



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,  
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ**

**Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία**

Συνδυασμένη επίδραση βιοκόμποστ (biocompost) και βιοδιεγέρτη στα  
χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος της κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

**Σταύρος Σ. Κοσμίδης**

Επιβλέπων καθηγητής  
Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ 2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία**

Συνδυασμένη επίδραση βιοκόμποστ (biocompost) και βιοδιεγέρτη στα  
χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος της κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

“Combined effect of biocompost and biostimulator on characteristics of root  
system of *Cannabis sativa* L.”

**Σταύρος Σ. Κοσμίδης**

Εξεταστική Επιτροπή

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παπαστυλιανού Παναγιώτα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Τραυλός Ηλίας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

## **Συνδυασμένη επίδραση βιοκόμποστ (biocompost) και βιοδιεγέρτη στα χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος της κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)**

*ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών & στην Αγρομετεωρολογία  
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής  
Εργαστήριο Γεωργίας*

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το πειραματικό μέρος έλαβε χώρα στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες (complete randomized block design) με 80 γλάστρες όγκου 12 λίτρων. Οι 40 γλάστρες πληρώθηκαν με Vermicompost και οι υπόλοιπες 40 με μίγμα Vermicompost και εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς σε αναλογία 1:1.

Πέντε εβδομάδες μετά τη μεταφύτευση, εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα βιοδιεγέρτης στα μισά φυτά για κάθε μεταχείριση υποστρώματος ανάπτυξης. Η ποσότητα που εφαρμόστηκε ήταν 1 lt υδατικό διάλυμα, που προέκυψε με την προσθήκη 4ml βιοδιεγέρτη.

Δηλαδή μετά την επέμβαση με βιοδιεγέρτη προέκυψαν: 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε Vermicompost, 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε Vermicompost με επίδραση βιοδιεγέρτη, 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε μίγμα Vermicompost και εξαντλημένο υποστρώματος μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς και 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε μίγμα Vermicompost και εξαντλημένο υποστρώματος μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς με επίδραση βιοδιεγέρτη.

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν στο πειραματικό μέρος ήταν η μεταβολή του ύψους των φυτών, η επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στη ρίζα των φυτών στη διάμετρο της ρίζας, στον όγκο της ρίζας, στο ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζες και στην περιεκτικότητα της ρίζας σε άζωτο.

Με βάση τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, προέκυψε μέσω των μετρήσεων ότι η μεγαλύτερη αύξηση της ετήσιας βλάστησης παρατηρήθηκε στην μεταχείριση με υπόστρωμα ανάπτυξης V+BIO+A ενώ οι άλλες μεταχειρίσεις δεν έδειξαν τουλάχιστον στην τελευταία μέτρηση στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P>0.05$ ).

Επίσης, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η μεγαλύτερη αύξηση του μήκους της βλάστησης συνοδεύονταν με καλύτερη ανάπτυξη της ρίζας των φυτών κάνναβης στη μεταχείριση με V+BIO+A. Η καλύτερη ανάπτυξη της ρίζας περιελάμβανε την μεγαλύτερη πυκνότητα, διάμετρο και όγκο ρίζας στη μεταχείριση με V+BIO+A.

Τέλος, η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι ο αποικισμός των ριζών με μυκόρριζες αυξήθηκε σημαντικά στη μεταχείριση με V+BIO+A καθώς και η περιεκτικότητα της ρίζας σε άζωτο ήταν μεγαλύτερη στην ίδια μεταχείριση.

**Επιστημονική Περιοχή:** Θρέψη φυτών

**Λέξεις κλειδιά:** Κάνναβη, βιοδιεγέρτης, υπόστρωμα κόμποστ, καινοτόμες καλλιέργειες, ριζικό σύστημα, γαιοσκώληκες, εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών.

## **Combined effect of biocompost and biostimulator on characteristics of root system of Cannabis sativa L.**

*MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, Plant Breeding & Agrometeorology  
Faculty of Crop Science  
Laboratory of Agronomy*

### **ABSTRACT**

The combined effect of biocompost and biostimulant on the characteristics of the cannabis root system (*Cannabis Sativa L.*) was the subject of this dissertation.

The experimental part took place in the experimental field of the Agriculture Laboratory, at the Agricultural University of Athens. The experimental design used was completely randomized block design with 80 pots of 12 liters capacity each one. The 40 pots were filled with vermicompost and the remaining 40 with vermicompost mixture and depleted mushroom substrate with the addition of cow dung in a ratio of 1:1.

Five weeks after transplanting, biostimulator was applied with root irrigation to half of the plants for each growth substrate treatment. The amount applied was 1 lt aqueous solution, which was obtained by adding 4 ml of biostimulator.

After the biostimulator operation there were: 20 plants growing in vermicompost, 20 plants growing in vermicompost with a biostimulator effect, 20 plants growing in a mixture of vermicompost and depleted mushroom substrate with the addition of cow dung with a biostimulant effect. The characteristics studied in the experimental part were the change of plant height, the effect of the growth substrate on the plant root, the root diameter, the root volume, the colonization rate with mycorrhizae and the nitrogen content of the root.

Based on the statistical analysis of the results, it emerged from the measurements that the largest increase in annual vegetation was observed in the treatment with V + BIO + A growth substrate while the other treatments did not show statistically significant differences ( $P > 0.05$ ) at least in the last measurement.

Also, the results of the experiment showed that the largest increase in the length of the vegetation was accompanied by better growth of the root of the hemp plants in the treatment with V + BIO + A. Better root growth included higher root density, diameter and volume in V + BIO + A treatment.

Finally, the analysis of the results showed that the colonization of the roots with mycorrhizae increased significantly in the treatment with V + BIO + A as well as the nitrogen content of the root was higher in the same treatment.

**Scientific area:** Plant nutrition

**Keywords:** *Cannabis sativa L.*, biostimulator, compost substrate, innovative crops, root system, earthworms, depleted mushroom substrate.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εκπόνηση αυτής της μεταπτυχιακής μελέτης δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς τη συνεχή καθοδήγηση και συμπαράσταση ορισμένων ανθρώπων, τους οποίους αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου Δημήτρη Μπιλάλη, για την άψογη συνεργασία, τη συμπαράσταση και την πολύτιμη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης και συγγραφής της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής μελέτης.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Παναγιώτα Παπαστυλιανού και τον Επίκουρο Καθηγητή Ηλία Τραυλό για τις συμβουλές τους κατά τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μελέτης.

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην Προϊσταμένη του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Δρα Μαρία Ντούλα για τη βοήθειά της, τον Δρ Γεράσιμο Τρωγιάνο, Ειδικό Τεχνικό Επιστήμονα του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για τις συμβουλές του και την ηθική υποστήριξη.

Τέλος, θα ήθελα εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους συναδέλφους που αποτελούν το επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου και ιδιαίτερα στους Γεωπόνους, Σταμάτη Καβασίλη, Γεράσιμο Τσιτσέλη και Μαρία Κορμπή για τη στήριξή τους.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

## Περιεχόμενα

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>8</b>
1.1. Ιστορική αναδρομή .....	8
1.2. Ιστορία της κάνναβης στην Ελλάδα.....	9
1.3. Τα περιβαλλοντικά και καλλιεργητικά οφέλη της κλωστικής κάνναβης.....	10
1.4. Παγκόσμια παραγωγή ινών και σπόρων κάνναβης.....	13
1.5. Βοτανική ταξινόμηση .....	15
1.6. Μορφολογικά και βοτανικά χαρακτηριστικά .....	15
1.6.1. Ριζικό σύστημα.....	18
1.6.2. Κεντρικό στέλεχος κάνναβης .....	19
1.6.3. Σπόρος .....	19
1.6.4. Ταξιανθίες και φύλλα .....	19
1.6.5. Βιολογικός κύκλος .....	20
1.6.6. Λίπανση.....	21
1.6.6.1. Άζωτο .....	21
1.6.6.2. Φώσφορος .....	22
1.6.6.3. Κάλιο .....	22
1.6.6.4. Λοιπά θρεπτικά συστατικά.....	23
1.6.7. Ποικιλίες.....	23
1.7. Vermicompost.....	25
1.7.1. Συγκομιδή vermicompost .....	28
1.8. Οργανική ουσία .....	29
1.9. Διαδικασία κομποστοποίησης.....	32
1.9.1. Φάσεις κομποστοποίησης.....	33
1.9.2. Υγιεινοποίηση και ασφάλεια.....	36
1.9.3. Υλικό κομποστοποίησης .....	38
1.9.4. Εφαρμογή του κόμποστ.....	38
1.9.5. Πρακτικές βάσεις κομποστοποίησης.....	39
1.9.5.1. Τεχνικές κομποστοποίησης .....	39
1.9.5.2. Ανοιχτά συστήματα ή σωροί.....	39

1.9.6.	Κατασκευή και διαχείριση σωρών κομποστοποίησης .....	41
1.9.7.	Θερμοκρασία, υγρασία και pH .....	42
1.10.	Βιοδιεγέρτης .....	44
<b>2.</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>	<b>46</b>
2.1.	Πειραματικό πεδίο .....	46
2.2.	Φυτικό υλικό.....	46
2.3.	Πειραματικός σχεδιασμός.....	47
2.4.	Συγκομιδή .....	50
2.5.	Κλιματικές συνθήκες αγρού και φυσικοχημικές ιδιότητες του υποστρώματος. ....	51
<b>3.</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>53</b>
3.1	Ύψος φυτών .....	54
3.2	Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στο NDVI.....	55
3.3	Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στη ρίζα των σποριόφυτων κάνναβης .....	55
<b>4.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>59</b>
<b>5.</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>61</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ιστορική αναδρομή

Το φυτό της κάνναβης έχει χρησιμοποιηθεί ήδη από τον 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. για τις θεραπευτικές του ιδιότητες ( Hollister, 1986), ενώ παράλληλα αποτελεί ένα από τα πιο μελετημένα φυτά τα τελευταία χρόνια (Chandra et al, 2017).

Η κάνναβη ανήκει στην οικογένεια Cannabaceae, η οποία διακρίνεται σε τρία βασικά είδη φυτών (Schultes and Hoffman, 1980). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται δυο είδη υψηλής χρηστικής και οικονομικής σημασίας, η φαρμακευτική κάνναβη (*Cannabis indica*) και η κλωστική κάνναβη (*Cannabis sativa*), καθώς και ένα άγριο είδος (*Cannabis ruderalis*), (Anderson ,1974,1980, Emboden ,1974 και Schultes et al,1974).

Η *cannabis sativa* είναι η πλέον διαδεδομένη από τα τρία είδη κάνναβης, είναι πιο ψηλή και αναπτύσσεται αποτελεσματικά σε πεδινές περιοχές. Από αρχαιολογικής και ιστορικής πλευράς, στοιχεία της κάνναβης υπάρχουν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου υπάρχει βλάστηση, το χαρακτηριστικό αυτό καθιστά δύσκολο τον ακριβή εντοπισμό της χρονολογικής προέλευσης της. Σε γενικές γραμμές θεωρείται ως τόπος προέλευσης η Βόρεια Ινδία, στο Θιβέτ και στο Νεπάλ και γενικά στις νότιες-νοτιοανατολικές περιοχές που περιβάλλουν την οροσειρά των Ιμαλαΐων, κατά τους De Bunge, Hooker και Vavilov οι οποίοι συγκαταλέγονται στους μεγαλύτερους ερευνητές φυτών.

Η παλαιότερη καταγεγραμμένη καλλιέργεια από τον άνθρωπο χρονολογείται γύρω στο 4000 π.Χ. στην Κίνα. Στις περισσότερες κουλτούρες ανά τον κόσμο η κάνναβη έχει χρησιμοποιηθεί για ιατρικούς σκοπούς, για διατροφικούς λόγους αλλά και για ψυχαγωγικούς. Η κάνναβη επίσης αποτέλεσε σημαντικό υλικό για την κατασκευή ρούχων, χαρτιού, σκοινιών και ελαίων. Στην Ευρώπη, κατά τον 16<sup>ο</sup> αιώνα (1563) η βασίλισσα Ελισάβετ Α΄ της Αγγλίας αποφάσισε ότι οι ιδιοκτήτες γης πρέπει να καλλιεργούν κάνναβη σε ένα ορισμένο κομμάτι του αγρού, ειδάλλως ήταν αναγκασμένοι να πληρώνουν, ενώ στην Βιρτζίνια, το 1611, η καλλιέργεια της κάνναβης έγινε υποχρεωτική για όλους τους αγρότες.

Προς τα τέλη του 20<sup>ο</sup> αιώνα, κατά την δεκαετία του 1990, στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ ψηφίστηκε για πρώτη φορά ο νόμος για την εφαρμογή της ιατρικής κάνναβης (1996) και τον επόμενο χρόνο ιδρύθηκε ο Εθνικός Οργανισμός για την Μεταρρύθμιση των Δικαιωμάτων Κάνναβης.



## 1.2. Ιστορία της κάνναβης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της κάνναβης εμφανίζεται το 450 π.Χ. με την πρώτη αναφορά να γίνεται από τον Ηρόδοτο ( 484 – 420 π.Χ. ), ο οποίος υποστήριζε ότι η κάνναβη εμφανίστηκε στην Ευρώπη από τους Σκύθες κατά την διάρκεια των μεταναστεύσεων τους στην Ασία, ενώ οι Τεύτονες είχαν σημαντικό ρόλο στη διάχυση της καλλιέργειας κάνναβης σε όλη την Ευρώπη( Schultes, 1970). Η πρώτη οργανωμένη καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης, το 1870 στο νομό Αρκαδίας και πιο συγκεκριμένα στη περιοχή της Μαντίνειας, υπήρξε η εξαγωγίμος δύναμη σε χώρες της Μέσης Ανατολής που αναχαιτίστηκε στις αρχές του 1900 λόγω των Βρετανών αλλά και αργότερα λόγω του πολέμου.

Η παραγωγή σχοινιών και υφασμάτων από το φυτό της κάνναβης αποτελούσε για την χώρα μας μια από τις βασικές καλλιέργειες (Πίνακας 1.2.1) με εξαγωγίμο χαρακτήρα, η οποία αναπτύχθηκε ιδιαίτερα τον 20<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι το 1957 όπου δια νόμου απαγορεύθηκε.

Πίνακας 1.2.1 Καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή σε ίνα, σπόρο στην Ελλάδα (Διεθνές Ινστιτούτο Γεωργίας της Ρώμης).

<b>Καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή ίνας και σπόρου στην Ελλάδα (1936-1955)</b>			
Έτη	Καλλιεργούμενη έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τόνοι)	
		Ίνα	Καρπός
1936	80	2,5	0
1937	700	60	0
1938	4580	370	0
1939	2820	220	0
1940	2950	250	0
1945	2110	42	15
1946	6207	535	133
1947	5943	453	157
1948	2765	295	72
1949	3540	344	116
1950	2704	256	116
1951	4225	412	40
1952	7005	512	64
1953	6065	800	277
1954	2350	125	24
1955	1242	63	38

Στις μέρες μας η καλλιέργεια της κλωστικής κάνναβης επέστρεψε για ποικιλίες με περιεκτικότητα σε THC λιγότερο από 0,2%, σύμφωνα με το ΦΕΚ με αριθμό 929/6 - 4 - 2016. Αξίζει να αναφερθεί, ότι πρόσφατα αδειοδοτήθηκε η καλλιέργεια, επεξεργασία και παραγωγή τελικών προϊόντων φαρμακευτικής κάνναβης με τον ν. 4523/2018 « Διατάξεις για την παραγωγή τελικών προϊόντων Φαρμακευτικής Κάνναβης και άλλες διατάξεις» (Α' 41) ο οποίος προσέθεσε στο νόμο περί εξαρτησιογόνων ουσιών ν. 4139/2013 (Α' 74) το άρθρο 2<sup>Α</sup> και τροποποιήθηκε στη συνέχεια με το άρθρο 58 του ν. 4554/2018 (Α' 130) και το άρθρο 155 του ν. 4601/2019 ([www.e-nomothesia.gr](http://www.e-nomothesia.gr)).

### **1.3.Τα περιβαλλοντικά και καλλιεργητικά οφέλη της κλωστικής κάνναβης**

Η καλλιέργεια της κλωστικής κάνναβης μπορεί να διασφαλίσει και να αποτελέσει λύση για τη βιώσιμη γεωργική ανάπτυξη και παράλληλα την προστασία του περιβάλλοντος. Οι λόγοι που ακολουθούν τεκμηριώνουν τα οφέλη της κλωστικής κάνναβης.

1. Η κάνναβη απορροφά ταχύτατα το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)  
Το φυτό απορροφά γρήγορα το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και την καθιστά πολύ καθαρότερη. Για κάθε τόνο παραγόμενης κάνναβης, απομακρύνονται από τον αέρα 1,63 τόνοι άνθρακα (γεγονός που καθιστά την κάνναβη πολύ πιο αποτελεσματική στην απόσβεση του διοξειδίου του άνθρακα από τα δέντρα).
2. Η κάνναβη αναζωογονεί το έδαφος  
Το στέλεχος και τα φύλλα της κλωστικής κάνναβης είναι γεμάτα με θρεπτικά συστατικά. Όταν το φυτό μεγαλώνει και ο σπόρος ωριμάζει, τα φύλλα του πέφτουν στο έδαφος και καθώς αποσυντίθενται συμβάλλουν στην ανασύσταση του εδάφους βελτιώνοντάς το κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Έπειτα κατά τη συγκομιδή, τα απομεινάρια των φυτών μπορούν να επιστραφούν στο έδαφος για να το προετοιμάσουν για μια πλουσιότερη απόδοση στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο.
3. Η κάνναβη υποστηρίζει την βιώσιμη γεωργία.  
Η αειφόρος γεωργία έχει να κάνει με την εναλλαγή (αμειψισπορά) των καλλιεργειών ανάλογα με την εποχή προκειμένου να διατηρηθούν τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Επειδή η κάνναβη ανήκει στις ετήσιες καλλιέργειες

που αναπτύσσεται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (τέσσερις μήνες), αποτελεί ιδανική καλλιέργεια για αμειψισπορά και δημιουργεί περιβαλλοντικό όφελος για το έδαφος, καθιστώντας το πλουσιότερο, καθαρότερο και με μεγαλύτερη απόδοση καλλιεργειών.

4. Η κάνναβη δεν απαιτεί τη χρήση φυτοφαρμάκων και χημικών λιπασμάτων.

Σε αντίθεση με άλλες φυτικές ίνες όπως το βαμβάκι ή το λινάρι, ένα επιπλέον περιβαλλοντικό όφελος της καλλιέργειας κάνναβης είναι η μη χρήση φυτοφαρμάκων. Η έκθεση σε αυτές τις τοξικές ουσίες έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η μόλυνση του νερού και έχει επίσης συνδεθεί με θέματα υγείας, όπως πολλές μορφές καρκίνου. Το φυτό της κάνναβης είναι πολύ ανθεκτικό σε έκθεση με αυξημένη υπεριώδη ακτινοβολία και δεν αποφέρει μειωμένες αποδόσεις, σε αντίθεση με τη σόγια και το καλαμπόκι που επηρεάζονται αρνητικά. Με τη διευρυμένη χρήση της κλωστικής κάνναβης στη γεωργία μπορεί να μειωθεί σημαντικά η ποσότητα των τοξινών και των ρύπων στον αέρα και το νερό.

Η κλωστική κάνναβη θεωρείται πολύ οικονομική καλλιέργεια για να αναπτυχθεί, καθώς δεν απαιτεί καμία εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, δεδομένου ότι η ανάπτυξη της καταστέλλει την ανάπτυξη ζιζανίων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Τέλος, η καλλιέργεια της μπορεί να είναι σε καθολικό ποσοστό βιολογική και ιδιαίτερα αποδοτική.

5. Η κάνναβη αποτρέπει τη διάβρωση του εδάφους.

Οι ρίζες του φυτού της κάνναβης δυναμώνουν και μπορεί να φτάσουν μέχρι και δυο μέτρα βάθος, ανάλογα με την καλλιεργήσιμη ποικιλία και το έδαφος που αναπτύσσεται. Το φυτό της κάνναβης ολοκληρώνει τον κύκλο του σε 3 - 4 μήνες και με αυτό το είδος του ριζικού δικτύου που αναπτύσσει, μπορεί να συμβάλλει στη συγκράτηση του εδάφους και στη πρόληψη της διάβρωσης. Η διάβρωση είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η γεωργία σήμερα και επιπλέον σε ορισμένες περιπτώσεις, το περιβαλλοντικό όφελος της κάνναβης έγκειται και στο ότι μπορεί να αποκαταστήσει ακόμη και έδαφος που είχε ήδη υποστεί βλάβη. Το εκτεταμένο και βαθύ ριζικό σύστημα της κάνναβης μπορεί να τραβήξει θρεπτικά συστατικά από μεγαλύτερο βάθος, προς τα ανώτερα στρώματα του εδάφους και να τα καταστήσει διαθέσιμα για τις επόμενες καλλιέργειες, ειδικά όταν τα φύλλα της κάνναβης μετά την συγκομιδή επιστρέψουν πάλι στον αγρό.

6. Η κάνναβη χρειάζεται λίγο νερό, καλλιεργείται εύκολα και σχεδόν παντού. Η κάνναβη ως αγριόχορτο (weed), απαιτεί λιγότερο νερό για να αναπτυχθεί. Αυτό το χαρακτηριστικό την ξεχωρίζει από άλλα ελαιούχα φυτικά είδη, όπως η σόγια και η αμυγδαλιές, αλλά και συγκριτικά με τα φυτά φυσικών ινών σαν το βαμβάκι, που έχουν πολύ υψηλές απαιτήσεις σε νερό. Η κλωστική κάνναβη μπορεί να καλλιεργηθεί με επιτυχία και στις πιο αντίξοες συνθήκες, ακόμη και σε πιο ψυχρά κλίματα λόγω της μικρής της καλλιεργητικής περιόδου ( 90 - 110 ημέρες). Η κάνναβη είναι πολύ εύκολη ως προς την καλλιέργεια της και επιστρέφει μέχρι και το 60% των θρεπτικών ουσιών που έχει αντλήσει από το έδαφος, πάλι στον αγρό. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να καλλιεργείται στο ίδιο έδαφος για πάνω από μια δεκαετία χωρίς να προκαλέσει ιδιαίτερη εξάντληση του εδάφους ή μείωση της απόδοσης.

#### 7. Χρήσεις κάνναβης

Η κάνναβη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή περισσότερων από 25.000 προϊόντων. Ο σπόρος χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων διατροφής και ελαίων, τα άνθη και τα φύλλα χρησιμοποιούνται για καλλυντικά και φαρμακευτικά είδη και ο μίσχος για φυσικές ίνες και παραγωγή χαρτοπολτού και όλο το φυτό για παραγωγή βιοκαυσίμων.

- Η κάνναβη που καλλιεργείται για την παραγωγή καυσίμων βιομάζας μπορεί να καλύψει μέρος των αναγκών μας σε φυσικό αέριο, πετρέλαιο και άνθρακα και να δρομολογήσει σταδιακή απεξάρτηση ως προς τα ορυκτά καύσιμα.
- Η κάνναβη αποδίδει 95.5% καύσιμη ύλη / βιοκαύσιμο, όταν χρησιμοποιείται για πυρόλυση βιομάζας.
- Τα καύσιμα βιομάζας προσφέρουν μια καθαρή εναλλακτική λύση απέναντι στα ορυκτά καύσιμα καθώς δεν απελευθερώνουν οξείδια του θείου και δεν επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με διοξείδιο του άνθρακα.
- Η κάνναβη αποτελεί κύριο παραγωγό βιομάζας ανά στρέμμα στον κόσμο.
- Το ύφασμα κάνναβης είναι πιο ανθεκτικό, πιο ζεστό και πιο απορροφητικό από το βαμβακερό και η καλλιέργεια της κάνναβης σε σχέση με αυτή του βαμβακιού είναι λιγότερο ευαίσθητη σε εδαφοκλιματικές συνθήκες.
- Μετά την εκχύλιση του ελαίου των σπόρων κάνναβης, τα υπολείμματα

των σπόρων έρχονται δεύτερα μετά από αυτά της σόγιας , ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και αποτελούν εξαιρετική πηγή θρεπτικών συστατικών τόσο για τα ζώα εκτροφής όσο και για τους ανθρώπους.

#### 8. Η κάνναβη απορροφά τοξικές ουσίες και ραδιενέργεια

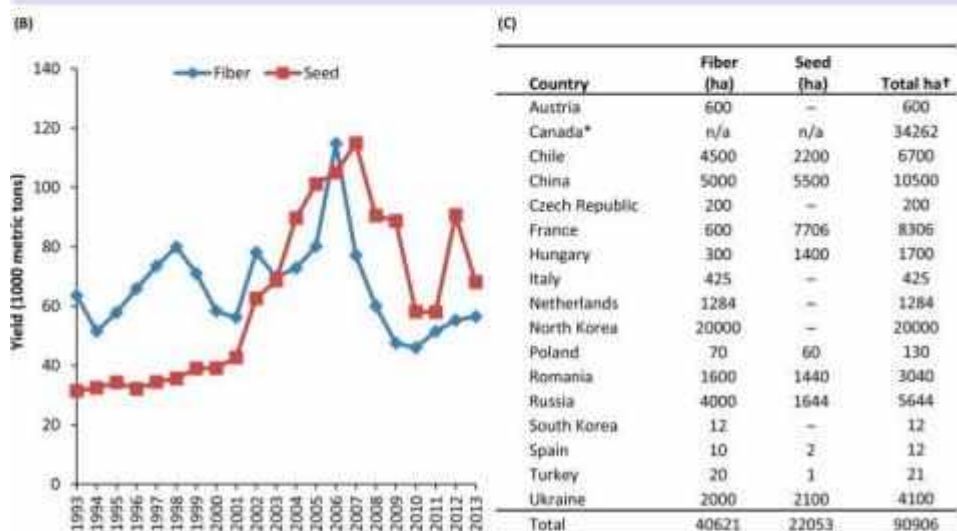
Η κάνναβη μπορεί να καθαρίσει τον αέρα και να αναπληρώσει το έδαφος, αλλά μπορεί επίσης να εξαλείψει επιβλαβείς τοξίνες απορροφώντας τις. Είναι γνωστό ότι η κλωστική κάνναβη χρησιμοποιήθηκε μετά την πυρηνική καταστροφή του Chernobyl για την απομάκρυνση του ραδιενεργού στροντίου και καισίου από το έδαφος καθώς και στην περίπτωση της Fukushima, για τον περιορισμό της μόλυνσης.

### **1.4. Παγκόσμια παραγωγή ινών και σπόρων κάνναβης**

Η Ευρώπη αναδείχθηκε πρωταθλήτρια στην παραγωγή σπόρου παγκοσμίως με πιο παραγωγική χώρα την Γαλλία το έτος 2016, ακολούθησαν η Ασία και η Αμερική με πολύ χαμηλότερα ποσοστά παραγωγής. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση κλωστικής κάνναβης ανήλθε περίπου στα 250.000 στρέμματα, με κυρίαρχη χώρα την Γαλλία στην οποία καλλιεργείται το 50% της παραπάνω συνολικής έκτασης. Αξίζει να αναφερθεί ότι την τελευταία πενταετία υπήρξε τριπλασιασμός της καλλιεργήσιμης έκτασης στην Ευρώπη (ΕΙΗΑ). Σε παγκόσμια εμβέλεια η παραγωγή της κλωστικής κάνναβης είναι ευρέως διαδεδομένη, σε τουλάχιστον 30 χώρες μεταξύ των οποίων και η χώρα μας σε Ευρώπη, Ασία και Αμερική, με αυξανόμενους ρυθμούς και προσαρμοσμένο θεσμικό πλαίσιο.

Στον πίνακα 1.3.1, απεικονίζεται η παγκόσμια παραγωγή σπόρου και ίνας καθώς και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις ανά τον κόσμο για την περίοδο 1993 - 2013 (FAOSTAT 2017).

Πίνακας 1.3.1 Παγκόσμια παραγωγή ινών και σπόρων κάνναβης (FAO, 2017)



Πηγή: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.004>

Τη διετία 2010-2011, η παγκόσμια παραγωγή σπόρου κάνναβης παρουσίασε σημαντική μείωση, αλλά τα επόμενα χρόνια και συγκεκριμένα το 2016 η συνολική παγκόσμια έκταση για παραγωγή σπόρου ανήλθε περίπου στα 25.000 εκτάρια με την παραγωγή σπόρου να ξεπερνά τους 90.000 τόνους. Τα ηνία σε παγκόσμιο επίπεδο τα κρατάει η Κίνα που καλύπτει το 80% της παραγωγής κάνναβης σε σύνολο 30 και πλέον χωρών.



Γράφημα 1.3.2 Παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή σε σπόρο τα έτη 2006-2016 (FAOSTAT 2017).

### 1.5. Βοτανική ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση της κλωστικής κάνναβης είναι η παρακάτω:

<b>ΒΑΣΙΛΕΙΟ</b>	Plantae - Plants
<b>ΥΠΟΒΑΣΙΛΕΙΟ</b>	Tracheobionta - Vascular plants
<b>ΥΠΕΡΟΜΟΤΑΞΙΑ</b>	Spermatophyta - Seed plants
<b>ΣΥΝΟΜΟΤΑΞΙΑ</b>	Magnoliophyta - Flowering plants
<b>ΟΜΟΤΑΞΙΑ</b>	Magnoliopsida -Dicotyledons
<b>ΥΦΟΜΟΤΑΞΙΑ</b>	Hamamelididae
<b>ΤΑΞΗ</b>	Urticales
<b>ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ</b>	Cannabaceae Hemp – family
<b>ΓΕΝΟΣ</b>	Cannabis
<b>ΕΙΔΗ</b>	Cannabis sativa L.
Πηγή: USDA ( United States Department of Agriculture) ( <a href="http://hempuniversity.com">hempuniversity.com</a> )	

### 1.6. Μορφολογικά και βοτανικά χαρακτηριστικά

Η κάνναβη είναι ένα ετήσιο δικοτυλήδονο αγγειόσπερμο που ανήκει στην τάξη των Rosales και στην οικογένεια Cannabaceae (Chase, 1998). Σε φυσιολογικές συνθήκες είναι δίοικο, με φυτά που είναι συνήθως λεπτά, ψηλότερα και ανθίζουν νωρίτερα από τα υπεροειδή. Η κάνναβη μπορεί να επικονιαστεί μέσω του ανέμου και τα αρσενικά φυτά πεθαίνουν αφού παράγουν εκατομμύρια κόκκους γύρης. Ένα μικρό ποσοστό μόνοικων φυτών μπορεί να εμφανιστεί φυσικά, ιδιαίτερα σε συνθήκες σύντομης ημέρας (Dempsey, 1975). Οι μόνοικες ποικιλίες έχουν επιλεγεί στην σύγχρονη εποχή

για να μειωθούν τα αγρονομικά προβλήματα που σχετίζονται με τον σεξουαλικό βλαστικό διμορφισμό που εμφανίζεται στις δύοικες ποικιλίες, ιδιαίτερα την έλλειψη αποτελεσματικού μηχανισμού για την συγκομιδή των σπόρων και τη χαμηλότερη ποιότητα ινών και απώλειες απόδοσης που παρουσιάζονται κατά τη συγκομιδή των δύοικων ποικιλιών στην ωριμότητα των σπόρων (Berenji et al., 2013, Faux et al., 2013).

Η κάνναβη περιέχει ένα σύνολο σημαντικών ενώσεων, από φαρμακευτικής πλευράς, όπως είναι τα κανναβινοειδή, τερπενοειδή, φλαβονοειδή αλκαλοειδή κ.α. Τα κανναβινοειδή συνιστούν μια μοναδική κατηγορία τερνοφαινολικών ενώσεων που περιέχονται στα φυτά της κάνναβης. Περισσότερα από 80 κανναβινοειδή έχουν απομονωθεί από την *Cannabis sativa*.



**Εικόνα 2.6** Μορφολογικά και βοτανικά χαρακτηριστικά της κάνναβης ([www.illustratedgarden.org](http://www.illustratedgarden.org))  
 A. Αρσενικό άνθος - Inflorescence of male(staminate) plant, B. Θηλυκό άνθος - Fruiting female(pistillate) plant. 1. Αρσενική ταξιανθία, 2. Ανθήρες και στύλοι, 3. Αρσενικό άνθος, 4. Κόκκοι γύρης, 5. Θηλυκό άνθος με βράκτιο φύλλο, 6. . Θηλυκό άνθος χωρίς βράκτιο φύλλο, 7. Θηλυκό άνθος με εμφανή την ωοθήκη (διαμήκης τομή), 8. Σπόρος : αχάινιο με βράκτιο φύλλο, 9. Σπόρος χωρίς βράκτιο φύλλο, 10. Σπόρος (πλάγια όψη), 11. Σπόρος (διατομή), 12. Σπόρος (διαμήκης τομή), 13. Σπόρος χωρίς περικάρπιο.



Ένας τρόπος διαχωρισμού των ποικιλιών και γενοτύπων κάνναβης βασίζεται στην περιεκτικότητά τους σε κανναβινοειδή (Mechtler et al., 2004). Έχουν περιγραφεί πέντε χημειότυποι ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε THC, CBD και CBG (Πίνακας 1.5.1). Οι δυο πρώτοι θεωρούνται για φαρμακευτική χρήση γιατί έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε THC, ενώ οι άλλοι τρεις χρησιμοποιούνται για βιομηχανική χρήση (Pilluzza et al., 2013). Τα όρια σε THC είναι 0,3% και 0,2% για την Αμερική και Ευρώπη αντίστοιχα.

**Πίνακας 1.5.1 Περιεκτικότητα των κανναβινοειδών στους 5 χημειότυπους κάνναβης**

Χημειότυπος	Αναλογία κανναβινοειδών	
I	THC/CBD>1	THC>0.3% ξ.β CBD<0.5% ξ.β
II	THC/CBD≈1	THC>0.3% ξ.β CBD>0.5% ξ.β
III	THC/CND<1	THC<0.3% ξ.β CBD>0.5%ξ.β
IV	CBG	CBG>0.3% ξ.β CBD<0.5%ξ.β
V	Ολικά κανναβινοειδή <0,2% ξ.β	Μηδενικά κανναβινοειδή

Πηγή, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, Γενική Διεύθυνση Αγροτικής Έρευνας

Η κάνναβη έχει ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικής προσαρμογής, αλλά οι ποικιλίες τείνουν να αποδίδουν καλύτερα στους τομείς ανάπτυξης τους (Dempsey, 1975). Στην κάνναβη μια πολύ σχετική πτυχή της προσαρμογής σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον είναι η ευαισθησία στη φωτοπερίοδο (Amaducci et al., 2012). Σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό της απόδοσης της κάνναβης είναι ο χρόνος ανθοφορίας, τόσο από πλευράς ποσότητας (Vander Werf et al., 1996, Struik et al., 2000) όσο και από πλευράς ποιότητας (Keller et al., 2005, Amaducci et al., 2008).

Η κάνναβη είναι ένα φυτό μικρής ημέρας (Heslop-Harrison, 1969) και η κρίσιμη φωτοπερίοδος του, που σύμφωνα με τους Hadley et al., 1984, είναι η διάρκεια της ημέρας κατά την οποία η καλλιέργεια προκαλείται να ανθίσει, εάν έχει ικανοποιηθεί η φάση βασικής βλαστικής ανάπτυξης (BVP), αντιστοιχεί σε 14 ώρες (Amaducci et al., 2012, Lisson et al., 2000).

### 1.6.1. Ριζικό σύστημα



Εικόνα 1.5.1.1 Ριζικό σύστημα κάνναβης

Το ριζικό σύστημα της κάνναβης είναι πασσαλώδες με αρκετά πλευρικά ριζίδια να επεκτείνονται. Το βάθος της ρίζας της κάνναβης μπορεί να φτάσει ως και τα δυο μέτρα αναλόγως τον τύπο του εδάφους που καλλιεργείται και αποτελεί το 1/10 του στελέχους. Οι πλευρικές ρίζες μπορούν να φτάσουν σε βάθος 80cm και εκφύονται από το ανώτερο τμήμα της κύριας ρίζας (Hayward, 1951, Clarke, 1981). Σε συμπαγή εδάφη τα οποία μπορεί να είναι και αργιλώδη με κακή στράγγιση, το ριζικό σύστημα μπορεί να παραμείνει κοντό αλλά με πολλές πλευρικές ρίζες (Haney & Kutschoid, 1975).

Οι ρίζες της κάνναβης είναι γνωστό ότι περιέχουν σημαντικές ποσότητες πεντακυκλικών τριτερπενοειδών (Ryzetal., 2017). Τα φυσικά απαντώμενα τριτερπενοειδή περιγράφονται ως θεραπευτικής αξίας λόγω των αντικαρκινικών, αντιφλεγμονωδών και αντικών δράσεων τους (Dzubak et al., 2006).

### 1.6.2. Κεντρικό στέλεχος κάνναβης



Εικόνα 1.5.3.1 Εγκάρσια τομή βλαστού κάνναβης

Κύριο χαρακτηριστικό του κεντρικού βλαστού της κάνναβης είναι η παροχή σταθερότητας και υποστήριξης του φυτού, καθώς και η μεταφορά θρεπτικών στοιχείων. Το μήκος του βλαστού μπορεί να κυμαίνεται από 0.2 έως 6 μέτρα, με τον μέσο όρο να κυμαίνεται στα 3 μέτρα. Το στέλεχος είναι κυλινδρικό, γωνιώδες και φέρει τριχίδια (Stearnn, 1970). Στην εικόνα 1.5.2.1 απεικονίζεται εγκάρσια τομή του βλαστού και διακρίνονται από την περιφέρεια προς το κέντρο 3 δακτύλιοι: ο φλοιός (περιλαμβάνονται οι ίνες), το ξύλο και η

εντεριώνη. Ο φλοιός αποτελείται από έξω προς τα μέσα από την επιδερμίδα, το περικύκλιο και την βίβλο. Στον κεντρικό άξονα του στελέχους υπάρχει συνήθως κενός κυλινδρικός χώρος, η ύπαρξη του οποίου διευκολύνει την σύνθλιψη του και την εξαγωγή ινών (Παπαδόπουλος, 1959).

### 1.6.3. Σπόρος

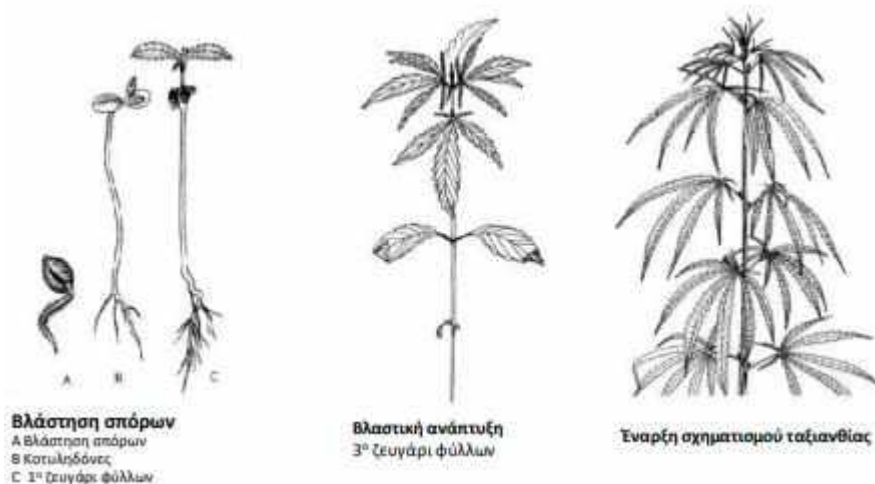
Ο σπόρος της κάνναβης είναι λείας επιφάνειας και χρώματος ανοιχτού καφέ και είναι αχάινιο. Οι σπόροι των μόνοικων ποικιλιών είναι συνήθως μικρότεροι σε μέγεθος από αυτούς των δίοικων (Bosca and Karus, 1998), το βάρος χιλίων σπόρων ποικίλλει από 6 - 70γρ. ενώ η βλαστικότητα των σπόρων επηρεάζεται θετικά από τις χαμηλές θερμοκρασίες και την χαμηλή υγρασία που παρατείνουν την μακροζωία αυτών (Haney and Kutscheid, 1975). Αντίθετα, η βλαστικότητα των σπόρων μειώνεται όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες δωματίου σε βάθος χρόνου δυο ετών με 70 - 80% σχετική υγρασία. Στις εξημερωμένες ποικιλίες κάνναβης ο λήθαργος έχει περιοριστεί ώστε οι σπόροι να βλαστάνουν αμέσως και ομοιόμορφα (Small, 2015). Για την βλάστηση του σπόρου απαιτούνται 3 - 7 ημέρες για την έκπτυξη του ριζιδίου με ιδανική θερμοκρασία βλάστησης τους 24°C.

### 1.6.4. Ταξιανθίες και φύλλα

Τα φύλλα είναι περίπου 6-11 εκ. σε μήκος και 2-15 εκ. σε πλάτος. Οι κοτυληδόνες είναι άνισες και τα πρώτα πραγματικά φύλλα είναι απλά ενώ τα επόμενα σύνθετα (Small, 2017). Οι ομοαξονικές και οριζόντιες επιφάνειες των φύλλων είναι πράσινες,

με διάσπαρτα ρητινώδη τριχώματα. Οι ταξιανθίες αποτελούνται από πολυάριθμες κεφαλές ανθών που βρίσκονται σε μακριούς και φυλλώδεις μίσχους. Οι στήμονες αποτελούνται από 5 ανοιχτοπράσινα τριχωτά σέπαλα, μήκους 2.5-4 χιλ. και 5 πεταλοειδής στήμονες με λεπτές ίνες. Ο ύπερος είναι άμισχος και σε ζεύγη, ενώ ο στύλος είναι βραχύς και φέρει δυο επιμήκη νηματοειδή στίγματα, προεξέχοντα από το περιάνθιο και τα βράκτια, μήκους 2-6 χιλ. (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013). Το άνθος περιβάλλεται από βράκτια φύλλα που φέρουν αδενώδη τριχίδια που εκκρίνουν κανναβινοειδή.

### 1.6.5. Βιολογικός κύκλος



Εικόνα 1.6.5 Τα τρία πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού της κάνναβης

Τα βασικά στάδια της κάνναβης είναι τέσσερα : 1) βλάστηση σπόρων και εμφάνιση σπορόφυτων, 2) βλαστική ανάπτυξη, 3) ανθοφορία και ωρίμανση φύλλων, 4) γηρασμός. Η βλαστική ανάπτυξη διαιρείται σε τρεις επιμέρους φάσεις, α) νεανική φάση (BVP), φωτοευαίσθητη φάση (PIP) και φάση ανάπτυξης ανθέων (FDP), (Amaducci et al., 2008, Lisson et al., 2000). Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται για την παραγωγή ινών έχουν βιολογικό κύκλο 4-5 μήνες (Cherniak, 1982). Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται για παραγωγή ινών έχουν μικρότερο κύκλο σε σχέση με αυτές που προορίζονται για σπόρο.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν τον βιολογικό κύκλο της κάνναβης αρκετά, πιο συγκεκριμένα οι πρώιμες καλλιέργειες επωφελούνται από θερμές και λιγότερο υγρές συνθήκες ενώ ο βιολογικός κύκλος μεγαλώνει αν υπάρχουν βροχές το καλοκαίρι. Στο στάδιο της ανθοφορίας και κατά την πλήρη άνθηση, τα αρσενικά

άνθη διασπείρουν γύρη στα θηλυκά άνθη με αποτέλεσμα να συνυπάρχουν γονιμοποιημένα θηλυκά άνθη και αγονιμοποίητα με λευκούς στύλους (Sengbusch, 1952).

Κατά τον Anon (1972), ο χρόνος ωρίμανσης κυμαίνεται από 2 - 10 μήνες, η συγκομιδή ξεκινάει από μέσα Σεπτέμβρη και καταλήγει έως τα μέσα Οκτώβρη (Haney & Bazzar, 1970).

### **1.6.6. Λίπανση**

Τα θρεπτικά στοιχεία που εφαρμόζονται κατά την διάρκεια λίπανσης της κλωστικής κάνναβης δρουν θετικά στη καλλιέργεια σε συνάρτηση με την σωστή ποσότητα που πρέπει να εφαρμοστεί και φυσικά με συνδυασμό πολλών παραμέτρων. Για την επιλογή του κατάλληλου λιπάσματος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο τύπος και η ποσότητα των θρεπτικών ουσιών, η διαθεσιμότητα αυτών στο έδαφος, η ποικιλία, η αμειψισπορά και η επίδραση της προσφοράς θρεπτικών ουσιών στην απόδοση και ποιότητα των φυτών (Vander Werf et al., 1991). Τα κύρια θρεπτικά μακροστοιχεία που επηρεάζουν θετικά σε απόδοση και αντοχή το φυτό της κάνναβης είναι το άζωτο, το κάλιο και ο φώσφορος αλλά και τα ιχνοστοιχεία μαγνήσιο, ψευδάργυρος, σίδηρος, μαγγάνιο και ασβέστιο.

#### **1.6.6.1. Άζωτο**

Κάθε ποικιλία κλωστικής κάνναβης ανταποκρίνεται διαφορετικά σε αζωτούχα λίπανση παρόλο τη χρησιμότητα και αναγκαιότητα αυτής στα φυτά (Vera et al., 2004). Η εντός ορίου αζωτούχος λίπανση έχει θετική επίδραση τόσο στην απόδοση σε παραγωγή ίνας όσο και σε αυτή για καρπό (Aubin et al., 2015). Η έλλειψη αζώτου στα φυτά κάνναβης επηρεάζει τη βλαστική ανάπτυξη καθώς η κάνναβη θεωρείται νιτρόφιλη, επίσης επηρεάζονται τα στελέχη με μικρού μήκους ανάπτυξη και μικρή περιεκτικότητα σε ίνες. Η υπερεπάρκεια αζωτούχας λίπανσης δημιουργεί προβλήματα καθώς καθυστερείται η ξήρανση του υπέργειου τμήματος με προβλήματα κατά την συγκομιδή και την επεξεργασία της ίνας (Tang et al., 2017).



Εικόνα 1.6.6.1 Τροφοπενία Αζώτου

### 1.6.6.2. Φώσφορος

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν κατά την καλλιέργεια φυτών κάνναβης επηρεάζουν την ανταπόκριση του φυτού στην λίπανση φωσφόρου (Vera et al., 2004). Ο φώσφορος συγκεντρώνεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στον καρπό σε αντίθεση με άλλα στοιχεία που έχουν διαφορετική κατανομή στο φυτό ([www.gov.mb.ca](http://www.gov.mb.ca)). Παρόλα ταύτα, ο φώσφορος δεν θεωρείται το ίδιο απαραίτητος όπως το άζωτο και το κάλιο αλλά χωρίς την παρουσία του η βέλτιστη επίδραση του αζώτου στις αποδόσεις δεν θα ήταν εφικτή. Η επίδραση του φωσφορούχου λίπανσης δεν παρατηρήθηκε να επιδρά στατιστικώς σημαντικά στην αύξηση των αποδόσεων σε καρπό και βιομάζα για συγκεκριμένες ποικιλίες που μελετήθηκαν (Aubin, 2015).

### 1.6.6.3. Κάλιο

Σε αντίθεση με την αζωτούχο λίπανση, η κάνναβη φαίνεται να έχει χαμηλές απαιτήσεις σε κάλιο, παρόλα αυτά η έλλειψη καλίου προκαλεί αναστολή ανάπτυξης και εμφάνιση ερυθρών κηλίδων στα φυτά. Η ποσότητα του καλίου που θα προστεθεί εξαρτάται από τα επίπεδα καλίου στο έδαφος και από τον τύπο του εδάφους. Μελέτες υποστηρίζουν ότι χρειάζονται από 175 kg/ha (Neeman, 1969) ως 234 kg/ha (Inányi and Izsáki, 1996) κατά προσέγγιση, σε εδάφη μέτριας περιεκτικότητας σε κάλιο (70 mg/L) λίπανση 65 kg/L θεωρείται επαρκής αν τα υπολείμματα της καλλιέργειας, πλην του βλαστού παραμείνουν στο έδαφος δεδομένου ότι το 70-75% του καλίου συγκεντρώνεται στο βλαστό.

#### 1.6.6.4. Λοιπά θρεπτικά συστατικά

Παρακάτω στον πίνακα παρουσιάζονται οι απαιτήσεις του φυτού σε ιχνοστοιχεία:

Πίνακας 1.6.6.4 Απαιτήσεις της κάνναβης σε θρεπτικά συστατικά.

Ασβέστιο(Ca)	2,4 - 3%
Μαγνήσιο(Mg)	0,6 - 0,8%
Σίδηρος(Fe)	65- 100 mg/kg
Χαλκός(Cu)	2 - 5 mg/kg
Μαγγάνιο(Mn)	85 - 130 mg/kg
Ψευδάργυρος(Zn)	25 - 40 mg/kg

#### 1.6.7. Ποικιλίες

Οι ποικιλίες κλωστικής κάνναβης που καλλιεργούνται για απόδοση ίνας ή σπόρου πρέπει να είναι εγγεγραμμένες στον κοινοτικό κατάλογο και κατά κύριο λόγο προέρχονται από τις παρακάτω 12 χώρες: Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία, Ελβετία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Ιταλία, Πολωνία, Ρουμανία, Φιλανδία και Τσεχία. Το σύνολο των ποικιλιών ανέρχεται στις 52 κατά το έτος 2015 και παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 1.6.7.1. Η σπορά των εκτάσεων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κάνναβης του είδους *Cannabis sativa L.* πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με χρήση πιστοποιημένου σπόρου ποικιλιών των οποίων η περιεκτικότητα σε THC δεν υπερβαίνει το Ευρωπαϊκό όριο του 0,2% και είναι εγγεγραμμένες στο Εθνικό ή Κοινοτικό Κατάλογο Ποικιλιών γεωργικών ειδών. Η κάνναβη είναι πολύ ευαίσθητη στις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η διάρκεια ημέρας και η θερμοκρασία, επομένως η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας εξαρτάται από τις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και το είδος του τελικού προϊόντος που θα παραχθεί. Αξίζει να αναφερθεί ποικιλίες που προέρχονται από βόρειες περιοχές της Ευρώπης, ανθίζουν πρωιμότερα σε νοτιότερες περιοχές (Angelini et al., 2016). Αξίζει να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει αύξηση της ζήτησης ποικιλιών με αυξημένη περιεκτικότητα σε CBD και CBG που αποτελούν και το 50% του τζίρου των προϊόντων κάνναβης (Skoczinski et al., 2021). Στον πίνακα 1.6.7.2, αποτυπώνονται τα χαρακτηριστικά ποικιλιών που αξιολογήθηκαν με βάση τον βλαστικό τους κύκλο, την χώρα προέλευσης τις αποδόσεις τους και τις χρήσεις τους.

Πίνακας 1.6.7.1 Ποικιλίες *Cannabis sativa* L..

α/α	Ποικιλία <i>Cannabis sativa</i> L.	Χώρα προέλευσης
1	Antal	Τσεχία
2	Armanca	Ρουμανία
3	Beniko	Αυστρία, Ελβετία, Ολλανδία, Τσεχία, Πολωνία
4	Bialobrzeskie	Αυστρία, Τσεχία, Πολωνία
5	Biatobrzeskie	Αυστρία, Τσεχία, Πολωνία
6	CS	Ιταλία
7	Cannacomp	Ουγγαρία
8	Carma	Ιταλία
9	Carmagnole	Ιταλία
10	Chamaeleon	Ολλανδία
11	Codimono	Ιταλία
12	Dacia Secuieni	Ρουμανία
13	Delta 405	Ισπανία
14	Delta llosa	Ισπανία
15	Denise	Ρουμανία
16	Diana	Ρουμανία
17	Dioica 88	Γαλλία
18	Epsilon 68	Γαλλία
19	Fedora 17	Ελβετία, Γαλλία
20	Felina	Γαλλία
21	Ferimon	Γαλλία, Γερμανία
22	Fibranova	Ιταλία
23	Fibrol	Ουγγαρία
24	Finola	Φιλανδία
25	Futura 75	Γαλλία
26	Ferimon	Γερμανία, Γαλλία
27	Ivory	Ολλανδία
28	KC Dora	Ουγγαρία
29	KC Virtus	Ουγγαρία
30	KC Zuzana	Ουγγαρία
31	Kompoliti	Αυστρία, Ελβετία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ολλανδία
32	Kompoliti hybrid TC	Ουγγαρία
33	Lipko	Ουγγαρία
34	Lovrin 110	Ελβετία, Γερμανία, Ολλανδία
35	Marcello	Ολλανδία
36	Markant	Ολλανδία
37	Monoica	Τσεχία, Ουγγαρία
38	Rajan	Πολωνία
39	Sanhica 23	Γαλλία
40	Sanhica 27	Γαλλία
41	Sanhica 70	Γαλλία
42	Secuieni Jubileu	Ρουμανία
43	Silvana	Ρουμανία
44	Szarvasi	Ουγγαρία
45	Tiborszallasi	Ουγγαρία, Τσεχία
46	Tisza	Ιταλία
47	Tigra	Πολωνία
48	Uniko B	Τσεχία, Ουγγαρία
49	Uso 31	Τσεχία, Ολλανδία
50	Wielkopolskie	Πολωνία
51	Wojko	Πολωνία
52	Zenit	Ρουμανία



**Πίνακας 1.6.7.2 Χαρακτηριστικά των υπό αξιολόγηση ποικιλιών για το 2016 στο Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ.**

Ποικιλία	Χώρα προέλευσης	Βλαστικός κύκλος	Ύψος στην ωριμότητα (cm)	Απόδοση σε σπόρο (kg/ha)	Περιεκτικότητα σπόρου σε λάδι (%)	Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (t/ha)	Περιεκτικότητα βλαστών σε ίνες (%)	Περιεκτικότητα σε THC (%)	Περιεκτικότητα σε CBD (%)	Προτεινόμενη χρήση
Tygra	Πολωνία	Μέσος < 135 μέρες	200-250	1000-1200	30-32	10-12	26-30	<0,04	0,5-1,0	Σπόρος, Ίνα
Bialobrzeskie	Πολωνία	Μέσος < 135 μέρες	200-250	800-1000	30-32	10-12	26-30	<0,04	0,5-1,0	Σπόρος, Ίνα
Santhica 27	Γαλλία	Μέσος < 135 μέρες	200-250	1000-1200	<26	10-12	>35	<0,01	<0,5	Σπόρος, Ίνα
Fellina 32	Γαλλία	Μέσος < 135 μέρες	200-250	>1200	30-32	10-12	30-35	<0,07	1,0-2,0	Σπόρος, Ίνα
Fedora 17	Γαλλία	Μέσος < 135 μέρες	200-250	>1200	30-32	10-12	30-35	<0,07	1,0-2,0	Σπόρος, Ίνα
Futura 75	Γαλλία	Μέσος < 150 μέρες	250-350	1000-1200	28-30	12-15	30-35	<0,07	1,0-2,0	Σπόρος, Ίνα

### 1.7.Vermicompost

Το Vermicompost είναι η διαδικασία κομποστοποίησης με χρήση γαιοσκωλήκων και άλλων μικροοργανισμών. Είναι μια οξειδωτική διαδικασία (με αέρα) που καταλήγει στη σταθεροποίηση της οργανικής ύλης. Το τελικό προϊόν είναι η οργανική ύλη όπως συμβαίνει και σε ένα ολοκληρωμένο κόμποστ, αλλά η κύρια διαφορά είναι ότι η διαδικασία λαμβάνει χώρα από τους γαιοσκώληκες με την βοήθεια μικροοργανισμών (Lazcano et al., 2008).

Κατά την διαδικασία, τα αδιάλυτα μέταλλα διαλυτοποιούνται και διατίθενται στα φυτά όταν γίνεται η ενσωμάτωση του Vermicompost στο έδαφος. Επίσης, άλλες πολύπλοκες οργανικές ενώσεις όπως η κυτταρίνη, αποικοδομούνται μερικώς σε απλές ενώσεις από βακτήρια στην πεπτική οδό του γαιοσκώληκα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαθεσιμότητα του αζώτου (N).

Το *Eisenia foetida* με κοινή ονομασία «κόκκινος γαιοσκώληκας της Καλιφόρνιας» είναι το ευρέως χρησιμοποιούμενο είδος γαιοσκώληκα για την παραγωγή vermicompost. Ο τρόπος που τρέφεται καθώς κάθε 24 ώρες τρώει τροφή ισοδύναμη με το βάρος του σε συνδυασμό με τις πηγές όπου προμηθεύεται την νωπή ή σε διαφορετικά στάδια αποσύνθεσης τροφή του (ζωική, φυτική ή μικτή οργανική ύλη) το καθιστούν ιδιαίτερο είδος ως προς την παραγωγή βιομάζας και κοπριάς.

Οι ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία που θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 19-25 °C , η υγρασία σε ποσοστό 80%, το pH μεταξύ 6,5-7,5 και ο χαμηλός φωτισμός παράλληλα με τις απαιτήσεις του σε τροφή από υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης είναι ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την

επιβίωση του.

Το σώμα του γαιοσκώληκα μοιάζει με μια αλυσίδα από δακτυλίδια όπου το μεγαλύτερο δακτυλίδι που λέγεται «clitellum» περιέχει τα αναπαραγωγικά όργανα, παρόλο που είναι ερμαφρόδιτος απαιτούνται δυο άτομα για την αναπαραγωγή. Τα δυο άτομα παράγουν αυγά που λέγονται «Cocoons» και έχουν σχήμα λεμονιού και διάφανη εμφάνιση στην αρχή η οποία αλλάζει σε καφέ όσο ο γαιοσκώληκας αναπτύσσεται. Τα κουκούλια είναι ορατά με γυμνό μάτι, κάθε κουκούλι περιέχει από 2-12 γαιοσκώληκες που ολοκληρώνονται μετά από 21 ημέρες. Ο νέος γαιοσκώληκας έχει μήκος 1 mm και ξεκινά την αναπαραγωγική περίοδο στους 3-4 μήνες όταν ενηλικιωθεί και είναι αναπαραγωγικά ώριμος. Το μέγεθος του εκείνη την χρονική στιγμή είναι στα 3 εκατοστά. Η τελική μορφή ενός γαιοσκώληκα διαμορφώνεται στους 7 μήνες περίπου, με το τελικό βάρος του να είναι 1 γραμμάριο και το αντίστοιχο μήκος 7-8 εκατοστά, ο μέσος όρος ζωής ενός γαιοσκώληκα είναι 10 χρόνια (εικόνα 1.7.1).



Εικόνα 1.7.1 Κύκλος ζωής γαιοσκώληκα (πηγή M.M. Martinez, CATA-USM, Chile)

Συνοπτικά, για την δημιουργία vermicompost όλα τα παραπάνω αποτελούν βασικές παραμέτρους, δηλαδή απαραίτητες διαδικασίες όπως ο χώρος που θα αναπτύσσονται οι γαιοσκώληκες, η τροφή τους, οι γόνιμοι και τέλος οι κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες.



Εικόνα 1.7.2. Δοχεία οικιακής παραγωγής vermicompost

Για την παραγωγή vermicompost είναι απαραίτητο να υπάρχει εξαρχής ένας απομονωμένος χώρος , ο οποίος θα είναι οριοθετημένος είτε με κάποια κατασκευή είτε θα αποτελείται από δοχεία συγκεκριμένων διαστάσεων. Στη συνέχεια το υλικό που θα κομποστοποιηθεί, ο γόνος και οι κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες (Πίνακας 1.7.1) αποτελούν τις κύριες παραμέτρους για την επιτυχημένη παραγωγή vermicompost.

Πίνακας 1.7.1 Περιβαλλοντικές συνθήκες

Παράμετρος	Ιδανικές συνθήκες
Υγρασία (%)	70 -80%, αυτές είναι οι μέγιστες τιμές καθώς ο γαιοσκώληκας αναπνέει μέσω του δέρματος και μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας μπορεί να εμποδίσουν την αναπνοή.
Θερμοκρασία (°C)	20 - 30 °C
pH	5 - 8.5, πρέπει να ελέγχεται πριν το τάϊσμα του γαιοσκώληκα.
Φωτισμός	Ο γαιοσκώληκας έχει ευαισθησία στο φωτισμό, οπότε προτιμάται πάντα ένα σκοτεινό περιβάλλον.

Ορισμένα υλικά ή και κατηγορίες υλικών που μπορούν να προστεθούν στο vermicompost είναι τα ακόλουθα: κοπριά, χαρτί (άβαφο), φρούτα και λαχανικά, τσόφλι αυγών, υλικά από κλάδεμα, άχυρο, απόβλητα καλλιεργειών, υπολείμματα καφέ, σπόροι δημητριακών. Επίσης μπορούν να προστεθούν βιοστερεά από οικιακά λύματα (Lotzof, 2012).



Αναλυτικά, σε ότι έχει να κάνει με τον χώρο παραγωγής του vermicompost, υπάρχουν διαφορετικές επιλογές, μεγέθη και ποιότητα δοχείων για την καλλιέργεια γαιοσκωλήκων (εικόνα 1.7.3). Για την εύκολη τροφοδοσία

και οπτικοποίηση τα δοχεία θα πρέπει να είναι ανοιχτά και συνήθως κατασκευασμένα από ξύλο. Συνήθως οι γαιοσκώληκες σκάβουν βαθιά στο υπόστρωμα για να αναζητήσουν την τροφή τους, αλλά δεν ξεπερνούν τα 40 εκ. σε βάθος (Schuldt et al., 2007) επομένως ο συγκεκριμένος χώρος θα πρέπει να έχει πλάτος ως 1 μ. και βάθος 50-60 εκ., και με μήκος να ποικίλει ανάλογα των δυνατοτήτων της έκτασης.

Ο χώρος θα πρέπει να προστατεύεται από το ηλιακό φως, τη βροχή και τις ακραίες θερμοκρασίες σε περιόδους παγετού ή και κατά την διάρκεια του χειμώνα.

### **1.7.1. Συγκομιδή vermicompost**

Η συγκομιδή του ώριμου vermicompost εξαρτάται από το σύστημα παραγωγής και το μέγεθος της μονάδας. Για να αφαιρεθεί το έτοιμο υλικό θα πρέπει με κάποιο τρόπο να απομακρυνθούν οι γαιοσκώληκες ή καλύτερα να μεταφερθούν σε άλλο σημείο. Σε μικρότερη κλίμακα παραγωγής vermicompost, η διαδικασία που ακολουθείτε είναι απλή αλλά αρκετά αποτελεσματική καθώς σταματάμε την παροχή τροφής στους γαιοσκώληκες για 8-10 μέρες. Έπειτα τοποθετούμε νέα τροφή στο ένα άκρο του συστήματος για να προσελκύσουμε τους γαιοσκώληκες με αποτέλεσμα να μεταφέρονται και να μπορεί να συλλεχθεί το ήδη έτοιμο υλικό.

Κατά την διαδικασία οι νεοεκκολαφθέντες γαιοσκώληκες και τα νέα κουκούλια αφήνονται στο vermicompost, ώστε να μην ανακτώνται. Το υλικό που λαμβάνεται μπορεί να κοσκινιστεί για να ομογενοποιηθεί ως προς το μέγεθος αλλά και να στεγνώσει, έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί και αργότερα να εφαρμοστεί στο έδαφος. Το vermicompost είναι πιο σταθερό από άλλου είδους κόμποστ και περιέχει περισσότερα χουμικά και φουλβικά οξέα (Πίνακας 1.6.1.1).

**Πίνακας 1.7.1 Χημικές ιδιότητες του vermicompost**

<b>Φουλβικό οξύ</b>	<b>14 - 30%</b>
<b>Χουμικά οξέα</b>	<b>2.8 - 5.8%</b>
<b>Νάτριο</b>	<b>0.02%</b>
<b>Χαλκός</b>	<b>0.05%</b>
<b>Σίδηρος</b>	<b>0.02%</b>
<b>Μαγγάνιο</b>	<b>0.006%</b>
<b>Σχέση C:N</b>	<b>10 - 11%</b>

Τέλος, το vermicompost, όπως και το κόμποστ βελτιώνει τη δομή του εδάφους, αυξάνει την κατακράτηση νερού, παρέχει στο έδαφος ωφέλιμους μικροοργανισμούς επιπλέον άλλων ενζύμων που εμπλέκονται στο μετασχηματισμό της οργανικής ύλης.

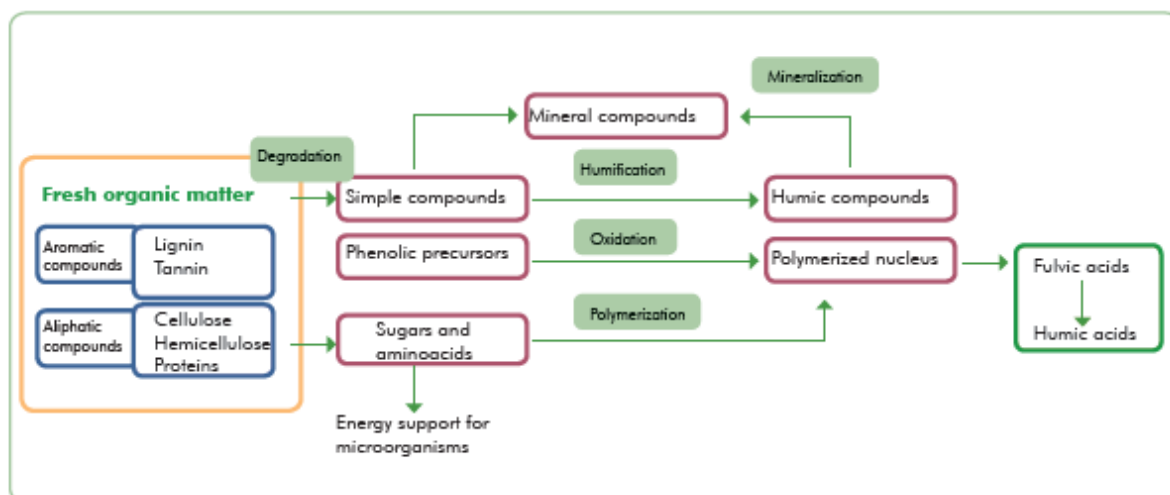
### **1.8.Οργανική ουσία**

Η οργανική ουσία είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά του εδάφους. Αν και το θεωρούμε ως μια ενιαία ένωση, η σύνθεσή της είναι αρκετά διαφορετική αφού είναι αποτέλεσμα της αποσύνθεσης ζώων, φυτών και μικροοργανισμών στο έδαφος ή σε υλικά εκτός αγροκτήματος.

Ως οργανική ουσία του εδάφους ορίζεται οποιαδήποτε ύλη ζωικής ή φυτικής προέλευσης που επιστρέφεται στο έδαφος μετά από μια διαδικασία αποσύνθεσης που περιλαμβάνει μικροοργανισμούς. Περιλαμβάνονται φύλλα, νεκρές ρίζες, εκκρίσεις, κοπριά, ούρα, φτερά, τρίχες, οστά και σάρκα, αλλά και μικροοργανισμοί όπως βακτήρια, μύκητες και νηματώδεις που παρέχουν στο έδαφος οργανικές συστατικά ή και τα δικά τους κύτταρα όταν πλέον είναι νεκρά.

Αυτά τα υλικά μπαίνουν σε μία διαδικασία αποσύνθεσης και ανοργανοποίησης, αλλάζοντας την οργανική μορφή, σαν ζώντα όντα, στην ανόργανη μορφή της (ανόργανα, διαλυτά ή αδιάλυτα). Αυτά τα ανόργανα συστατικά ρέουν μέσω του εδαφικού διαλύματος και τελικά χρησιμοποιούνται από φυτά και μικροοργανισμούς ή σταθεροποιούνται μέσω της διαδικασίας της χουμοποίησης, σε χούμο.

Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε ένα σωρό από κόμποστ. Στο έδαφος, η οργανική ουσία που αποτελείται από σύνθετα σάκχαρα (λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, άμυλο) και πρωτεΐνες (που υπάρχουν ιδιαίτερα στα ζωικά απόβλητα), προσβάλλεται από μικροοργανισμούς και μέσω της αποσύνθεσης σχηματίζονται ακόμα περισσότεροι μικροοργανισμοί.



Εικόνα 1.7.1 Σχηματική εξέλιξη της οργανικής ύλης στο έδαφος (Ribo, 2004).

Αυτή η διαδικασία παράγει επίσης βιομάζα, θερμότητα, νερό και περισσότερη αποσυντεθειμένη οργανική ύλη. Ωστόσο, δεν γίνεται αναφορά στην κομποστοποίηση στο έδαφος γιατί η διαδικασία μπορεί να συμβεί υπό αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες (όπως καλλιέργειες ρυζιού υπό πλημμύρα) και οι τυπικές φάσεις θέρμανσης (ή θερμόφιλες ή αποχετευτικές) δεν υφίσταται. Συνεπώς οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο χωράφι όπως η κοπριά βοοειδών (όταν εφαρμόζεται φρέσκια και χωρίς να ενσωματωθεί) τα αυγά και οι κύστες των παρασίτων παραμένουν.

Η οργανική ουσία μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος :

- φρέσκια, ως κοπριά στον ίδιο χώρο
- σε ξηρή μορφή, ως σάπια φύλλα ή νεκρή κάλυψη από φυτικά απόβλητα (άχυρο)
- επεξεργασμένη, είτε ως κόμποστ, κόμποστ από γαιοσκώληκες είτε σε σταθερή μορφή (π.χ. κοπριά).

Μόλις αυτές οι ουσίες φτάσουν στο μέγιστο βαθμό αποσύνθεσης, παραμένουν στο έδαφος σχηματίζοντας σύμπλοκα άνθρακα, εξαιρετικά σταθερό και αργά αποικοδομούμενο, δημιουργώντας ένα υλικό που καλείται χούμος. Εκείνη την περίοδο, υφίσταται η πιο σταθεροποιημένη ύλη όπως τα χουμικά και φουλβικά οξέα, που έχουν υποστεί μια διαδικασία ανοργανοποίησης, περιλαμβανομένου μικροοργανισμών και διαδικασίας χουμοποίησης.

Οι χουμικές ουσίες που αποτελούν μέρος της οργανικής ύλης σχηματίζονται με χημική και βιολογική αποδόμηση, των φυτικών και ζωικών αποβλήτων και σύνθετων δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από μικροοργανισμούς του εδάφους.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη κυμαίνεται μεταξύ 2-8 γραμμαρίων οργανικής ύλης ανά κιλό εδάφους. Η πρώτη τιμή αντιστοιχεί σε ερήμους και η δεύτερη σε τυρφώνες, καθώς είναι κοινός σε ανόργανα εδάφη που περιέχουν το πολύ μεταξύ 10 και 40 γραμμάρια οργανικής ύλης ανά κιλό εδάφους στην επιφανειακή περιοχή τους (Magdoff and Weil, 2004). Ωστόσο η ποσότητα της οργανικής ύλης δεν εξαρτάται μόνο από τους μικροοργανισμούς του εδάφους αλλά και από τον τύπο του εδάφους, τη βλάστηση, τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η υγρασία και η θερμοκρασία.

Αύξηση των βροχοπτώσεων ή της άρδευσης υπό συνθήκες μέσης θερμοκρασίας ευνοούν τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούν περισσότερη οργανική ύλη με αποτέλεσμα η αποσύνθεση να συνεχίζεται. Επομένως, η εφαρμογή οργανικής ύλης στα εδάφη πρέπει να αποτελεί μόνιμη πρακτική, λαμβάνοντας υπόψη, όχι μόνο την αύξηση του ποσοστού της οργανικής ύλης ή τη διατροφή των μικροοργανισμών του εδάφους, αλλά και τα πολύπλευρα οφέλη για το έδαφος.

**Πίνακας 1.7.1 Οφέλη κομποστοποίησης**

Βελτίωση φυσικών ιδιοτήτων	Βελτίωση χημικών ιδιοτήτων	Βελτίωση βιολογικής δραστηριότητας
Διευκόλυνση της διαχείρισης του εδάφους για όργωμα ή σπορά	Πηγή μακροθρεπτικών συστατικών όπως N,P,K αλλά και μικροθρεπτικών συστατικών.	Παροχή μικροοργανισμών(βακτήρια, μύκητες)ικανούς να μετατρέψουν την αδιάλυτη ύλη σε θρεπτικά συστατικά
Αύξηση ικανότητας συγκράτησης της υγρασίας του εδάφους	Βελτίωση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων	Αποδόμηση των επιβλαβών ουσιών μέσω μικροοργανισμών(βακτήρια, μύκητες)
Μείωση του κινδύνου διάβρωσης		Βελτίωση των συνθηκών του εδάφους και παροχή άνθρακα για την διατήρηση της βιοποικιλότητας ( γαιοσκώληκες)
Βοηθά στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους (εδαφική θερμοκρασία)		
Μείωση της εξάτμισης του νερού και ρύθμιση της υγρασίας		

Επιπλέον, κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης υπάρχει μείωση της κακοσμίας από τη σήψη και εξάλειψη των νεκρών εντόμων και αρουραίων. Επίσης, έχει μεγάλη συνεισφορά στην εξάλειψη των παθογόνων που επηρεάζουν τον άνθρωπο, όπως τα βακτήρια που μολύνουν τα τρόφιμα, αλλά και σπόρους ζιζανίων και άλλα ανεπιθύμητα φυτά.

### 1.9. Διαδικασία κομποστοποίησης

Ένα από τα βασικά περιβαλλοντικά προβλήματα των εκμεταλλεύσεων είναι τα οργανικά απόβλητα, προερχόμενα από το κλάδεμα, τη συγκομιδή (κατά την διάρκεια αυτής αλλά και μετά το τέλος), την κοπριά, τα χόρτα, τους πεσμένους καρπούς κ.ά. Στη σημερινή εποχή η κοινή πρακτική διαχείρισης αυτών των αποβλήτων έχει να κάνει με την έλλειψη χώρου ή χρόνου αλλά και άγνοιας αυτών που τα διαχειρίζονται. Το κάψιμο, θάψιμο ή εγκατάλειψη αυτών στο ύπαιθρο μέχρι να σαπίσουν είναι ορισμένες από τις πρακτικές που λανθασμένα χρησιμοποιούνται.

Η κομποστοποίηση παρέχει την ευκαιρία να μετατραπούν με ασφάλεια τα οργανικά απόβλητα σε εφόδια για την αγροτική παραγωγή. Η κομποστοποίηση ορίζεται ως το μείγμα οργανικής ύλης που αφομοιώνεται αερόβια και χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της δομής του εδάφους αλλά και την παροχή θρεπτικών ουσιών (FAO, Term Portal, FAOTERM).

Ωστόσο, δεν λαμβάνονται υπόψη όλα τα υλικά που έχουν μεταμορφωθεί αερόβια ως κόμποστ. Η διαδικασία κομποστοποίησης περιλαμβάνει διάφορες φάσεις που πρέπει να εκπληρωθούν έτσι ώστε να ληφθεί ένα ποιοτικό κόμποστ. Η χρήση υλικού που δεν έχει ολοκλήρωση επιτυχώς την διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να οδηγήσει στους παρακάτω κινδύνους:

- **Φυτοτοξικότητα.** Σε ένα υλικό που δεν έχει ολοκληρώσει επαρκώς η διαδικασία της κομποστοποίησης το άζωτο τείνει να έχει την μορφή αμμωνίου αντί νιτρικού. Το αμμώνιο σε ζεστές και υγρές συνθήκες μετατρέπεται σε αμμωνία, δημιουργώντας ένα τοξικό περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών με αποτέλεσμα τις ανεπιθύμητες οσμές που προκαλούνται. Επίσης, το ημιτελές κόμποστ περιέχει ασταθείς πτητικές, χημικές ουσίες όπως οργανικά οξέα που είναι τοξικά για τους σπόρους και τα φυτά.
- **Έλλειψη αζώτου (N).** Εμφανίζεται σε υλικά που δεν έχουν φτάσει σε ισορροπημένη αναλογία C:N και είναι πολύ πιο πλούσια σε άνθρακα παρά στο άζωτο. Όταν εφαρμόζονται στο έδαφος, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν γρήγορα την παρουσία C στο υλικό αυξάνοντας την κατανάλωση N με αποτέλεσμα να εξαντλούνται τα αποθέματα αζώτου.
- **Μείωση οξυγόνου στη ρίζα.** Στη φάση της αποσύνθεσης, όταν το υλικό εφαρμόζεται στο έδαφος, οι μικροοργανισμοί θα χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο του εδάφους για να συνεχίσουν την διαδικασία, εξαντλώντας το με αποτέλεσμα να μην είναι διαθέσιμο στα φυτά.



- **Περίσσεια αμμωνίου και νιτρικών στα φυτά και μόλυνση των πηγών νερού.** Ένα υλικό με περίσσεια αζώτου με τη μορφή αμμωνίου τείνει να το χάσει με διείδυση στο έδαφος ή μέσω εξάτμισης και συμβάλλει στη ρύπανση του υπόγειου νερού. Επίσης, αυτή η περίσσεια αμμωνίου και νιτρικών μπορεί να ληφθεί μέσω της καλλιέργειας ως παράγοντας συσσώρευσης νιτρικών αλάτων, με αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα των καρπών (μαλάκωμα, μικρή διατηρησιμότητα μετά την συγκομιδή) αλλά και για την ανθρώπινη υγεία (ιδιαίτερα μέσω των φυλλωδών λαχανικών).

### 1.9.1. Φάσεις κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διαδικασία που λαμβάνει χώρα υπό αερόβιες συνθήκες (παρουσία οξυγόνου). Με επάρκεια σε υγρασία και θερμοκρασία πραγματοποιείται μια μεταμόρφωση των οργανικών αποβλήτων σε ένα ομοιογενές και διαθέσιμο φυτικό υλικό.

Η κομποστοποίηση μπορεί να ερμηνευθεί ως το άθροισμα των πολύπλοκων μεταβολικών διεργασιών που εκτελούνται από διαφορετικούς μικροοργανισμούς, παρουσία οξυγόνου, χρησιμοποιώντας άζωτο (N) και άνθρακα (C) που διατίθενται για την παραγωγή της δικής τους βιομάζας. Επίσης, σε αυτή την διαδικασία οι μικροοργανισμοί παράγουν θερμότητα και ένα στερεό υπόστρωμα με λιγότερο άνθρακα και άζωτο, αλλά πιο σταθερό που ονομάζεται κόμποστ.

**Πίνακας 1.8.1 Αναλογία C:N ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στην κομποστοποίηση (UNDP-INFAT, 2022)**

<b>Υψηλά επίπεδα αζώτου 1:1 - 24:1</b>		<b>Επιθυμητό C:N 25:1 - 40:1</b>		<b>Υψηλά επίπεδα άνθρακα 41:1 - 1000:1</b>	
Υλικό	C:N	Υλικό	C:N	Υλικό	C:N
Φρέσκια κοπριά με υψηλή υγρασία	5	Κοπριά βοοειδών	25:1	Υπολείμματα πρόσφατου κομμένου χλοοτάπητα	43:1
Κοπριά πουλερικών	7:1	Φύλλα φασολιών	27:1	Φύλλα δέντρων	47:1
Χοιρινή κοπριά	10:1	Υπολείμματα καφέ	29:1	Καλαμιά από ζαχαροκάλαμο	49:1
Υπολείμματα κουζίνας	14:1	Αγελαδινή κοπριά	32:1	Φρέσκα αστικά απορρίμματα	61:1
Κοπριά πουλερικών με στρωμνή	18:1	Φύλλα μπανανιάς	32:1	Φλοιός ρυζιού	66:1
		Υπολείμματα κηπευτικών	37:1	Καλαμιά του ρυζιού	77:1
		Φύλλα καφέ κλαδέματα	38:1	Ξηρό γρασίδι	81:1
			44:1	Σπάδικας	117:1

				καλαμποκιού	
				Καλαμιά του καλαμποκιού	312:1
				Πριονίδι	638:1

Κατά την αποσύνθεση των C και N και όλης της αρχικής οργανικής ύλης, οι μικροοργανισμοί απελευθερώνουν θερμότητα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του σωρού. Με βάση την θερμοκρασία που επικρατεί κατά την διάρκεια της διαδικασίας, εντοπίζονται τρεις κύριες φάσεις κομποστοποίησης, εκτός από μια φάση ωρίμανσης μεταβλητής διάρκειας. Οι τρεις διαφορετικές φάσεις της κομποστοποίησης χωρίζονται ανάλογα με τη θερμοκρασία σε:

- 1. Μεσόφιλη φάση.** Η διαδικασία κομποστοποίησης ξεκινά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε λίγες μέρες (ή και ώρες), η θερμοκρασία ανεβαίνει στους 45<sup>0</sup>C. Αυτή η θερμοκρασιακή αύξηση οφείλεται στη μικροβιακή δραστηριότητα αφού σε αυτή τη φάση, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν πηγές C και N που παράγουν θερμότητα. Η αποσύνθεση διαλυτών ενώσεων, όπως σάκχαρα, παράγονται οργανικά οξέα και ως εκ τούτου, το pH μπορεί να έχει τιμές μεταξύ 4,0-4,5. Η διάρκεια της μεσοφιλικής φάσης διαρκεί μερικές μέρες (2-8 μέρες).
- 2. Θερμόφιλη φάση.** Όταν το μητρικό φυτό φτάνει σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 45<sup>0</sup>C, οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται στο μέσο όρο θερμοκρασιών (μεσόφιλοι μικροοργανισμοί) αντικαθίστανται από μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, κυρίως βακτήρια(θερμόφιλα βακτήρια) που διευκολύνουν την αποικοδόμηση σύνθετων πηγών C, όπως η κυτταρίνη και η λιγνίνη. Αυτοί οι μικροοργανισμοί δρουν μετατρέποντας το άζωτο σε αμμωνία, έτσι το μέσο pH αυξάνεται. Ειδικότερα, σε θερμοκρασίες πάνω από 60<sup>0</sup>C τα βακτήρια παράγουν σπόρια και ακτινοβακτήρια που ευθύνονται για την διάσπαση των κηρών, της ημικυτταρίνης και άλλων ενώσεων του συμπλέγματος C και αρχίζουν να αναπτύσσονται. Αυτή η φάση μπορεί να διαρκέσει από μέρες έως μήνες, ανάλογα με το μητρικό υλικό, τις κλιματικές συνθήκες, τις συνθήκες τοποθεσίας καθώς και άλλους παράγοντες.

Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης η θερμότητα που παράγεται καταστρέφει βακτήρια και μολυσματικές ουσίες κοπράνων όπως η *Escherichia coli* και η

*Salmonella spp.* Ομοίως, αυτή η φάση είναι σημαντική σε θερμοκρασίες πάνω από 55<sup>0</sup>C εξαλείφει τις κύστες και τα αυγά του έλμινθου, τα σπόρια των φυτοπαθογόνων μυκήτων και τους σπόρους των ζιζανίων που μπορεί να βρεθούν στο μητρικό υλικό, με αποτέλεσμα ένα σωστό προϊόν.

- 3. Μεσόφιλη φάση II.** Σε αυτή τη φάση, όταν οι πηγές άνθρακα και αζώτου εξαντληθούν στο υλικό κομποστοποίησης, η θερμοκρασία πέφτει ξανά στους 40-45<sup>0</sup>C. Η αποικοδόμηση των πολυμερών συνεχίζεται κατά τη διάρκεια της φάσης και εμφανίζονται μύκητες οι οποίοι είναι ορατοί με γυμνό μάτι (Εικόνα 1.8.1).

**Εικόνα 1.8.1** Εμφάνιση μυκήτων κατά τη μεσόφιλη φάση II (CATA-USM, Chile).



Κάτω από τους 40<sup>0</sup>C, οι μεσόφιλοι οργανισμοί επανέρχονται στην δραστηριότητά τους, ο μέσος όρος του pH μειώνεται ελαφρώς ενώ, γενικότερα το pH παραμένει ελαφρώς αλκαλικό, επίσης ορισμένοι μύκητες μπορεί να αναπτυχθούν και να δημιουργήσουν ορατές δομές. Η διάρκεια αυτής της φάσης μπορεί να είναι αρκετές εβδομάδες και μπορεί να συγχέεται με την φάση της ωρίμανσης.

- 4. Φάση ωρίμανσης.** Αυτή η φάση μπορεί να διαρκεί μήνες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, κατά την διάρκεια τη οποίας παράπλευρες αντιδράσεις όπως η συμπύκνωση ανθρακούχων ενώσεων και ο πολυμερισμός που λαμβάνει χώρα για να σχηματιστούν χουμικά και φουλβικά οξέα.

### 1.9.2. Υγιεινοποίηση και ασφάλεια

Ως αποτέλεσμα των υψηλών θερμοκρασιών που επιτυγχάνονται κατά την θερμοφιλή φάση, τα παθογόνα βακτήρια και τα παράσιτα αρχικά απόβλητα καταστρέφονται. Σε επόμενες φάσεις μπορεί να προκύψει επιμόλυνση του υλικού λόγω πολλών παραγόντων, όπως η χρήση μολυσμένου νεπού υλικού κατά την ανάμειξη ή ακόμα και η προσθήκη φρέσκου υλικού μετά τη θερμοφιλή φάση.

Το ώριμο κόμποστ δεν πρέπει να περιέχει τοξικές ενώσεις για τα φυτά ή για το περιβάλλον. Η παρουσία αμμωνίας και θεικού ( $\text{NH}_3$  και  $\text{SO}_4$ ) κατά τη στράγγιση σε συνδυασμό με την παρουσία υπερβολικής υγρασίας κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, ευνοούν την παραγωγή διοξειδίου του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) που μαζί με το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) θεωρούνται αέρια θερμοκηπίου (GHG) με σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και συγκεκριμένα στη κλιματική αλλαγή.

Διάφορες χώρες της Λατινικής Αμερικής που το έργο τους στηρίζεται τόσο στα πρότυπα των ΗΠΑ όσο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αναπτύξει κανονισμούς για τον καθορισμό της ποιότητας του κόμποστ και της χρήσης του. Έκτος από τον καθορισμό της ποιότητας του κόμποστ, στη Χιλή, Κολομβία και Μεξικό χωρίζουν το κόμποστ σε δυο κατηγορίες, Α και Β, δηλαδή με ή χωρίς περιορισμούς στη χρήση, με βάση την παρουσία παθογόνων και βαρέων μετάλλων. Τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν με τη χρήση του κόμποστ μπορεί να σχετίζονται με την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων βακτηρίων όπως *Salmonella* spp., *Escherichia coli* (Islam,2005, Lasaridi,2006) και *Listeria monocytogenes* (Oliveira, 2011) καθώς και αυγά παρασίτων που μπορεί να προσβάλλουν τον άνθρωπο μέσω μολυσμένων φρούτων και λαχανικών. Συνεπώς, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι το κόμποστ που χρησιμοποιείται, ιδιαίτερα για την καλλιέργεια λαχανικών με κοντό μίσχο ή φυλλωδών λαχανικών αλλά και για την παραγωγή φρούτων, δεν περιέχει αυτά τα παθογόνα καθώς και άλλους δείκτες μόλυνσης.

Μια άλλη βασική πτυχή είναι η παρουσία βαρέων μετάλλων στο κόμποστ καθώς είναι ενώσεις που δεν καταστρέφονται ούτε αποσυντίθενται και μπορούν να απορροφηθούν από τα φυτά, στη συνέχεια από τα ζώα και στο τέλος από τον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας, με επιβλαβής συνέπειες. Η συνιστώσα της απουσίας παθογόνων ή βαρέων μετάλλων είναι η ασφάλεια που παρέχεται στον χρήστη αλλά και η πιστοποίηση ότι το κόμποστ δεν θα μολύνει την τροφή που πρόκειται να λιπανθεί.

Η παρουσία παθογόνων στο κόμποστ προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση κοπριάς, σε συνδυασμό με τη χρήση μολυσμένου νερού και εσφαλμένων χειρισμών κατά την διαδικασία κομποστοποίησης (Bernal, 2009). Μια μέθοδος ελέγχου είναι η χρήση υψηλών θερμοκρασιών αλλά πιο συγκεκριμένα ο έλεγχος του χρόνου και της θερμοκρασίας κατά τη θερμοφιλή φάση της κομποστοποίησης.

Ένα κόμποστ μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές για χρήση όταν τηρούνται βασικοί κανόνες σε ότι έχει να κάνει με την θερμοκρασία που φτάνει το υλικό, την υγρασία, τον αερισμό και το μέγεθος των σωματιδίων. Σε ένα σωρό με επαρκή υγρασία η μικροβιακή δραστηριότητα προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας όντας μεγαλύτερη στο εσωτερικό παρά στο εξωτερικό (Gong, 2007), έτσι αερίζοντας ή ανακατεύοντας τον σωρό η θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνδυασμό με την υγρασία επιτρέπει την καλύτερη ομογενοποίηση του υλικού με αποτέλεσμα την εξάλειψη των παθογόνων. Επίσης, το μέγεθος των σωματιδίων του υλικού που πρόκειται να κομποστοποιηθεί, το σχήμα αλλά και το μέγεθος του σωρού επηρεάζουν τον ρυθμό του αερισμού και την τάση του υλικού για συγκράτηση ή απελευθέρωση θερμότητας. Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι η ποσότητα παθογόνων μικροοργανισμών στο κόμποστ γιατί αν αυτός ο αριθμός είναι υψηλός, θα χρειαστεί περισσότερος χρόνος για την εξάλειψή τους.

Έτσι, το τελικό προϊόν μπορεί να περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς που επηρεάζουν την ποιότητα του λιπάσματος. Ο Πίνακας 1.9.2 δείχνει δεδομένα σχετικά με το χρόνο και τη θερμοκρασία εξάλειψης ορισμένων παθογόνων.

**Πίνακας 1.9.2 Θερμοκρασία που απαιτείται για την εξάλειψη ορισμένων παθογόνων (Jones and Martin, 2003)**

<b>Μικροοργανισμοί</b>	<b>Θερμοκρασία</b>	<b>Χρόνος έκθεσης του μικροοργανισμού</b>
Salmonella spp	55°C	1 ώρα
	65°C	15-20 λεπτά
Escherichia coli	55°C	1 ώρα
	65°C	15-20 λεπτά
Brusella abortus	55°C	1 ώρα
	62°C	3 λεπτά
Parvovirus bovino	55°C	1 ώρα
Ascaris lumbricoides eggs	55°C	3 μέρες

### 1.9.3. Υλικό κομποστοποίησης

Η συντριπτική πλειοψηφία των οργανικών υλικών είναι δυνατό να κομποστοποιηθούν. Παρακάτω ακολουθούν τα κυριότερα υλικά:

- Υπολείμματα φυτών συγκομιδής, οπωρώνων ή κήπου. Κλαδιά θρυμματισμένα ή ψιλοκομμένα από κλάδεμα, φύλλα δέντρων και θάμνων, σανό και κουρεμένο γρασίδι.
- Κοπριά χοίρων, κοπριά βοοειδών, κοπριά αγελάδας.
- Οργανικά απόβλητα κουζίνας (φρούτα και λαχανικά), τα οποία μπορεί να είναι είτε καταστραμμένα είτε να έχει παρέλθει η ημερομηνία λήξης τους. Απορρίμματα καφέ, τσαγιού και θρυμματισμένα κελύφη αυγού, αποξηραμένα φρούτα και κελύφη ξηρών καρπών. Επίσης, φλούδες εσπεριδοειδών καθώς και κατεστραμμένες ή σάπιες πατάτες.
- Βρώσιμο λάδι και λίπος, αλλά σε μικρές ποσότητες.
- Ρινίσματα ξύλου σε μικρές ποσότητες και λεπτοκομμένα.
- Χαρτοπετσέτες, χαρτομάντιλα, χαρτί και χαρτόνι (όχι τυπωμένα ή χρωματιστά ή αναμεμειγμένα με πλαστικό).

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την διαδικασία κομποστοποίησης ως προς τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι η αποφυγή χρήσης υλικών τα οποία είναι αδρανή, τοξικά ή επιβλαβή υλικά και συγκεκριμένα:

- Χημικά - συνθετικά υπολείμματα, κόλλες, διαλύτες, βενζίνη, λιπαντικά και χρώματα.
- Μη διασπώμενα υλικά (γυαλί, μέταλλα, πλαστικά).
- Συσσωματώματα ή κόντρα πλακέ (απαλλαγμένα από ρινίσματα ή πριονίδια).
- Ο καπνός αφού περιέχει νικοτίνη (βιοκτόνο) και διάφορες τοξικές ουσίες.
- Απορρυπαντικά, χλωριωμένα προϊόντα, αντιβιοτικά και υπολείμματα φαρμάκων.
- Υπολείμματα σάρκας ζώων, γιατί πρέπει να αποτεφρώνονται σε ειδικές συνθήκες ή να κομποστοποιούνται ξεχωριστά σε ειδικούς σωρούς.
- Υπολείμματα μαγειρεμένων φαγητών, π.χ. κρέας.

### 1.9.4. Εφαρμογή του κόμποστ

Το κόμποστ μπορεί να εφαρμοστεί στο στάδιο της ημι-ωρίμανσης (Μεσόφιλη φάση II) ή ώριμο. Το ημιώριμο κόμποστ έχει υψηλή βιολογική δραστηριότητα ,το ποσοστό των θρεπτικών συστατικών αφομοιώνεται εύκολα από τα φυτά και υπερέχει σε αυτό

τον τομέα από το ώριμο κόμποστ. Σε αντίθεση όμως με τις τιμές του pH οι οποίες δεν είναι σταθερές, τείνουν πιο κοντά στην οξύτητα, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη βλάστηση, επομένως αυτό το κόμποστ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την βλάστηση σπόρων ή ευαίσθητων φυτών.

Η εφαρμογή ημιώριμου κόμποστ σε κηπευτικές καλλιέργειες πραγματοποιούνται συνήθως την άνοιξη, με εφαρμογή 4-5 κιλά/τ.μ. σε έδαφος που έχει προηγουμένως καλλιεργηθεί, ενώ για καλλιέργειες αγρού, η εφαρμογή είναι 7-10 τον./εκτάριο κόμποστ.

Το ώριμο κόμποστ χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό για σπορόφυτα, ζαρντινιέρες και γλάστρες. Η συνήθης αναλογία είναι 20-50% κόμποστ μαζί με χώμα και άλλα υλικά όπως είναι η τύρφη, ως προετοιμασία υποστρώματος.

## **1.9.5. Πρακτικές βάσεις κομποστοποίησης**

### **1.9.5.1. Τεχνικές κομποστοποίησης**

Στόχος των τεχνικών κομποστοποίησης οργανικών υλικών είναι η μέτρηση και η βελτιστοποίηση παραμέτρων της διαδικασίας για τη λήψη ενός τελικού προϊόντος που να τηρεί τόσο τα ποιοτικά στάνταρ, όσο και τα υγειονομικά πρωτόκολλα, πάντα σε συνδυασμό με την προοπτική λίπανσης ως υλικό.

Βασικοί παράγοντες για την επιλογή της τεχνικής είναι οι εξής:

- Χρόνος διαδικασίας
- Απαιτήσεις χώρου
- Απαιτήσεις υγιεινής ασφάλειας
- Μητρικό υλικό( απουσία ή παρουσία υλικού ζωικής προέλευσης)
- Κλιματικές συνθήκες( θερμοκρασίες κάτω από τους 0°C, ισχυροί άνεμοι, καταρακτώδεις βροχές ή άλλα κρίσιμα κλιματικά γεγονότα).

Οι διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε κλειστά και ανοιχτά συστήματα. Πιο αναλυτικά, ανοιχτά συστήματα ορίζονται αυτά που λαμβάνουν χώρα σε εξωτερικούς, υπαίθριους χώρους και κλειστά συστήματα αυτά που η διαδικασία γίνεται σε κατασκευασμένα δοχεία ή ακόμα και σε ειδικά διαμορφωμένα τούνελ.

### **1.9.5.2. Ανοιχτά συστήματα ή σωροί**

Αυτή η τεχνική κομποστοποίησης προτιμάται όταν υπάρχει άφθονη και ποικιλόμορφη ποσότητα οργανικών απορριμμάτων (περίπου 1 m<sup>3</sup> ή μεγαλύτερη ποσότητα). Ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης ενός σωρού κομποστοποίησης

(επάρκεια χώρου, τεχνολογία εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν, χρόνος παραμονής του υλικού κ.α.) υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογών από σωρούς, σχήματα, όγκο, διάταξη και διαστημάτων μεταξύ τους

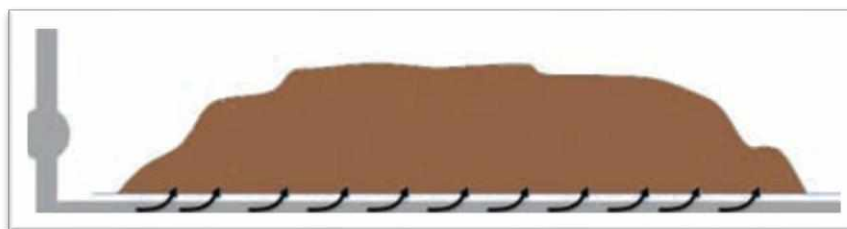


**Εικόνα 1.9.5.2.1 Σωροί κόμποστ**

Κατά το (FAO,2003), περιγράφονται διάφορες τεχνικές σχηματισμού σωρών όπως η ινδική μέθοδος(Indore) και η κινεζική μέθοδος κομποστοποίησης. Όλες οι μεθοδολογίες μοιράζονται την τεχνική των εναλλασσόμενων στρωμάτων διαφορετικών υλικών με σκοπό την ιδανική αναλογία C:N (30:1) και ελεγχόμενη θερμοκρασία και υγρασία.

Σε βιομηχανικό επίπεδο, η διαχείριση των σωρών γίνεται με τεχνολογία αιχμής.

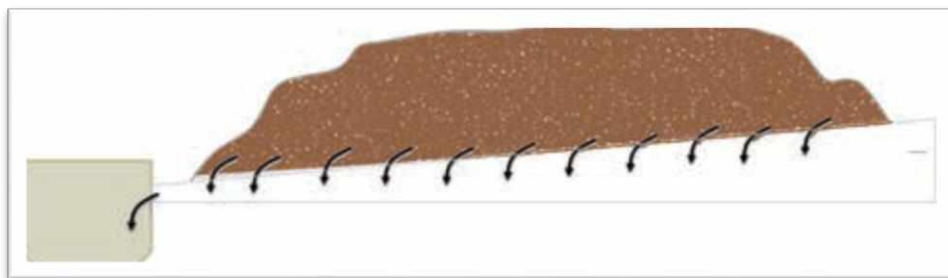
α) δυναμικά συστήματα αερισμού, όπου ο αέρας εισέρχεται μέσω των καναλιών του εδάφους για να διατηρεί βέλτιστα επίπεδα οξυγόνου.



**Εικόνα 1.9.5.2.2 Δυναμικό σύστημα αερισμού**

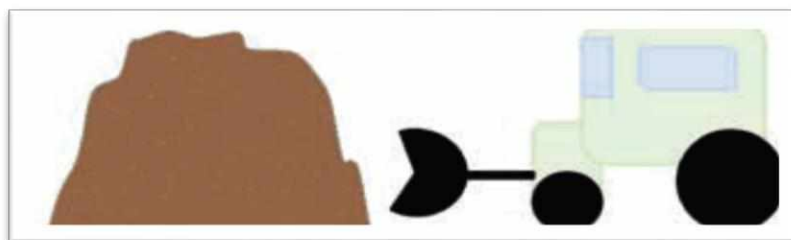


## β) Σύστημα συλλογής στραγγισμάτων



Εικόνα 1.9.5.2.3 Σύστημα συλλογής στραγγισμάτων

Σωροί κομποστοποίησης με μηχανικό σύστημα ανάδευσης, χρησιμοποιώντας πλάγιο κυλινδρικό δοκό που προσαρμόζεται σε τρακτέρ ή άλλο μηχανοκίνητο όχημα. Στο πρώτο σύστημα, το ύψος του σωρού ποικίλλει αναλόγως το ύψος του πλάγιου κυλίνδρου, ενώ στο δεύτερο σύστημα, οι σωροί μπορούν να φτάσουν σε ύψος τα 3 μέτρα. Σε μικρότερες μονάδες το επιθυμητό ύψος δεν ξεπερνά το 1,5 μέτρα έτσι ώστε να διευκολύνεται η διαδικασία της στροφής.



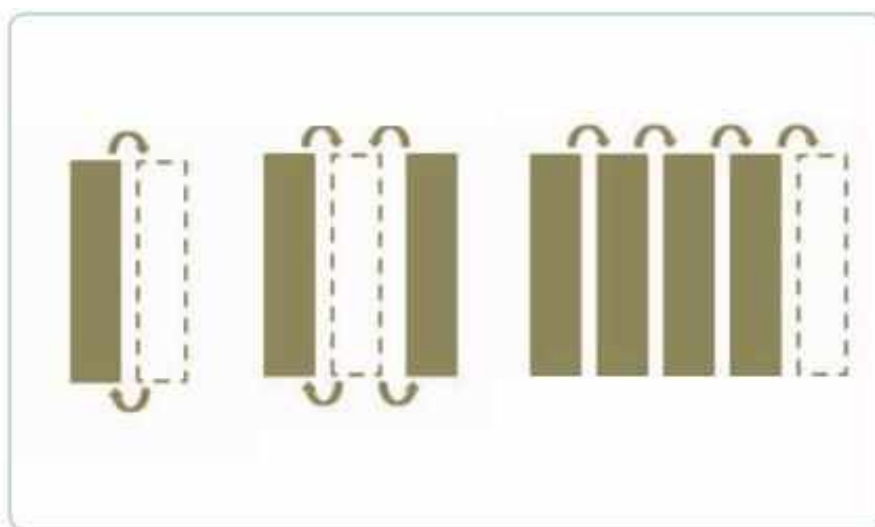
Εικόνα 1.9.5.2.4 Αναστροφή με μηχανικά μέσα

### 1.9.6. Κατασκευή και διαχείριση σωρών κομποστοποίησης.

- **Επιλογή και ισοπέδωση της περιοχής.** Η περιοχή επιλέγεται ανάλογα με τον καιρικές συνθήκες, με την απόσταση από την περιοχή παραγωγής απορριμμάτων, την απόσταση από την περιοχή που θα εφαρμοστεί το τελικό κόμποστ και την κλίση του εδάφους. Η περιοχή θα πρέπει να προστατεύεται από ισχυρούς ανέμους, να βρίσκεται σε ασφαλή απόσταση από πηγές νερού (τουλάχιστον πάνω από 50 μέτρα) έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν μολύνσεις και με ελαφρά κλίση (<4%) για την πρόληψη προβλημάτων έκπλυσης και διάβρωσης.
- **Τεμαχισμός και διαμόρφωση υλικού.** Η διάρκεια που απαιτείται για την σωστό «χτίσιμο» του σωρού είναι περίπου μια εβδομάδα πριν την έναρξη της θερμοφιλης φάσης και για την αποφυγή επαναμόλυνσης του υλικού με νέο

φρέσκο υλικό. Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι η ανάμειξη υλικών για να επιτευχθεί η κατάλληλη αναλογία C:N.

- **Διαδικασία στροφής υλικού.** Υπό κανονικές συνθήκες, μια εβδομαδιαία ανακίνηση του υλικού για τις 3-4 πρώτες εβδομάδες είναι αρκετή και αργότερα ο χρόνος αυτός παρατείνεται ανά 15 μέρες. Αυτό εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και το υλικό που πρόκειται να κομποστοποιηθεί. Σημαντικά κριτήρια για το χρόνο ανάδευσης του υλικού είναι η οπτική εμφάνιση του σωρού, η θερμοκρασία και η οσμή (Εικόνα 1.9.6).



Εικόνα 1.9.6 Τρόποι ανάδευσης του υλικού με βάση τον αριθμό των σωρών

### 1.9.7. Θερμοκρασία, υγρασία και pH

- **Θερμοκρασία.** Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο θερμομόμετρο που είναι η πιο αξιόπιστη διαδικασία, ένας μεταλλικός στύλος ή μια ξύλινη ράβδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η ράβδος εισέρχεται σε διάφορα σημεία του σωρού και ακουμπώντας την προσδιορίζουμε κατά προσέγγιση την θερμοκρασία με γνώμονα πάντα τη φάση κομποστοποίησης συγκρινόμενη με τη συνιστώμενη θερμοκρασία κάθε φάσης.
- **Υγρασία.** Η «τεχνική της γροθιάς», η διαδικασία κατά την οποία εισάγουμε το χέρι μας στο σωρό και βγάζουμε μια ποσότητα του υλικού έτσι ώστε να δούμε τα χαρακτηριστικά του. Θα πρέπει το υλικό να είναι ομογενοποιημένο χωρίς να στάζει νερό - υγρά, αν στάζει νερό θα πρέπει να ανακατέψουμε το υλικό ή να προσθέσουμε κάποια στέρεα υλικά όπως πριονίδι ή άχυρο. Στην περίπτωση που το υλικό είναι χαλαρό χωρίς συνοχή προσθέτουμε νερό ή νέο υλικό, ιδανικά απορρίμματα λαχανικών ή

και υπολείμματα από φρεσκοκομμένο χλοοτάπητα.

- **Οξύτητα pH.** Υπάρχουν δυο τρόποι μέτρησης του pH, είτε απευθείας στο σωρό είτε μέσω άλλης διαδικασίας που είναι πιο χρονοβόρα αλλά παράλληλα και πιο ακριβής.
  - ❖ Η μέτρηση pH απευθείας στο σωρό συνιστάται όταν δεν υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος αλλά και όταν δεν υπάρχουν εξειδικευμένα μηχανήματα. Εάν το κόμποστ είναι υγρό αλλά όχι λασπωμένο, τοποθετείται μια ειδική ταινία μέτρησης pH μέσα στο κόμποστ και περιμένουμε για λίγα λεπτά για να πάρουμε μια ένδειξη, η οποία θα είναι λιγότερο ακριβής αλλά κατατοπιστική.
  - ❖ Η μέτρηση pH σε υδατικό διάλυμα είναι πιο ακριβής μέθοδος, ουσιαστικά λαμβάνουμε πολλά δείγματα από κόμποστ και σε αναλογία 1:5 με νερό τα αναδεύουμε και με πεχάμετρο μετά από κάποια ώρα ανάδευσης του υλικού παίρνουμε μέτρηση. Εναλλακτικά αν δεν υπάρχει πεχάμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταινία μέτρησης pH.
- **Έλεγχος ολοκλήρωσης κομποστοποίησης.** Για να βεβαιωθούμε ότι το κόμποστ είναι στη φάση της ωρίμανσης θα πρέπει το υλικό ενώ είναι ακόμα υγρό, να μην ανεβάζει θερμοκρασία παρόλο το ανακάτεμα που δέχεται. Παρακάτω, αναλύονται διαδικασίες προς επαλήθευση της φάσης ωρίμανσης. Εάν υπάρχει πρόσβαση σε εργαστήριο μπορεί να γίνει ένα τεστ διαπνοής. Αν όχι, παίρνουμε τουλάχιστον τρία δείγματα που αντιπροσωπεύουν το σύνολο του σωρού με σκοπό να αναλύσουμε την όψη του κονιορτοποιημένου υλικού και την οσμή του. Η όψη του πρέπει να είναι σκούρα καφέ, με υγρή αίσθηση αλλά όχι με υπερβολική υγρασία. Μια άλλη διαδικασία είναι να διαιρέσουμε το σωρό σε 4 ίσα μέρη και να πάρουμε 3 δείγματα - επαναλήψεις των 100 γραμμαρίων, δηλαδή 12 δείγματα στο σύνολο, να τα τοποθετήσουμε σε πλαστικές σακούλες και να τα αφήσουμε για δυο μέρες σε δροσερό και ξηρό σημείο. Εάν οι σακούλες διογκωθούν με αέρα και εμφανιστεί συμπύκνωση υποδηλώνεται ότι η διαδικασία δεν έχει ολοκληρωθεί δηλαδή το κόμποστ δεν έχει ωριμάσει πλήρως. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, ο σωρός θα πρέπει να αφηθεί έτσι ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία της κομποστοποίησης.

### **1.10. Βιοδιεγέρτης**

Με την έναρξη της κλιματικής αλλαγής, τον κορεσμό στη χρήση φυτοφαρμάκων αλλά και την έλλειψη καλλιεργήσιμης γης λόγω των συνεχών αυξανόμενων πληθυσμών, η ανάγκη για νέες καινοτόμες γεωργικές πρακτικές είναι αναγκαία όσο ποτέ. Οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί τα τελευταία χρόνια στην εύρεση εφαρμοσμένων βιολογικών γεωργικών πρακτικών που θα είναι αφενός ωφέλιμες για το ανθρώπινο είδος αφετέρου βιώσιμες προς το περιβάλλον.

Η χρήση οργανικών προϊόντων με βάση τα φύκια έχει συνεχώς αυξητική τάση στα συστήματα φυτικής παραγωγής λόγω των ιδιαίτερων βιοδραστικών συστατικών και επιδράσεων τους. Οι φυτοδιεγερτικές τους ιδιότητες σε αρκετά είδη φυτών έχουν ως αποτέλεσμα την αυξημένη ανάπτυξη των φυτών αλλά παράλληλα και αύξηση των παραμέτρων απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα τα συστατικά τους προκαλούν αμυντικές αντιδράσεις στα φυτά και συμβάλλουν στην αντοχή σε διάφορα παράσιτα, ασθένειες και αβιοτικές καταπονήσεις, όπως είναι η ξηρασία, η αλατότητα και το κρύο.

Η δράση αυτών των προϊόντων συνδέεται με τη ρύθμιση σημαντικών γονιδίων και οδών που σχετίζονται με το αμυντικό σύστημα του φυτού, προετοιμάζοντάς το για μελλοντικές επιθέσεις. Προκαλούν επίσης φυτοορμονικές αποκρίσεις λόγω των ειδικών συστατικών τους και της αλληλεπίδρασης με την ρύθμιση της ανάπτυξης των φυτών. Επεμβάσεις με εκχυλίσματα φυκιών προκαλούν επίσης σημαντικές αλλαγές στα συστατικά του μικροβιώματος του εδάφους και των φυτών με σκοπό την υποστηρικτική ανάπτυξη αυτών. Τα εκχυλίσματα των φυκιών περιέχουν πληθώρα ουσιών, κυρίως οργανικά θρεπτικά στοιχεία αλλά και ίχνη από ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Με δεδομένο ότι τα εκχυλίσματα φυκιών είναι εξαιρετικά οργανικά, είναι ιδανικά για βιολογική γεωργία, γεγονός που ευνοεί το θετικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα στη φυτική παραγωγή.

**Με το όρο βιοδιεγέρτες αναφέρονται τα προϊόντα που βασίζονται κυρίως σε φυσικές πρώτες ύλες, που χρησιμοποιούνται σε εξαιρετικά μικρές δόσεις για τροποποίηση φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών των φυτών, με στόχο την πληρέστερη υλοποίηση του γενετικού δυναμικού της παραγωγικότητάς τους λόγω αλλαγών στην ορμονική κατάσταση, ενεργοποίηση μεταβολικών διεργασιών, αύξηση της αποτελεσματικότητας της διατροφής, της τόνωσης της ανάπτυξης, της ανάπτυξης και της ενίσχυσης της ικανότητας αντοχής σε αρνητικές επιπτώσεις διαφόρων παραγόντων στρες (Yakhin et al., 2016)**

Τα εκχυλίσματα που παρασκευάζονται από φύκια διαθέτουν υψηλά επίπεδα βιοδραστικών ενώσεων που μπορούν να προετοιμάσουν ευεργετικά το φυτό επηρεάζοντας τους μεταβολισμούς του (Craigie J.S., 2011). Τα εκχυλίσματα φυκιών έχουν αποδειχθεί ότι περιέχουν φυτο-βιοενεργά οργανικά και ανόργανα συστατικά, όπως μαννιτόλη, λαμιναρίνη, αλγινικό οξύ, πολυσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες, βιταμίνες, αντιοξειδωτικά, φυτοορμόνες (αυξίνες, κυτοκινίνες, γιββερελλίνες και βεταΐνη) και χαμηλή συγκέντρωση ορυκτών καλίου, φωσφόρου, ασβεστίου, βορίου, μαγνησίου, ψευδάργυρου και άλλων ιχνοστοιχείων (Klarzynski et al., 2000). Ως εκ τούτου, εκτός από την πρόκληση αμυντικών αποκρίσεων, τα εκχυλίσματα φυκιών μπορούν να διεγείρουν την ανάπτυξη των φυτών και να ενισχύσουν τον φωτοσυνθετικό ρυθμό (Craigie J.S., 2011).

Τα εκχυλίσματα φυκιών, όταν χρησιμοποιούνται σε συστήματα καλλιέργειας, έχουν δείξει πολλά πλεονεκτήματα όπως, αυξημένοι ρυθμοί βλάστησης σπόρων και ζωηρότητα δενδρυλλίων, ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών, διάρκεια ζωής του προϊόντος και σημαντικές μειώσεις στη βλάβη από ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνα μυκήτων, βακτηρίων και ιών (Anioli et al., 2015).

Τα φύκια είναι μακροφύκη που αποτελούν αναπόσπαστο συστατικό θαλασσιών και παράκτιων οικοσυστημάτων, συμβάλλοντας στην πλούσια βιοποικιλότητα και στη συνολική βίωση. Υπάρχουν 3 κατηγορίες φυκιών με βάση το χρώμα τους, που έχουν κυκλοφορήσει στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας (Πίνακας 1.10). Μερικά από τα φύκια είναι άφθονα διαθέσιμα. Συνήθως βρίσκονται ανεξάρτητα από τη γεωγραφική θέση, αν και ορισμένα από αυτά αφορούν συγκεκριμένες περιοχές. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τεράστια εισροή *Sargassum* σε πολλά μέρη της Αμερικής και της Καραϊβικής.

**Πίνακας 1.10 Κατάλογος ειδών φυκιών με τεκμηριωμένες βιοδιεγερτικές δράσεις**

<b>Phaeophyceae</b>	<b>Rhodophyta</b>	<b>Chlorophyta</b>
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Ulva lactuca</i>
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Porphyra perforata</i>	<i>Enteromorpha prolifera</i>
<i>Durvillea antarctica</i>	<i>Nereocystis</i> spp.	<i>Caulerpa paspaloides</i>
<i>Durvillea protatorum</i>	<i>Cyanidium caldarium</i>	<i>Ulva armoricana</i>
<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Gracilaria edulis</i>	<i>Codium Luyangarii</i>
<i>Sargassum</i> spp.	<i>Gracilaria dura</i>	<i>Codium tomentosum</i>
<i>Hydroclathrus</i> spp.	<i>Laurencia johnstonii</i>	<i>Caulerpa sertularioides</i>
<i>Ralfsia</i> spp.		
<i>Laminaria digitata</i>		
<i>Cystoseira myriophylloides</i>		
<i>Fucus spiralis</i>		
<i>Padina pavonica</i>		

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Πειραματικό πεδίο

Στο πείραμα μελετήθηκε η συνδυασμένη επίδραση βιοκόμποστ (bio – compost) και βιοδιεγέρτη στα χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος της κάνναβης (*Cannabis sativa* L.).

Η εκπόνηση της μελέτης έλαβε χώρα σε πειραματική εγκατάσταση του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του αγρού είναι γεωγραφικό πλάτος : 37° 59' 1,47'' Α και γεωγραφικό μήκος: 23° 42' 6,98'' Β, ενώ το υψόμετρο είναι στα 170 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η χρονική περίοδος που πραγματοποιήθηκε το πείραμα ήταν από τον Ιούλιο ως τον Σεπτέμβριο και η καλλιέργεια των φυτών ήταν υπαίθρια σε γλάστρες. Οι θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του πειράματος κυμαίνονταν από ελάχιστη 18 ± 1°C ως μέγιστη 42± 1°C. Τα επίπεδα της σχετικής υγρασίας κυμαίνονταν από 15 - 60% και οι περίοδοι φωτός ήταν από 12-15 ώρες, ενώ αντίστοιχα οι περίοδοι σκότους ήταν από 9-12 ώρες.

### 2.2. Φυτικό υλικό

Οι σπόροι που καλλιεργήθηκαν είναι ποικιλίας Ferimon, πιστοποιημένοι από την Ευρωπαϊκή Ένωση και συμπεριλαμβάνονται στον Κοινοτικό Κατάλογο ποικιλιών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών. Καλλιεργούνται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες λόγω της προσαρμογής τους στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, η ποικιλία Ferimon χαρακτηρίζεται ως ανθεκτική ποικιλία που καλλιεργείται και για την παραγωγή σπόρων πλούσιων σε αιθέρια έλαια.



Εικόνα 2.2.1 Σπόροι *Cannabis Sativa*, ποικιλία Ferimon

Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ferimon παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 2.2.1 Χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ferimon (ihempfarm.com)**

<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Περιγραφή</b>
Χώρα προέλευσης	Γαλλία
Γονοτυπική έκφραση	Μόνοικο
Βιολογικός κύκλος	<125 μέρες
Ύψος φυτού στην ωριμότητα	200 – 250 cm
Απόδοση σε σπόρο	800 – 1000 kg/ha
Περιεκτικότητα σπόρου σε έλαιο	30 - 32%
Απόδοση σε ίνα/στέλεχος	30 - 35%
Απόδοση σε βιομάζα	6 – 8 t/ha
Περιεκτικότητα σε CBD	1 - 1,50%
Περιεκτικότητα σε THC	<0,12%
Προτεινόμενη χρήση	Ύνα και σπόρος

### **2.3. Πειραματικός σχεδιασμός**

Το υλικό πάνω στο οποίο έγινε η ανάπτυξη φυτών κλωστικής κάνναβης ποικιλίας Ferimon αποτελούνταν από μίγματα βιοκόμποστ. Πιο συγκεκριμένα από Vermicompost και εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς. Τα δυο βιοκόμποστ αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους.

Τα δυο κόμποστ που χρησιμοποιήθηκαν για το πειραματικό μέρος είχαν υποστεί διαφορετική διαδικασία κομποστοποίησης. Το εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών (*Pleurotus ostreatus*) και η φρέσκια κοπριά αγελάδας ήταν οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του ενός κόμποστ του πειράματος.

Οι πρώτες ύλες συλλέγονταν στον χώρο κομποστοποίησης από τις 14-07-2020 έως και τις 31-08-2020. Η κοπριά αρχικά τοποθετούνταν σε σωρούς με μέγιστο ύψος τα 1,2-1,5m. Από το εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών απομακρύνθηκε το πλαστικό υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των μπλοκ κατά την καλλιέργειά του *Pleurotus ostreatus* και έπειτα η πρώτη ύλη τοποθετήθηκε σε σωρούς με μέγιστο ύψος τα 1,5-1,80m.

Οι αναλογίες των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή σειραδίων ήταν οι παρακάτω:

- 70% εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών (*Pleurotus ostreatus*)
- 30% φρέσκια κοπριά αγελάδας

Η κομποστοποίηση ξεκίνησε στις 03-08-2020 δημιουργώντας σειράδια με μήκος 80-100 m, ύψος 1,70-1,90m και πλάτος βάσης 4-5m. Μετά την καλή ανάμειξη των πρώτων υλών, τα σειράδια καλύφθηκαν με ειδικά καλύμματα (tortex) προκειμένου να προστατευτούν από τις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (ξηροθερμική περίοδο και έντονες βροχοπτώσεις). Τα καλύμματα επιτρέπουν την εισροή του O<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα στο εσωτερικό των σειραδίων, αλλά και την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> το οποίο παράγεται κατά την διαδικασία της αναπνοής στο εσωτερικό τους. Ταυτόχρονα, εμποδίζει την απομάκρυνση ποσοτήτων υγρασίας από το εσωτερικό των σειραδίων προς την ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης ελέγχονταν παράμετροι όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η συγκέντρωση οξυγόνου στο εσωτερικό των σειραδίων.

Μέσα σε 48 ώρες καταγράφηκε θερμοκρασία 54°C ενώ η μέγιστη που μετρήθηκε ήταν 67°C. Οι θερμοκρασίες παρέμειναν σταθερά πάνω από τους 55°C για περίπου 100 ημέρες και σταδιακά έπεσαν κάτω από τους 40°C περίπου στις 180 ημέρες οπότε και οι σωροί μπήκαν στη φάση ωρίμασης.

Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης πραγματοποιήθηκαν 4 διαβροχές με σύστημα καταιονισμού. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν 6 αναστροφές. Οι 4 από αυτές έγιναν κατά την έντονα θερμοφιλή φάση για τον έλεγχο των θερμοκρασιών, αλλά και για να καλυφθούν οι ανάγκες των σειραδίων σε οξυγόνο.

Το Vermicompost που χρησιμοποιήθηκε, είναι πιστοποιημένο προϊόν εμπορίου για χρήση στη Βιολογική Γεωργία σύμφωνα με τον ΕΚ/2092/91 όπως αυτός έχει τροποποιηθεί και αντικατασταθεί με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς ΕΚ/834/07 και 889/08.

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε είναι πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες (complete randomized block design).

Σε πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών καλλιεργήθηκαν φυτά κλωστικής κάνναβης σε 80 γλάστρες (εικόνες 2.3.1 και 2.3.2), όγκου 12 λίτρων (1 φυτό/γλάστρα). Οι 40 γλάστρες πληρώθηκαν με Vermicompost και οι υπόλοιπες 40 με μίγμα Vermicompost και εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς σε αναλογία 1:1.





Εικόνες 2.3.1 και 2.3.2

Όσον αφορά τα φυτά κάνναβης, πραγματοποιήθηκε σπορά τους σε ουδέτερο υπόστρωμα τύρφης (εικόνες 2.3.3, και μετέπειτα φύτευση τους στις τελικές γλάστρες(στάδιο τριών ζευγών φύλλων).



Εικόνα 2.3.3

Τα φυτά της κάνναβης αρδεύονταν με νερό δικτύου ύδρευσης. Η συχνότητα και ποσότητα άρδευσης καθοριζόταν από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν και από το ποσοστό υγρασίας του υποστρώματος.



Εικόνες 2.3.4 και 2.3.5

Πέντε εβδομάδες μετά τη μεταφύτευση, εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα βιοδιεγέρτης στα μισά φυτά για κάθε μεταχείριση υποστρώματος ανάπτυξης. Η ποσότητα που εφαρμόστηκε ήταν 1 L υδατικό διάλυμα, που προέκυψε με την προσθήκη 4 mL βιοδιεγέρτη.

Δηλαδή μετά την επέμβαση με βιοδιεγέρτη προέκυψαν:

- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε Vermicompost,
- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε Vermicompost με επίδραση βιοδιεγέρτη,
- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε μίγμα Vermicompost και εξαντλημένο υποστρώματος μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς
- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε μίγμα Vermicompost και εξαντλημένο υποστρώματος μανιταριών με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς με επίδραση βιοδιεγέρτη.



Εικόνες 2.3.6 και 2.3.7

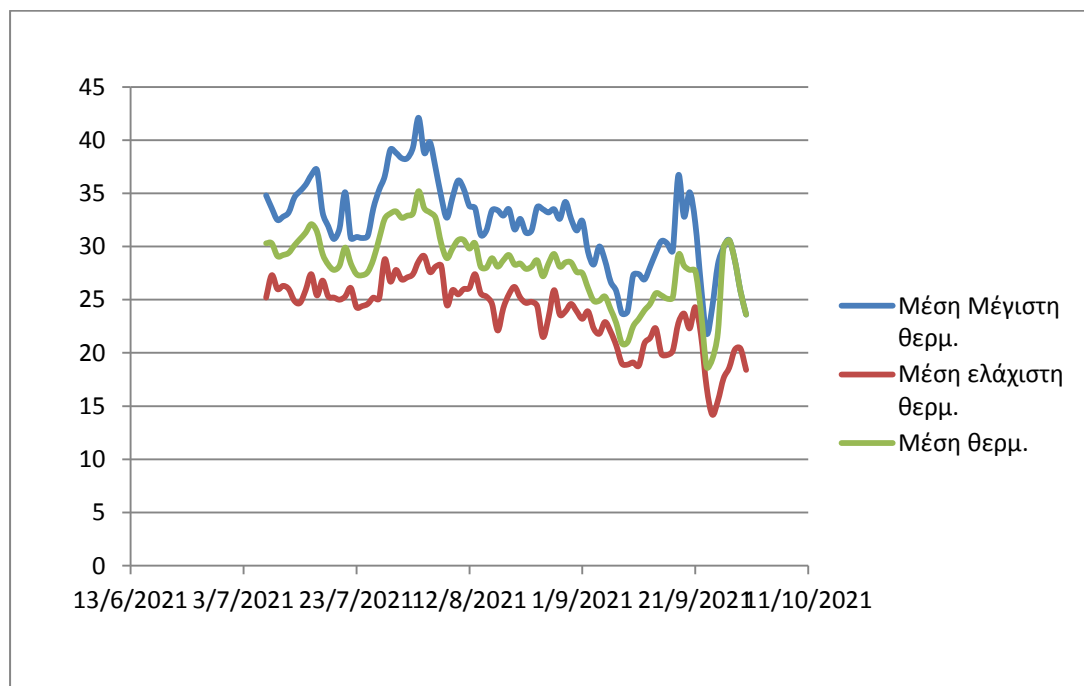
Οι μετρήσεις ύψους των φυτών πραγματοποιούνταν κάθε επτά μέρες με έναρξη μία εβδομάδα μετά τη φύτευση. Την τέταρτη εβδομάδα πραγματοποιήθηκε μέτρηση σε Leaf Area Index (LAI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) και Soil Plant Analysis Development (SPAD). Το πείραμα ολοκληρώθηκε την ενδέκατη εβδομάδα με μετρήσεις στο ριζικό σύστημα των φυτών. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν πυκνότητα μήκους ριζών, διάμετρος ριζών, όγκος ριζών, πυκνότητα μάζας ριζών, ποσοστό αποικισμού των ριζών από μυκόρριζες, και ολικό άζωτο ριζών.

## 2.4. Συγκομιδή

Τα φυτά αφέθηκαν χωρίς άρδευση λίγες μέρες πριν την ημερομηνία συγκομιδής τους με σκοπό την αύξηση του ποσοστού CBD. Δεν πραγματοποιήθηκε συγκομιδή των φυτών καθώς προέκυψε απώλεια αυτών λόγω κλοπής.

## 2.5.Κλιματικές συνθήκες αγρού και φυσικοχημικές ιδιότητες του υποστρώματος.

Στο διάγραμμα 2.4.1 παρουσιάζονται οι μεταβολές τις θερμοκρασίας κατά το χρονικό διάστημα Ιούλιος - Σεπτέμβριος 2021 ως προς τη μέση, μέγιστη και ελάχιστη διακύμανση. Οι βροχοπτώσεις το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ήταν αμελητέες.



Γράφημα 2.4.1 Μέση, μέγιστη και ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία από 7/7/2021 μέχρι 30/9/2021.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των βιοκόμποστ ακολουθούν στον Πίνακα 2.4.2, για το Vermicompost αλλά και για το εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριού με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς, επιπλέον αναφέρονται οι παράμετροι και τα όρια των αναλύσεων.

Πίνακας 2.4.2. Ανάλυση compost

Παράμετρος	Vermicompost (V)	Εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριού/αγελαδινή κοπριά (MA)	Όρια
Υγρασία (%)	46,8	45	30 - 40 FAO <sup>1</sup>
PH	8,8	8,6	4 - 9 ECN <sup>2</sup>
Ηλ. Αγωγιμότητα (μS/cm)	2293	3490	≤ 1.9 ECN
Συνολικά άλατα (g/L)	1,15	1,71	<2.0 Austrian Ministry for Agriculture and Forestry <sup>3</sup>
C/N	14,3	15,2	10 - 15 FAO
CaCO <sub>3</sub> (%)	4,4	15,1	
Οργανική Ουσία (%)	58,7	35,3	≥ 15 ECN

Ολικός C (%)	32,9	19,8	≥ 15 EU Regulation <sup>4</sup>
Ολικό N(%)	2,30	1,30	≥ 1 EU Regulation
Ολικός P (%)	0,78	0,23	≥ 1 EU Regulation
Ολικό K (%)	2,1	1,0	≥ 1 EU Regulation
Ολικό N+P+K (%)	5,18	2,53	≥ 4 EU Regulation
Ολικό Ca (%)	2,1	6,6	1.5 - 3.5 Oregon State University, USA <sup>5</sup>
Ολικό Mg (%)	0,19	0,33	0.25 - 0.70 Oregon State University, USA
Ολικό Na (%)	0,29	0,24	<0.6 Oregon State University, USA
Ολικός Fe (ppm)	3666	618	
Ολικός Cu (mg/kg)	48	27	100 EU ECO Label
Ολικός Zn (mg/kg)	283	54	300 EU ECO Label
Ολικό Mn(mg/kg)	182	289	
Δοκιμή φυτοτοξικότητας (%)	57	82	≥ 80 ECN
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)	765,84	311,76	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg)	15,75	9,16	
Βαθμός σταθερότητας ("Rottegrad")		V	V EU Ecolabel Criteria <sup>6</sup>

<sup>1</sup>Roman, P., Martinez, M.M.,Pentaja, 2015. Farmers Compost Handbook, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<sup>2</sup> European Compost Network, 2018. Guidelines - Specification for the Use of Quality Compost in Growing Media, European Quality Assurance Scheme, ECN - QAS, Part D.

<sup>3</sup> Frohlich, M., Hechenbichler G., Hundsberge, S., Ortner, M., Baumgartner, A., 1993 Kompostqualität: Anwendungsformern - Guteklassen (Compost Quality - Application Classes) in Handbuch der Kompostierung, Austrian Ministry for Agriculture and Forestry, Vienna, Austria.

<sup>4</sup> European Parliament and Council, 2019. Laying down rules on the making available on the market of EU fertilizing products and amending, Regulations (EU) 2019/ 1009.

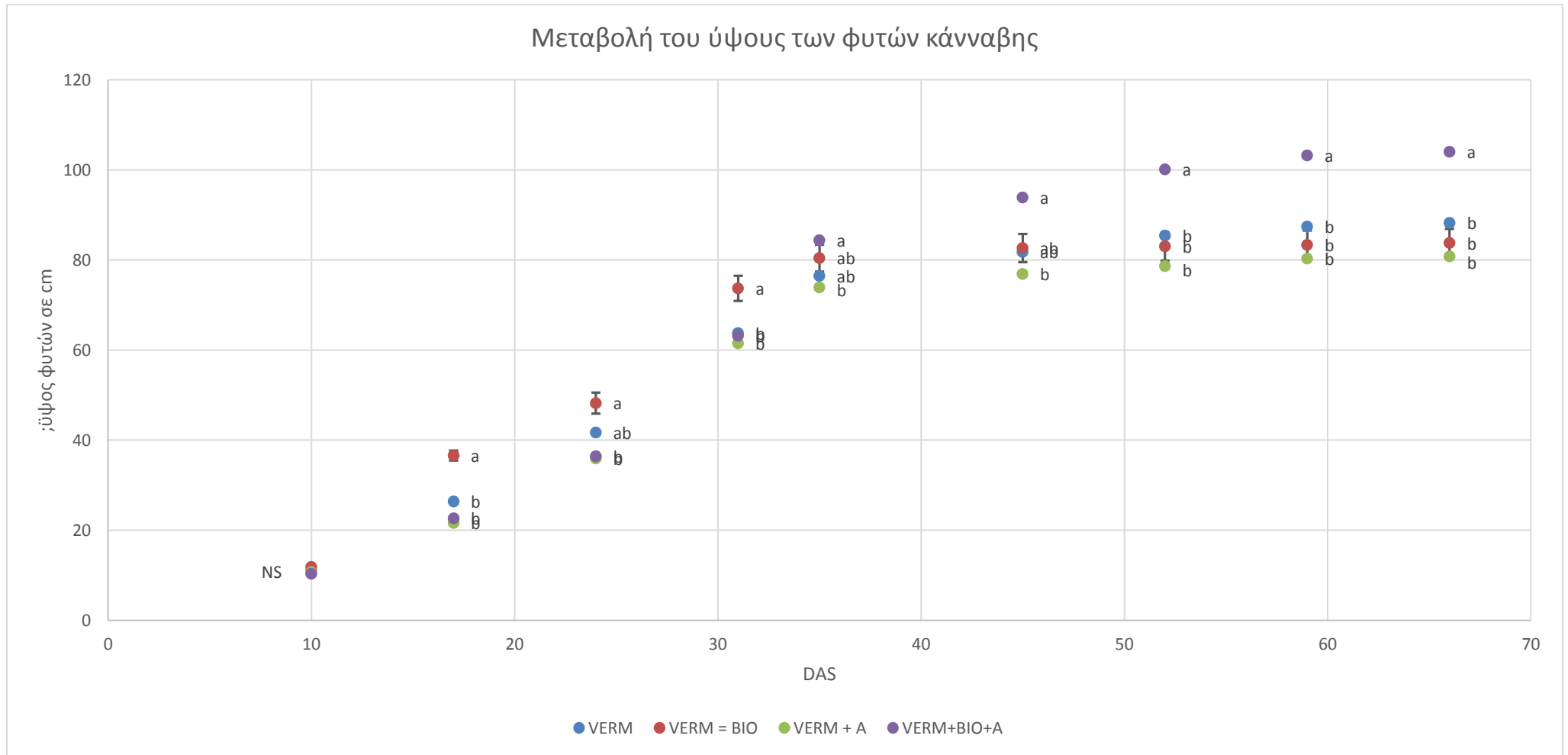
<sup>5</sup> Sullivan, D.M., Bary, A.I., Miller, R.O., Brewer, L.J., 2018. Interpreting Compost Analyses, Oregon State University, USA.

<sup>6</sup> Rodriguez Quintero, R., Garbarino, E., Saveyn, H., Wolf, O., 2015. Revision of the Ecolabel Criteria for soil Improvers and growing media, JRC science for policy report, European Commission.

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με την χρήση του στατιστικού προγράμματος **SPSSstatistics 23**

### 3.1 Ύψος φυτών



**Σχήμα 1.** Μεταβολή του ύψους των φυτών (cm) κάνναβης στα διάφορα υποστρώματα ανάπτυξης όπου DAS ημέρες μετά την σπορά και I το τυπικό σφάλμα.

Στο Σχ.1 είναι εμφανές ότι το ύψος των φυτών επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά ( $P < 0.05$ ) από τις διάφορες μεταχειρίσεις (Παράρτημα 1). Η μεγαλύτερη αύξηση στο ύψος των φυτών παρατηρήθηκε στο συνδυαστικό υπόστρωμα VERM+BIO+A. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν διέφεραν μεταξύ τους.

### 3.2 Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στο NDVI

Το NDVI δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά ( $P > 0.05$ ) από τις μεταχειρίσεις σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα

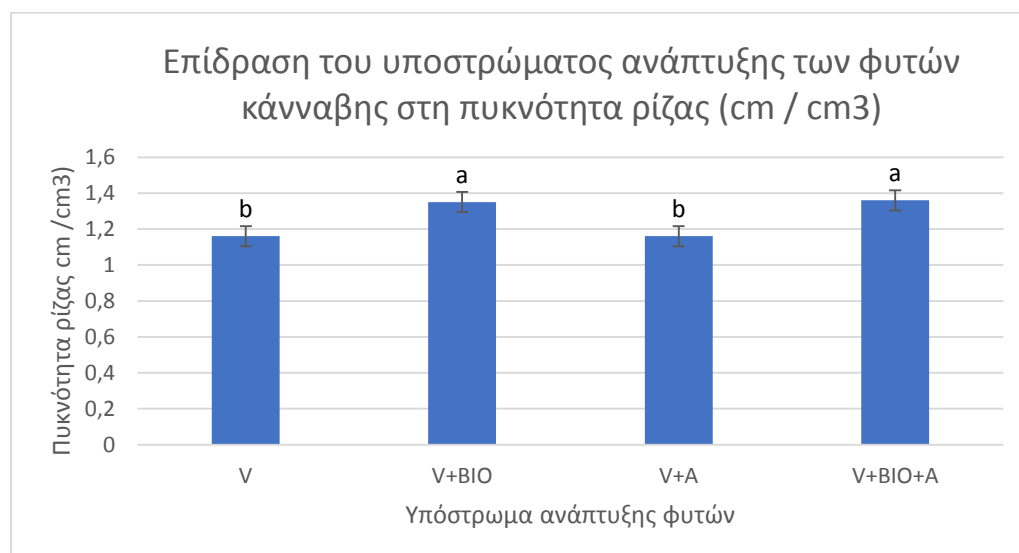
Πίνακας 1 . Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) του NDVI

**ANOVA**

ndvi

	Sum of Squares	df	MeanSquare	F	Sig.
BetweenGroups	,001	3	,000	,140	,935
WithinGroups	,133	76	,002		
Total	,134	79			

### 3.3 Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στη ρίζα των σποριόφυτων κάρναβης

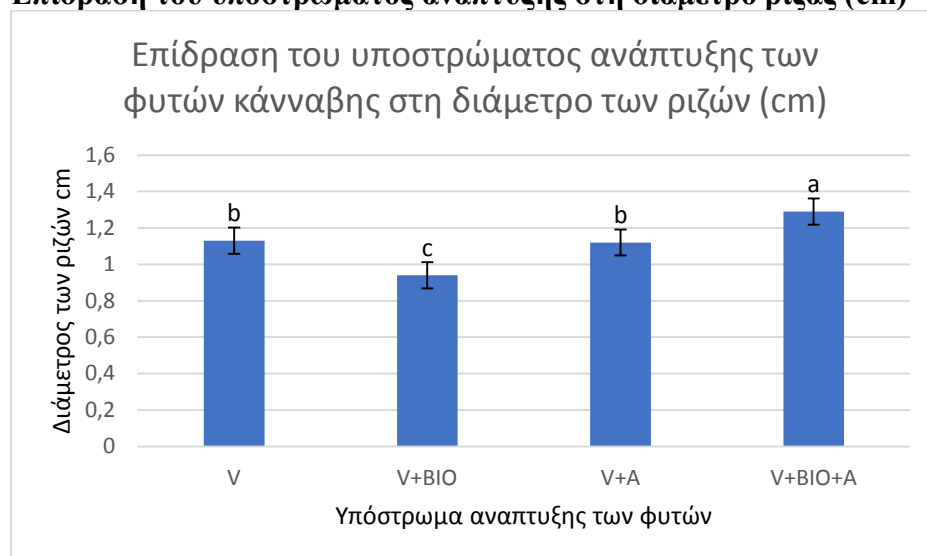


**Σχήμα 2.** Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στην πυκνότητα ρίζας (cm/cm<sup>3</sup>), των σποριόφυτων I το τυπικό σφάλμα

Στο Σχ.2 είναι εμφανές ότι η πυκνότητα της ρίζας εκφρασμένη ως μήκος ανά όγκο υποστρώματος (cm/cm<sup>3</sup>) επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις

( $P < 0,05$ ) (Σχ.). Η μεγαλύτερη πυκνότητα ρίζας παρατηρήθηκε στις μεταχειρίσεις V+ΒΙΟ και V+A+ΒΙΟ και η μικρότερη ρίζα στις μεταχειρίσεις V και V+A.

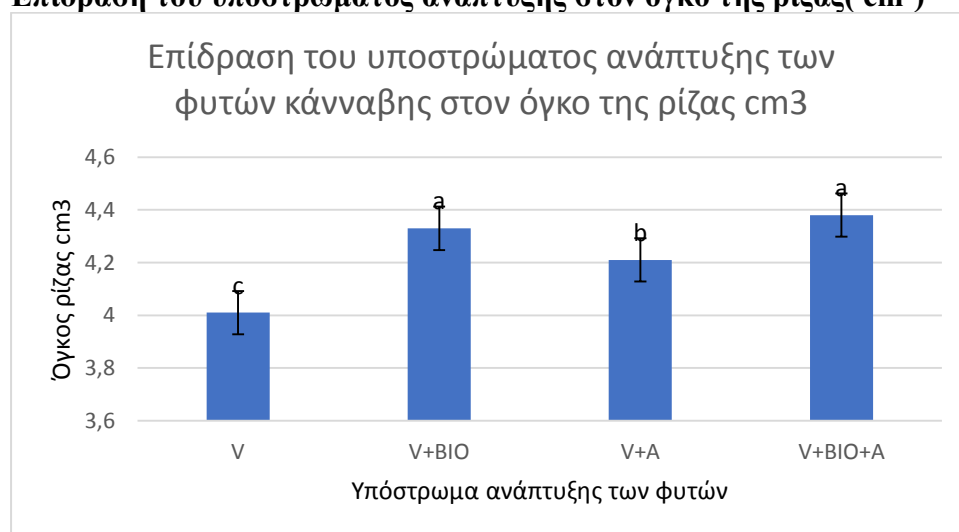
### Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στη διάμετρο ρίζας (cm)



**Σχήμα 3.** Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στη διάμετρο της ρίζας (cm), των σποριόφυτων το τυπικό σφάλμα.

Στο Σχ.3 είναι εμφανές ότι η διάμετρος της ρίζας εκφρασμένη σε cm επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις ( $P < 0,05$ ). Η μεγαλύτερη διάμετρος της ρίζας παρατηρήθηκε στις μεταχειρίσεις V+ΒΙΟ+A με ενδιάμεσες τις μεταχειρίσεις V και V+A και η μικρότερη στη μεταχείριση με V+ΒΙΟ.

### Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στον όγκο της ρίζας ( $cm^3$ )

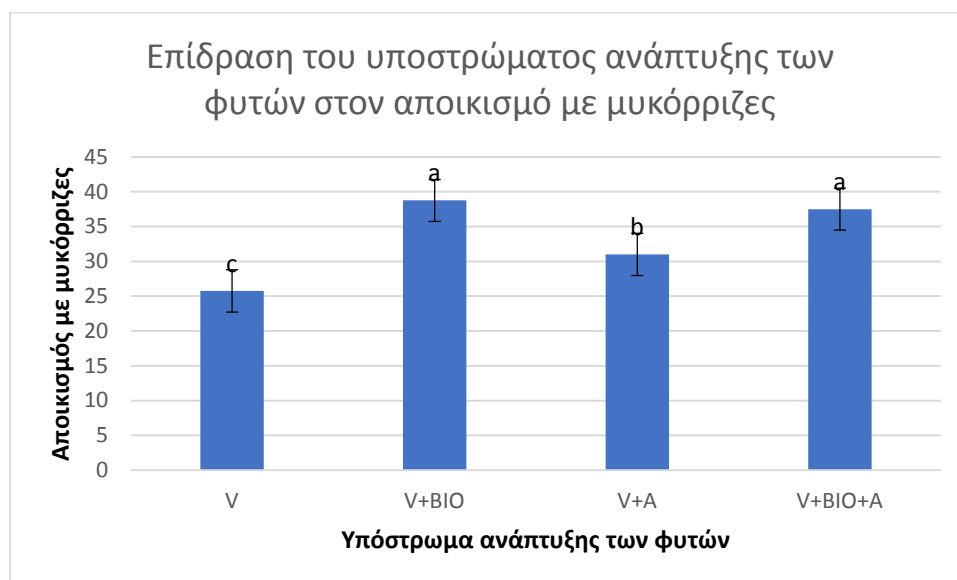


**Σχήμα 4.** Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης, στον όγκο ρίζας ( $cm^3$ ) των σποριόφυτων I το τυπικό σφάλμα.



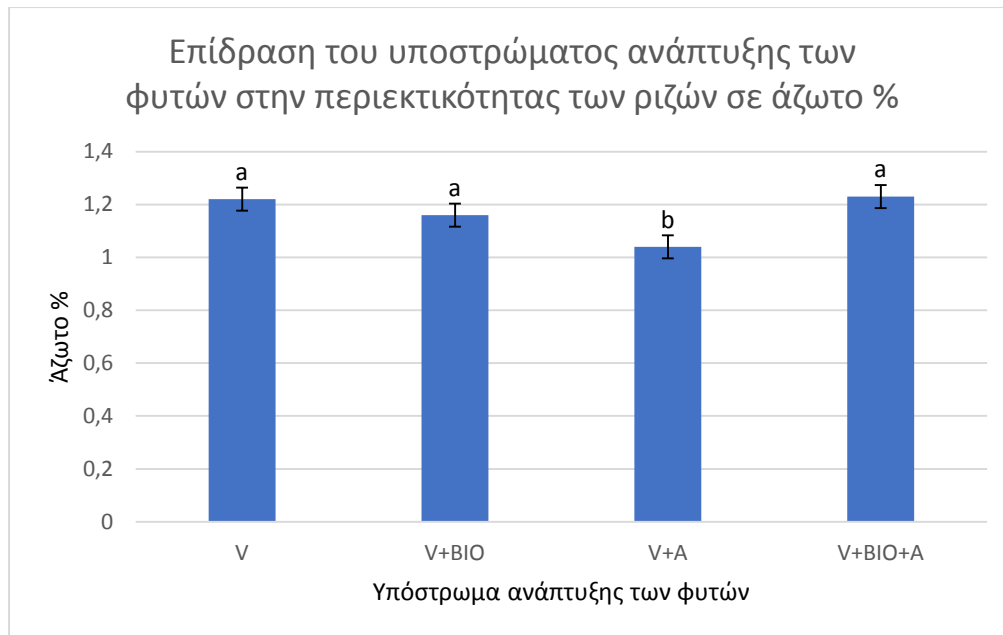
Στο Σχ. 4 είναι εμφανές ότι ο όγκος της ρίζας εκφρασμένος ως  $\text{cm}^3$  επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις ( $P < 0,05$ ). Ο μεγαλύτερος όγκος ρίζας παρατηρήθηκε στη μεταχείριση V+BIO+A με ενδιάμεσες τις μεταχειρίσεις V+BIO και V+A και μικρότερο όγκο στη μεταχείριση με V.

#### Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης στον αποικισμό με μυκόρριζες



**Σχήμα 5.** Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης, στο ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζες (AMF) I το τυπικό σφάλμα

Στο Σχ. 5 είναι εμφανές ότι το ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζες (AMF) επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις ( $P < 0,05$ ). Το μεγαλύτερο ποσοστό αποικισμού παρατηρήθηκε στη μεταχείριση V+BIO+A με ενδιάμεσες τις μεταχειρίσεις V+BIO και V+A και μικρότερο στη μεταχείριση με V.



**Σχήμα 6.** Επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης, στην % περιεκτικότητα ρίζας σε άζωτο I το τυπικό σφάλμα

Στο Σχ. 6 είναι εμφανές ότι η % περιεκτικότητα ρίζας σε άζωτο επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τις μεταχειρίσεις ( $P < 0,05$ ). Η % περιεκτικότητα ρίζας σε άζωτο ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση V+BIO+A και η μικρότερη στη μεταχείριση με V+A

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραγωγή βιομάζας επηρεάζεται σημαντικά από τον γονότυπο και το σύστημα ανάπτυξης των φυτών κάνναβης. (Campbell, B. Jetal., 2019). Ανάλογες διαφορές παρατηρήθηκαν και στη παρούσα μελέτη όπου η μεγαλύτερη αύξηση της ετήσιας βλάστησης παρατηρήθηκε στην μεταχείριση ως υπόστρωμα ανάπτυξης V+BIO+A ενώ οι άλλες μεταχειρίσεις δεν έδειξαν τουλάχιστον στην τελευταία μέτρηση στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P>0.05$ ). Δεν είναι εφικτό από τα δεδομένα να προσδιορίσουμε στη συμμετοχή του κάθε υλικού στην διαφοροποίηση της αύξησης των φυτών διότι λόγω μεγέθους του πειράματος δεν ήταν εφικτό να μελετηθούν και οι μεταχειρίσεις BIO και A.

Η καλλιέργεια των φυτών σε υποστρώματα ανάπτυξης εφαρμόζεται εμπορικά στην παραγωγή φυτών στο θερμοκήπιο. Τα υποστρώματα ανάπτυξης προέρχονται από αναμίξεις διαφόρων υλικών π.χ. τύρφη, ανόργανα υλικά όπως βερμικουλιτής, περλίτης και άμμο και έχουν χρησιμοποιηθεί με αρκετά καλά αποτελέσματα στη παραγωγικότητα των φυτών (Bunt, A.C., 1988). Τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν ότι η συνδυασμένη χρήση των 3 υλικών στο υπόστρωμα ανάπτυξης έδωσε την μεγαλύτερη αύξηση των φυτών.

Είναι απαραίτητη όμως η περαιτέρω διερεύνηση των διαφορών διότι στη επιλογή των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών μεγάλη σημασία έχει εκτός των άλλων και η καλή ανάπτυξη των ριζών. Είναι γνωστό ότι σε αντίθεση με το έδαφος η ανάπτυξη φυτών σε γλάστρες παρέχει μικρό όγκο υποστρώματος με αποτέλεσμα το υπόστρωμα ανάπτυξης έρχεται γρήγορα στο σημείο κορεσμού με υγρασία μετά την άρδευση αλλά λόγω του μικρού όγκου δεν αποθηκεύει νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Δηλαδή ένα καλό υπόστρωμα ανάπτυξης πρέπει να εξασφαλίζει μια ισορροπία μεταξύ της περιεκτικότητας σε υγρασία και του αέρα. Fonteno, W.C (1993). Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η μεγαλύτερη αύξηση του μήκους της βλάστησης συνοδεύονταν με καλύτερη ανάπτυξη της ρίζας των φυτών κάνναβης στη μεταχείριση με V+BIO+A, ανάλογη διαφοροποίηση παρατηρήθηκε και από του (Burgel et al., 2020) με την χρήση όμως κοκκοφοίνικα ως υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Η καλύτερη ανάπτυξη της ρίζας περιελάβανε την μεγαλύτερη πυκνότητα, διάμετρο και όγκο ρίζας στη μεταχείριση με V+BIO+A. Είναι γνωστό ότι η υψηλή πυκνότητα ρίζας αυξάνει τον όγκο του εδάφους που έρχεται σε επαφή με την ρίζα και αυξάνει την αποτελεσματικότητα πρόσληψης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων

Ο). Η μεγαλύτερη πυκνότητα ρίζας οφείλεται εκτός των άλλων π.χ. αριθμό ριζών και μήκος και σε μεγαλύτερη διάμετρο και όγκο της ρίζας που παρατηρήθηκε στο παρόν πείραμα.

Επίσης η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι ο εποικισμός των ριζών με μυκόρριζες αυξήθηκε σημαντικά στη μεταχείριση με V+BIO+A. Οι μυκόρριζες είναι γνωστό ότι αυξάνουν την επιφάνεια της ρίζας και ευνοούν την πρόσληψη ανόργανων θρεπτικών στοιχείων ιδιαίτερα των στοιχείων που είναι δυσκίνητα στο έδαφος όπως φώσφορο και ψευδάργυρος. Δεν πραγματοποιήθηκε όμως ανάλυση φυτικών ιστών ώστε να προσδιορίσουμε εάν υπάρχουν διαφορές στη περιεκτικότητα των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Επιπλέον η περιεκτικότητα της ρίζας σε άζωτο ήταν μεγαλύτερη στην μεταχείριση με V+BIO+Απιθανώς λόγω του υψηλού εποικισμού με μυκόρριζες ή και της αναδιανομής του αζώτου προς την ρίζα 'ώστε να τρέφονται οι μυκόρριζες.

**Συμπερασματικά η χρήση ενός παρόμοιου υποστρώματος π.χ. V+BIO+A συνιστάται για αυξημένη παραγωγή φυτικής μάζας που είναι σημαντικό στην επεξεργασία της κάνναβης για φαρμακευτικούς σκοπούς.**

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική βιβλιογραφία

- Παπαδόπουλος Γ., 1959. Η Κάνναβις, Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα.
- Παπακώστα - Τασοπούλου Δ., Βιομηχανικά φυτά, Εκδόσεις Σύγχρονη παιδεία Β' έκδοση, Θεσσαλονίκη 2013.
- Τσαλίκη Ε., Καλύβας Α., Μαλούπα Ε., 2016, Οδηγός Καλλιέργειας Κλωστικής Κάνναβης στην Ελλάδα, ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Θεσσαλονίκη.
- ΚΥΑ 1750/39224. Καθορισμός των αναγκαίων συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή του Κανονισμού(ΕΕ) αρ. 1307/2013 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 347 της 20.12.2013, σ. 608), και των Κανονισμών (ΕΕ) αρ. 809/2014 (ΕΕ L 227 της 31.7.2014, σ. 69) και 639/2014 (ΕΕ L 181 της 20.6.2014, σ. 1) της Επιτροπής, σχετικά με τους όρους και τις προϋποθέσεις καλλιέργειας των ποικιλιών κάνναβης του είδους *Cannabis sativa* L. με περιεκτικότητα σε τετρα - υδροκάνναβιόλη μέχρι 0,2%, για την χορήγηση της βασικής ενίσχυσης. ΦΕΚ Β' 929/6-4-2016.

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., Cosentino, S.L., Pahkala, K., Stomph, T.J., Westerhuis, W., Venturi, G., 2012 Evaluatio of phonological model for strategic decisions for hemp (*Cannabis sativa* L.) biomass production across European sites. Ind. Crops Prod. 37, p.95 - 110.
- Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F.H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, S.L., 2014. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. Industrial Crops and products, p.2 - 16.
- Amaducci, S., Zatta, A., Raffalini, M., Venturi, G., 2008. Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. Plant and soil, p. 227 - 235.
- Anderson, 1974. A study of systematic wood anatomy in Cannabis. Botanical Museum Leaflets, Harvard University. Vol.24(2) p. 29 - 36.
- Angelini, L. G., tavarini, M.D. Candilo. 2016. Performance of new and traditional fiber hemp(*Cannabis sativa* L.) cultivars for novel applications:

Stem, Bark and Core Yield and Chemical Composition, *Journal of Natural Fibers*. 13:2, p. 238 - 252.

- Anioli T, Mattner S.W., Winberg P.C. 2015. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. *J Appl Phycol*. 27: 7-15.
- Aubin, M., Seguin, P., Vanasse, A., Tremblay, G.F, Mustafa, A.F. and Charron, J. 2015. Industrial hemp response to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Crop, Forage and Turfgrass Management*, vol. 1, p. 1 - 10.
- Baldini, M., Ferfuia, C., Zuliani, F., Danuso, F., 2020. Suitability assessment of different hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties to the cultivation environment. *Industrial Crops and Products* 143, 111860.
- Beremji, J., Sikora, V., Fournier, G., Beherec, O., 2013. Genetics and selection of hemp. *Hemp Industrial Production and Uses*. CABI, Wallingford, UK, p. 48 - 71.
- Bernal, M., Alburquerque, J. & Moral, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*. 100(22):5444 - 53.
- Bocsa, I. & Karus. 1998. The cultivation of hemp. Botany, varieties, cultivation and harvesting. *Hemptech*, Sebastopol.
- Bunt, A.C. *Media and Mixes for Container-Growth Plants*; Unwin Hyman: London, UK, 1988.
- Lisa Burgel, Jens Hartung and Simone Grae\_-Hönninger. Impact of Different Growing Substrates on Growth, Yield and Cannabinoid Content of Two *Cannabis sativa* L. Genotypes in a Pot Culture *Horticulturae* 2020, 6, 62; doi:10.3390/horticulturae6040062
- Campbell, B.J.; Berrada, A.F.; Hudalla, C.; Amaducci, S.; McKay, J.K. Genotype \_ Environment Interactions of Industrial Hemp Cultivars Highlight Diverse Responses to Environmental Factors. *Agrosyst. Geosci. Environ.* **2019**, 2, 1–11. [
- Cherniak, L. 1982. *The Great Books of Cannabis* vol,I, Book II. Damele Publishing, Oakland, CA.
- Clarke, R.C. 1981. *Marijuana botany. An advanced study: propagation and breeding of distinctive cannabis*, And/Or Press, Berkeley, California, USA.

- Gong, C., 2007. Microbial safety control of compost material with cow dung by heat treatment. *Journal of Environmental Sciences*. 19(8): 1014-9.
- Cosentino, L., Testa, G., Scordia, D., Copani, V. 2012. Sowing time and prediction of flowering of different hemp ( *Cannabis sativa* L.) genotypes in Southern Europe. *Industrial Crops and Products* 37(1), p. 20 - 33.
- Dempsey, J.M., 1975. Hemp In: *Fibre Crops*. University of Florida Press, Gainesville, FL, p. 46 - 89.
- Dzubak, P., Hajduch, M., Vydra, D., Hustova, A., Kvasnica, M., Biedermann, D., Markova, L., Urban, M., Sarek, J. 2006. Pharmacological activities of natural triterpenoids and their therapeutic implications. *Natural Product Reports*.
- El Bourkari, M.E.M, Barakate, M., Bouhia, Y., Lyamlouli, K. 2020. Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil- Plant Systems. *Plants*. 9, 359.
- ElSohly, M.A., Radvan, M.M., Gul, W., Chandra, S., Galal, A. 2017. *Phytochemistry of Cannabis Sativa L.* Springer Nature.
- Craigie JS. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol*. 23: 371–393.
- FAO 2003. On farm composting Methods. Land and Water Discussion paper No. 2. Rome.
- FAO. 2005. The importance of soil organic matter, key to drought - resistance soil and sustained food production. *FAO Soils Bulletin* No. 80. Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). 2017. <http://www,fao.org/faostat/en/#data>.
- Fike, J. 2016. Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. *Critical Reviews in Plant Sciences* 35(5 - 6), p. 406 - 424.
- Flajsman, M., Kocjan Acko, D., 2020. Influence of edarhoclimatic conditions on stem production and stem morphological characteristics of 10 European hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties. *Acta Agriculture Slovenica*, 115(2), p. 399 - 408.
- Fonteno, W.C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. In *International Symposium on Horticultural*

Substrates Other than Soil In Situ; Acta Horticulturae: Leuven, Belgium, 1993; Volume 342, pp. 197–204.

- Hall, J., Bhattarai, S.P., Midmore, D.J. 2013. The Effects of Different Sowing Times on Maturity Rates, Biomass and Plant Growth of Industrial Fiber Hemp. *Journal of Natural Fibers* 10(1), p. 40 - 50.
- Haney, A. & Bazzaz, F. A. 1970. Some ecological implications of the distribution of hemp (*Cannabis stiva* L.) in the United States of America. P. 39 - 48.
- Haney, A. & Kutscheid, B.B. 1975. An ecological study of naturalized hep (*Cannabis sativa* L.) in east- central Illinois. *Am. Midl. Nat.*93: p.1 - 24.
- Heslop - Harrison J, Heslop - Harrison Y. 1969. *Cannabis sativa* L. In: Evans LT, ed. *The Induction of Flowering*. Macmillan, 205 - 226.
- Hollister, L.E. 1986. Health aspects of Cannabis. *American Society for Pharmacology and Expirimental Therapeutics* 38(1).
- Islam, M., doyle, M.P., Phatak, S.C., Milner, P.& Jiang, X. 2005. Survival of *Escherichia coli* O157: H7 in soil and on carrots and onions grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *Food Microbiology*. 22(1): 63 - 70.
- Ivanyi, I., Inzaki, Z. 1996. A tapanyagellatas hatasa a rostkender(*Cannabis sativa* L.) tapelemfelvetelere a tenyeszido folyaman( Effect of nutrient supply on nutrient uptake of fibre hemp during the growing season). *Novenytermelew* 45(2), p/ 181 - 193.
- Keller, A., Leupin, M., Mediavilla, V., Wintermantel, E., 2001. Influence of the growthstage of industrial hemp on chemical and physical properties of fibres. *Industrial Crops Production*. 13, p. 35 - 48.
- Klarzynski O, Plesse B, Joubert JM, Yvin JC, Kopp M, Kloareg B, et al. 2000. Linear  $\beta$ -1, 3-glucans are elicitors of defense responses in tobacco. *Plant Physiol.*45:567-588
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D. M. 2009. Seaweed extracts as bio-stimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28, p.386 - 389.
- Lasaridi, K., Protopapa, I., Kotsou, M., Pilidis, G., Manios, T. & Kyriacou, A.



2006. Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. *Journal of Environmental Management*. 80(1): 58 - 65.
- Lazcano, C., Gomez- Brandon, M. & Dompiguez J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*, 72: 1013 - 1019
  - Lisson, S.N., Mendham, N.J., Carberry, P.S., 2000. Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. *Aust. J. Exp. Agric.* 40, p. 405 - 411.
  - Lotzof, M. 2012. Very large scale vermiculture in sludge stabilization. Vermitech Pty Limited. Australia.
  - Magdoff, F. & Weil, R. 2004. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. CRC Press LLC. Boca Raton. P. 59 - 84.
  - Marmor, J.B. 1998. Medical Marijuana. *Western journal of medicine* 168(6) p. 540 - 543.
  - Mechler, K.J. Bailer, K. de Hueber. 2004. Variations of  $\Delta$ -9 THC content in single plants of hemp varieties. *Industrial Crops and Products*. P. 19 - 24.
  - Merlin, M.D. 2003. Archaeological evidence for the tradition of psychoactive plant use in the old world. *Economy Botany* 57, p. 295 - 323.
  - Motamedi, A., Jafapour, M., Oshaghi, M. 2022. Improving the vermicompost quality by using horticultural and agronomic residues. *Journal of Plant Nutrition* 45(5), p. 727 - 738.
  - Neeman, M. 1969. The cultivation of hemp in Ireland. *FIBRA* 14 (1), p.23 - 35.
  - Nelson, P.V. *Greenhouse Operation & Management*; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.
  - Oliveira, M., Usall, J., Vinas, I., Solsona, C. & Abadias M. 2011. Transfer of *Listeria innocua* from contaminated compost and irrigation water to lettuce leaves. *Food microbiology*. 28(3): 590 - 6.
  - Pertwee, R.G.(Ed.). 2014. *Handbook of Cannabis*. Oxford University Press. p. 781.
  - Pilluzza, G., Delogu, G., Cabras, A., Marceddu, S., Bullitta, S. 2013.

Differentiation between fiber and drug types of hemp(*Cannabis sativa* L.) from a collection of wild and domesticated accessions. *Genet Resour Crop Evol.* 60, p. 2331 - 2342.

- Roman , P., Martinez, M.M., Pantoja, A. 2015. *Farmer's Composting Handbook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ryz, N. R., Remillard D. J., Russo. E. B. 2017. *Cannabis Roots: A Traditional Therapy with Future Potential for Treating Inflammation and Pain*. Mary Ann Liebert, Inc.
- Salentijn, E.M,J., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., Trindade, L.M. 2015. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial Crops and Production*, 68, p. 32 - 41.
- Schuldt, M., Christiansen R., Scatturice L.A & Mayo J.P. 2007. *Lambricoltura. Desarrollo y adaptacion a diferentes condiciones de temperie*. *RedVet.* VIII(8): 1 - 10.
- Schultes, R.E. & Hofmann, A. 1980. *The Botany and Chemistry of Hallucinogens*. Springfield, Illinois: Charles e. Thomas.
- Sengbusch, R.V. 1952. *Pflanzenzücht* 31, p. 319 - 338.
- Sikora, V., Berenji, J., Latkovic, D. 2011. Influence of agroclimatic conditions on content of main cannabinoids in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Genetika*, 43(3), p. 449 - 456.
- Small, E. 2017. *Classification of Cannabis sativa L. in Relaxation to Agricultural, Biotechnological, Medical and Recreational Utilization*. Botany and biotechnology. Springer.
- Small, E. & Cronquist, A. 1976. A practical and natural taxonomy for Cannabis. *Taxon* 25(4) P. 405 - 435.
- Steam, W. T. 1970. *The Cannabis Plant: Botanical Characteristics*. In C.R.B. Joyce and S.H Curry(eds), *The Botany and Chemistry of Cannabis*, Churchill, London, UK, p. 1 - 10.
- Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelkova, M., Stramkale, V., Magagnini, G. and Amaducci, S. 2017. A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual- purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, vol 107,

p. 427 - 438.

- Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Stramkale, V., Amaducci, S. 2016. Comparing hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products*, 87, p. 33 - 44.
- Van der Werf, Hayo M.G., 1994. Crop physiology of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Vera, C. L., Malhi, S.S., Raney, J. P. and Wang, Z, H. 2004. The effect of N and P fertilization on growth, seed yield and quality of industrial hemp in the Parkland region of Saskatchewan.
- Villareal, A.P.B., Tumipamba, D.E.G., Sarzosa, F.V.C. 2022. Vermicomposting: Production of Humus and Biol. *Smart Innovation, Systems and Technologies* 252, p. 591 - 600.
- Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I.A. & Brown, P.H. 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 7, 2049.

#### **Ηλεκτρονικές διευθύνσεις**

- European Industrial Hemp Association [www.eiha.org](http://www.eiha.org)
- McGill University. 1996. Environmental benefits of hemp, Ecological Agriculture Projects - Macdonald Campus [https://eap.mcgill.ca/CPH\\_3.htm](https://eap.mcgill.ca/CPH_3.htm)
- <http://www.capo.gov.cy>
- [www.e-nomothesia.gr](http://www.e-nomothesia.gr)
- USDA (United States Department of Agriculture) [hempuniversity.com](http://hempuniversity.com)
- [www.gov.mb.ca](http://www.gov.mb.ca)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.** Στατιστική επεξεργασία του ύψους των φυτών στα διάφορα στάδια ανάπτυξης σποριόφυτων κάνναβης

**1<sup>η</sup> μέτρηση : 24,07,21**

**ANOVA**

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26,237	3	8,746	4,468	,006
Within Groups	148,750	76	1,957		
Total	174,987	79			

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: VAR00002

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) VAR00001	(J) VAR00001				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	-,75000	,44241	,094	-1,6311	,1311
		3,00	,40000	,44241	,369	-,4811	1,2811
		4,00	,80000	,44241	,075	-,0811	1,6811
	2,00	1,00	,75000	,44241	,094	-,1311	1,6311
		3,00	1,15000*	,44241	,011	,2689	2,0311
		4,00	1,55000*	,44241	,001	,6689	2,4311
	3,00	1,00	-,40000	,44241	,369	-1,2811	,4811
		2,00	-1,15000*	,44241	,011	-2,0311	-,2689
		4,00	,40000	,44241	,369	-,4811	1,2811
4,00	1,00	-,80000	,44241	,075	-1,6811	,0811	
	2,00	-1,55000*	,44241	,001	-2,4311	-,6689	
	3,00	-,40000	,44241	,369	-1,2811	,4811	

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

2<sup>η</sup> μέτρηση : 31,07,21

**ANOVA**

VAR00004

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	394,237	3	131,413	2,635	,056
Within Groups	3790,950	76	49,881		
Total	4185,188	79			

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: VAR00004

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) VAR00001	(J) VAR00001				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	-,20000	2,23340	,929	-4,6482	4,2482
		3,00	4,80000*	2,23340	,035	,3518	9,2482
		4,00	3,75000	2,23340	,097	-,6982	8,1982
	2,00	1,00	,20000	2,23340	,929	-4,2482	4,6482
		3,00	5,00000*	2,23340	,028	,5518	9,4482
		4,00	3,95000	2,23340	,081	-,4982	8,3982
	3,00	1,00	-4,80000*	2,23340	,035	-9,2482	-,3518
		2,00	-5,00000*	2,23340	,028	-9,4482	-,5518
		4,00	-1,05000	2,23340	,640	-5,4982	3,3982
4,00	1,00	-3,75000	2,23340	,097	-8,1982	,6982	
	2,00	-3,95000	2,23340	,081	-8,3982	,4982	
	3,00	1,05000	2,23340	,640	-3,3982	5,4982	

3<sup>η</sup> μέτρηση : 07,08,21

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1269,038	3	423,013	1,947	,129
Within Groups	16512,350	76	217,268		
Total	17781,387	79			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00002

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) VAR00001	(J) VAR00001				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	-3,95000	4,66120	,399	-13,2336	5,3336
		3,00	2,55000	4,66120	,586	-6,7336	11,8336
		4,00	-7,95000	4,66120	,092	-17,2336	1,3336
	2,00	1,00	3,95000	4,66120	,399	-5,3336	13,2336
		3,00	6,50000	4,66120	,167	-2,7836	15,7836
		4,00	-4,00000	4,66120	,394	-13,2836	5,2836
	3,00	1,00	-2,55000	4,66120	,586	-11,8336	6,7336
		2,00	-6,50000	4,66120	,167	-15,7836	2,7836
		4,00	-10,50000*	4,66120	,027	-19,7836	-1,2164
4,00	1,00	7,95000	4,66120	,092	-1,3336	17,2336	
	2,00	4,00000	4,66120	,394	-5,2836	13,2836	
	3,00	10,50000*	4,66120	,027	1,2164	19,7836	

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

4<sup>η</sup> μέτρηση : 14,08,21

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3550,150	3	1183,383	3,774	,014
Within Groups	23831,800	76	313,576		
Total	27381,950	79			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00002

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) VAR00001	(J) VAR00001				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	3,30000	5,59979	,557	-7,8529	14,4529
		3,00	4,90000	5,59979	,384	-6,2529	16,0529
		4,00	-12,10000*	5,59979	,034	-23,2529	-,9471
	2,00	1,00	-3,30000	5,59979	,557	-14,4529	7,8529
		3,00	1,60000	5,59979	,776	-9,5529	12,7529
		4,00	-15,40000*	5,59979	,007	-26,5529	-4,2471
	3,00	1,00	-4,90000	5,59979	,384	-16,0529	6,2529
		2,00	-1,60000	5,59979	,776	-12,7529	9,5529
		4,00	-17,00000*	5,59979	,003	-28,1529	-5,8471
4,00	1,00	12,10000*	5,59979	,034	,9471	23,2529	
	2,00	15,40000*	5,59979	,007	4,2471	26,5529	
	3,00	17,00000*	5,59979	,003	5,8471	28,1529	

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

Multiple Comparisons

5<sup>η</sup> μέτρηση : 21,08,21

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6081,300	3	2027,100	5,717	,001
Within Groups	26949,700	76	354,601		
Total	33031,000	79			

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: VAR00002

	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	6,55000	5,95484	,275	-5,3101	18,4101
		3,00	6,75000	5,95484	,261	-5,1101	18,6101
		4,00	-14,70000*	5,95484	,016	-26,5601	-2,8399
	2,00	1,00	-6,55000	5,95484	,275	-18,4101	5,3101
		3,00	,20000	5,95484	,973	-11,6601	12,0601
		4,00	-21,25000*	5,95484	,001	-33,1101	-9,3899
	3,00	1,00	-6,75000	5,95484	,261	-18,6101	5,1101
		2,00	-,20000	5,95484	,973	-12,0601	11,6601
		4,00	-21,45000*	5,95484	,001	-33,3101	-9,5899
	4,00	1,00	14,70000*	5,95484	,016	2,8399	26,5601
		2,00	21,25000*	5,95484	,001	9,3899	33,1101
		3,00	21,45000*	5,95484	,001	9,5899	33,3101

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



6<sup>η</sup> μέτρηση : 28,08,21

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BetweenGroups	7344,550	3	2448,183	6,338	,001
WithinGroups	29355,400	76	386,255		
Total	36699,950	79			

Multiple Comparisons

DependentVariable: VAR00002

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) VAR00001	(J) VAR00001				Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	8,20000	6,21494	,191	-4,1781	20,5781
		3,00	7,10000	6,21494	,257	-5,2781	19,4781
		4,00	-15,80000*	6,21494	,013	-28,1781	-3,4219
	2,00	1,00	-8,20000	6,21494	,191	-20,5781	4,1781
		3,00	-1,10000	6,21494	,860	-13,4781	11,2781
		4,00	-24,00000*	6,21494	,000	-36,3781	-11,6219
	3,00	1,00	-7,10000	6,21494	,257	-19,4781	5,2781
		2,00	1,10000	6,21494	,860	-11,2781	13,4781
		4,00	-22,90000*	6,21494	,000	-35,2781	-10,5219
4,00	1,00	15,80000*	6,21494	,013	3,4219	28,1781	
	2,00	24,00000*	6,21494	,000	11,6219	36,3781	
	3,00	22,90000*	6,21494	,000	10,5219	35,2781	

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

7<sup>η</sup>μέτρηση : 04,09,21

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BetweenGroups	7598,850	3	2532,950	6,325	,001
WithinGroups	30436,700	76	400,483		
Total	38035,550	79			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00002

	(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	1,00	2,00	8,65000	6,32837	,176	-3,9540	21,2540
		3,00	7,45000	6,32837	,243	-5,1540	20,0540
		4,00	-15,80000*	6,32837	,015	-28,4040	-3,1960
	2,00	1,00	-8,65000	6,32837	,176	-21,2540	3,9540
		3,00	-1,20000	6,32837	,850	-13,8040	11,4040
		4,00	-24,45000*	6,32837	,000	-37,0540	-11,8460
	3,00	1,00	-7,45000	6,32837	,243	-20,0540	5,1540
		2,00	1,20000	6,32837	,850	-11,4040	13,8040
		4,00	-23,25000*	6,32837	,000	-35,8540	-10,6460
4,00	1,00	15,80000*	6,32837	,015	3,1960	28,4040	
	2,00	24,45000*	6,32837	,000	11,8460	37,0540	
	3,00	23,25000*	6,32837	,000	10,6460	35,8540	

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