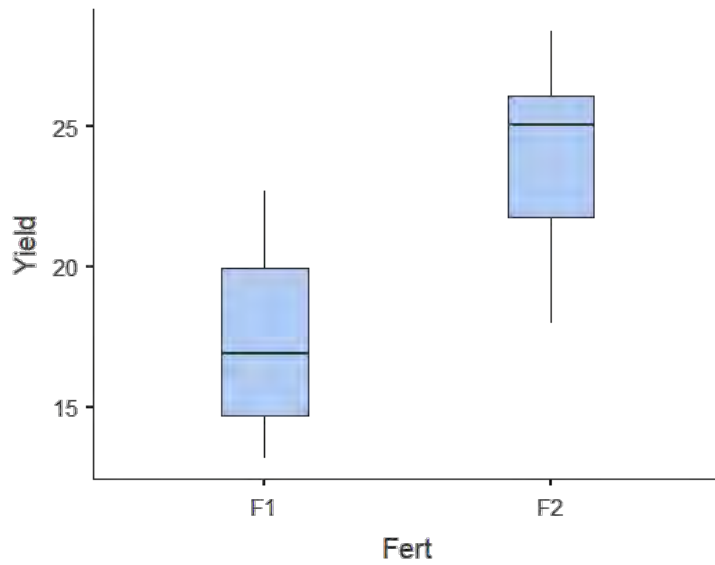


Εικόνα 102: Παράθυρο δημιουργίας πινάκων περιγραφικής στατιστικής και Διαγραμμάτων.

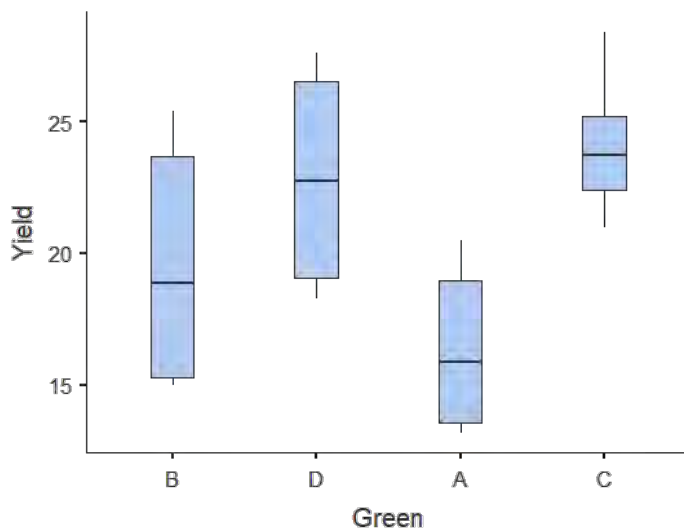
Descriptives	
	yield
N	24
Missing	0
Mean	20.7
Std. error mean	0.967
Standard deviation	4.74
Variance	22.4

Πίνακας 65: Βασικά μέτρα θέσης και μέτρα διασποράς του πληθυσμού.

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο αριθμός των παρατηρήσεων (N) είναι 24, ο μέσος όρος (Mean) είναι 20,72, το Τυπικό Σφάλμα (Std. error Mean) είναι 0,967, η τυπική απόκλιση (Standard deviation) είναι 4,737, και η διακύμανση (Variance) είναι 22,44. Συνεχίζουμε όπως και πριν με τη δημιουργία των Διαγραμμάτων 40 και 41. Για τη δημιουργία αυτών στην επιλογή «Split by» (Εικόνα 103) επιλέγουμε τη μεταβλητή «Fert» για το Διάγραμμα 40 και τη μεταβλητή «Green» για το Διάγραμμα 41.



Διάγραμμα 40: Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας x: «Χημική αζωτούχος λίπανση» («Fert»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).



Διάγραμμα 41:

Θηκόγραμμα για τον παράγοντα «Χλωρή λίπανση» («Green»), Άξονας x: «Χλωρή λίπανση» («Green»), Άξονας y: «Απόδοση» («Yield»).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι το jamonί δεν υποστηρίζει κάποιον απλό και εύκολο τρόπο για την ανάλυση δεδομένων πειραματικών σχεδίων όπως αυτό των υποδιαμεμένων τεμαχίων.

6.Βιβλιογραφία.

1. George Boyhan, Agricultural Statistical Data Analysis Using Stata.
2. Gary W. Oehlert, A First Course in Design and Analysis of Experiments.
3. Κατσιλέρος Αναστάσιος, Αναλύσεις δεδομένων γεωργικού πειραματισμού με το στατιστικό πακέτο R.
4. Robert R. Sokal, F. James Rohlf, Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.