

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΠΑΝΣΗ
ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ**



ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ Α.Μ. 134/00

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΠΑΛΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΠΑΝΣΗ
ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ**

Η υποβολή της Πτυχιακής Διατριβής αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου στο Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης

ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ Α.Μ. 134/00

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΠΑΛΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω των επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γεώργιο Παλάτο, για την άψογη συνεργασία, και για την πολύτιμη βοήθεια του, ως προς τις συμβουλές και τις παρατηρήσεις του ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα πτυχιακή εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με τη στάση τους και την υπομονή τους, μου έδωσαν δύναμη και κουράγιο να φτάσω ως εδώ.

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ	σελ. 1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ	σελ. 2
Κεφάλαιο1 Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	σελ. 3
1.1 Τι είναι η οργανική ουσία και ο χούμος του εδάφους	σελ. 3
1.2 Η σπουδαιότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους	σελ. 4
1.2.1. Πρωτογενείς επιδράσεις	σελ. 5
1.2.2. Δευτερογενείς επιδράσεις	σελ. 5
1.2.3. Συνακόλουθες επιδράσεις στο εδαφικό σύστημα	σελ. 6
1.2.4. Περιβαλλοντικές επιδράσεις	σελ. 7
1.3.Σύσταση της οργανικής ουσίας του εδάφους	σελ. 7
1.4. Τα οργανικά συστατικά της οργανικής ουσίας	σελ.11
1.5. Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους	σελ.12
1.6. Ο ρόλος του χούμου στην εδαφογένεση και στη γονιμότητα του εδάφους	σελ.13
1.7.Επίδραση της οργανικής ουσίας στις ιδιότητες του εδάφους	σελ.14
1.8. Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των γεωργικών εδαφών	σελ.15

Κεφάλαιο 2 Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	σελ.17
2.1. Ο ρόλος των χουμικών ουσιών στα φυτά	σελ.17
2.2 Πρόσληψη των χουμικών ουσιών από τα φυτά	σελ.18
2.3 Θρέψη των φυτών και χουμικές ουσίες	σελ.20
2.4 Ο ρόλος των χουμικών ουσιών στις μεταβολικές διεργασίες του φυτού	σελ.21
2.4.1 Αναπνοή	σελ.22
2.4.2 Ενζυμική ενεργότητα	σελ.23
2.4.3 Ιξώδες του κυτταρικού πρωτοπλάσματος	σελ.25
2.4.4 Κατανομή των σακχάρων	σελ.25
2.4.5 Σύνθεση πρωτεϊνών	σελ.25
2.4.6 Χλωροφύλλη	σελ.26
Κεφάλαιο 3 ΦΥΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	σελ.28
3.1 Πορεία αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων	σελ.28
3.2 Παράγοντες αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων	σελ.29
3.2.1 Επίδραση του νερού	σελ.29
3.2.2 Επίδραση του οξυγόνου	σελ.30
3.2.3 Επίδραση του pH	σελ.30
3.2.4 Επίδραση των θρεπτικών στοιχείων	σελ.31

3.2.5 Επίδραση της θερμοκρασίας	σελ.33
3.2.6 Επίδραση της αργίλου	σελ.34
3.2.7 Επίδραση του μεγέθους των τεμαχιδίων του οργανικού υλικού	σελ.34
3.2.8 Επίδραση της αναλογίας C/N στην αποσύνθεση	σελ.35
3.3 Κομποστοποίηση και υλικά	σελ.36
3.4 Η χουμοποίηση της κομπόστ	σελ.38
3.5 Η σχέση άνθρακα προς άζωτο C/N	σελ.39
3.6 Τρόποι παρασκευής κομπόστας	σελ.39
3.6.1 Έτοιμα δοχεία κομπόστας	σελ.39
3.6.2 Κρύος και ζεστός σωρός κομπόστας	σελ.42
3.6.3 Παρασκευή κομπόστας για σπόρους	σελ.45
3.6.4 Άλλοι μέθοδοι παρασκευής κομπόστας	σελ.45
3.7 Χρήσεις της κομπόστας	σελ.45
3.8 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα της κομπόστας	σελ.47
Κεφάλαιο 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	σελ.48
4.1 Συμπεράσματα	σελ.48
4.2 Προτάσεις	σελ.49
Βιβλιογραφία	σελ.53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αρχικά αναλύεται η έννοια «οργανική ουσία» και ο «χούμος» του εδάφους. Τονίζεται η σπουδαιότητα της οργανικής ουσίας ως παράγοντας βελτίωσης και παραγωγικότητας και ως «δείκτης» της ποιότητας του εδάφους. Μελετάται η σύσταση καθώς και τα οργανικά συστατικά της οργανικής ουσίας. Αναφέρονται οι επιδράσεις της οργανικής ουσίας στις ιδιότητες του εδάφους και επίσης τονίζεται η συσσώρευση της οργανικής ουσίας στα διάφορα εδάφη.

Αναλύεται ο ρόλος των χουμικών ουσιών στα φυτά και ο τρόπος πρόσληψής τους από τα φυτά. Τονίζεται ο σπουδαίος ρόλος των χουμικών ουσιών στη θρέψη και στις μεταβολικές διεργασίες του φυτού.

Αναλύεται η πορεία αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων και οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Επίσης, αναλύεται η έννοια της «κομποστοποίησης» και τονίζονται τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή της. Επίσης, τονίζονται και τέσσερα βασικά σημεία που πρέπει να προσέχουμε για την σωστή χουμοποίηση της κομπόστας. Αναφέρονται διάφοροι τρόποι παρασκευής κομπόστας και οι τρόποι χρήσης της. Τέλος, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κομπόστας, καθώς και κάποιες προτάσεις για την ποσοτική χρήση της κομπόστας σε διάφορες καλλιέργειες.



ABSTRACT

Initially, analyzed the meaning of organic substance and the humus of soil. Highlighted the importance of organic substance as improving factor and productivity and as 'index' of quality soil. Studied, the composition and the organic components of organic substance. Reported the effects of organic substance in the properties of soil. And also highlighted the accumulation of organic substance to various soils.

Analyzed the role of humic substances to plants and the way of recruiting from plants. Highlighted the great role of humic substances in plant nutrition and in metabolic processes of the plant.

Analyzed the process of decomposition of plant residues and the factors which affecting. Also, analyzed the meaning of composting and highlighted the materials which used for their preparation. Also, highlighted four key points that we should be careful for the right composting. Reported various ways to prepare compost and ways to use compost. At the end, reported the advantages and the cons of compost, and some suggestions for the quantitative use of compost to various crops.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

1.1 Τι είναι η οργανική ουσία και ο χούμος του εδάφους.

Η πρώτη ύλη από την οποία προέρχεται η οργανική ουσία του εδάφους είναι τα υπολείμματα των ανώτερων φυτών, η κοπριά των ζώων κλπ. Τα οργανικά αυτά υπολείμματα σε κατάλληλες συνθήκες (αερισμός, θερμοκρασία και υγρασία) και με τη δράση των διαφόρων οργανισμών διασπώνται και σχηματίζουν υλικό που έχει βαθύ φαιό χρώμα. Το υλικό αυτό είναι η οργανική ουσία του εδάφους που είναι γνωστό και ως χούμος (humus). Η έκταση και ο ρυθμός της διάσπασης καθώς και οι ποσότητες και ιδιότητες του χούμου εξαρτώνται από τη σύσταση των οργανικών υπολειμμάτων, από τη φύση και τη δραστηριότητα των ζώντων οργανισμών του εδάφους, καθώς και από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Οι ζώντες οργανισμοί του εδάφους είναι τα διάφορα ζώα, φύκη, μύκητες, και βακτήρια.

Τα διάφορα ζώα του εδάφους κατατεμαχίζουν τα οργανικά υπολείμματα, τα αναμιγνύουν στον πεπτικό τους σωλήνα με ένζυμα που παράγονται από μικροοργανισμούς που βρίσκονται στον πεπτικό σωλήνα και στη συνέχεια τα μεταφέρουν στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους ενσωματώνοντάς τα στο έδαφος. Επίσης, τα ζώα χαλαρώνουν τη συνοχή του εδάφους, προκαλούν τη διάσπαση των μεγάλων συσσωματωμάτων και διανοίγουν στοές στο έδαφος. Το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω διεργασιών των ζώων είναι η βελτίωση της δομής του εδάφους και ο καλός αερισμός του. Η οργανική ουσία του εδάφους μαζί με τους μικροοργανισμούς του παίζουν σπουδαίο ρόλο στην αύξηση των φυτών, διότι συντελούν αποτελεσματικά στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους. Τα διάφορα υπολείμματα φυτικής και ζωικής προέλευσης αποτελούν την πηγή της οργανικής ουσίας του εδάφους. Τα υπολείμματα αυτά (ρίζες, βλαστοί, φύλλα, καρποί, περιττώματα ζώων και οργανισμοί μετά το θάνατο τους) παραμένουν αρχικά στο έδαφος, στη συνέχεια αποσυνθέτονται με

την πάροδο του χρόνου και σχηματίζεται υλικό που έχει βαθύ φαιό (γκρίζο) χρώμα.

Ο χούμος συνήθως είναι το μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους που είναι εντελώς άμορφο υλικό και δεν έχει κυτταρική δομή, που να είναι χαρακτηριστική του φυτού, μικροοργανισμού ή ζώου από τα οποία έχει προέλθει. Η χημική σύσταση του χούμου ποικίλλει ποιοτικά και ποσοτικά και εξαρτάται από το είδος των υπολειμμάτων (φυτών, ζώων κλπ) από τα οποία προέρχεται, από τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες, από τους οργανισμούς και τα ένζυμα, που παίρνουν μέρος στο σχηματισμό του χούμου. Όλα τα παραπάνω υπολείμματα (φυτικά, ζωικά) που βρίσκονται στο στάδιο της αποσύνθεσης, αποτελούν το θρεπτικό χούμο ο οποίος είναι πηγή θρεπτικών ουσιών και θερμότητας για τα καλλιεργούμενα φυτά.

Τα τελικά προϊόντα της αποσύνθεσης αποτελούν το σταθερό χούμο που σιγά-σιγά ελευθερώνει ανόργανα θρεπτικά στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την θρέψη των φυτών. Ο ρόλος του σταθερού χούμου στο έδαφος είναι κυρίως συγκολλητικός, όπως της αργίλου και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό, συντελεί δηλαδή στη διαμόρφωση της δομής του εδάφους και επομένως επηρεάζει όλες τις ιδιότητες του, που έχουν σχέση με τη δομή. Ο χούμος βρίσκεται στο έδαφος ενωμένος με την άργιλο και άλλα ανόργανα συστατικά και σχηματίζει το αργιλο-χουμικό σύμπλοκο, από το οποίο εξαρτάται κατά κύριο λόγο η απορροφητική δύναμη του εδάφους, η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και άλλες φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους.

1.2. Η σπουδαιότητα της οργανικής ουσίας στο έδαφος

Η οργανική ουσία, έχει ιδιαίτερη αξία και σπουδαιότητα γιατί επιδρά στην γονιμότητα και την παραγωγικότητα του εδάφους με διάφορους τρόπους, δεδομένου ότι αποτελεί το υπόστρωμα που:

α- Παρέχει στο έδαφος την ενέργεια για τη βιολογική δραστηριοποίηση των μικροοργανισμών και τη λειτουργία των διαφόρων βιολογικών διεργασιών αποσύνθεσης των οργανικών υλικών, ανοργανοποίησης των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων (N,

P, S) νιτροποίησης, αζωτοδέσμευσης, απονιτροποίησης και διαπνοής.

β- Συμμετέχει στη δημιουργία της δομής του εδάφους και εξασφαλίζει τη δυνατότητα ύπαρξης κατάλληλων φυσικών συνθηκών αερισμού, υδατοϊκανότητας και δυνατότητα ανάπτυξης του ριζικού συστήματος του φυτού.

γ- Συμμετέχει στην αποσάθρωση των πετρωμάτων και των ορυκτών και συμβάλει στη δημιουργία του εδάφους και την κατανομή των ανόργανων στοιχείων σ' αυτό και δρα επίσης ως <<ορμονικός παράγοντας>>, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη των φυτών.

δ- Συμμετέχει στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, λόγω της προσροφητικής της ικανότητα, και της συγκράτησης οσμών, τοξικών ουσιών και βαρέων μετάλλων, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης.

ε-Αποτελεί τη φυσική πηγή του N στο έδαφος.

Η δράση της οργανικής ουσίας και γενικά των οργανικών υλικών που προστίθενται στο έδαφος και με την επίδραση των μικροοργανισμών μετατρέπονται σε χούμο, μπορεί να χαρακτηριστεί ως «πρωτογενής» και «δευτερογενής». Αποτέλεσμα των δύο αυτών επιδράσεων, η οργανική ουσία έχει μία σειρά «συνακόλουθων» επιδράσεων τόσο στο έδαφος όσο και στο περιβάλλον.

1.2.1 Πρωτογενείς επιδράσεις

1. Προστασία της επιφάνειας του εδάφους από τις δυσμενείς επιπτώσεις της αυξημένης ηλιακής θερμικής ενέργειας, όταν τα οργανικά υλικά εφαρμοστούν στην επιφάνεια του εδάφους.
2. Χαλάρωση του εδάφους από τα αδρομερή οργανικά υλικά (τεμαχίδια), και δημιουργία μακροπόρων.
3. Αύξηση της δραστηριότητας της μικρο- και μακροπανίδας καθώς και της μικροχλωρίδας.

1.2.2 Δευτερογενείς επιδράσεις

1. Ενίσχυση της λειτουργικότητας των βιολογικών διεργασιών όπως της δέσμευσης του αζώτου και του ανταγωνισμού μεταξύ των φυτικών ασθενειών.

2. Παραγωγή χουμικών ουσιών (Χουμικού και Φουλβικού οξέος).
3. Παραγωγή πολυσακχαριτών και άλλων μη χουμικών ουσιών.

1.2.3 Συνακόλουθες επιδράσεις στο εδαφικό σύστημα.

1. Αυξημένη ρυθμιστική ικανότητα.
2. Αύξηση της υδατοϊκανότητας.
3. Αύξηση της ικανότητας προσρόφησης ιόντων.
4. Δημιουργία σκοτεινόχρωμου εδάφους.
5. Παραγωγή ή δημιουργία μακροπόρων.
6. Αυξημένη σταθερότητα των συσσωματωμάτων και δημιουργία μικροπόρων.
7. Αυξημένη ανοργανοποίηση.
8. Αυξημένη χηλική ικανότητα.
9. Μείωση των απωλειών νερού λόγω εξάτμισης.
10. Μετριασμός των ακραίων τιμών θερμοκρασίας.
11. Μεγαλύτερη προσρόφηση θερμικής ακτινοβολίας.
12. Αυξημένη προσρόφηση οργανικών (τοξικών) ενώσεων.
13. Αυξημένη συγκράτηση Ca, Mg, και K καθώς και μικροθρεπτικών
14. Αυξημένη εναλλαγή αερίων.
15. Αυξημένη διήθηση του νερού.
16. Προσρόφηση ρυπαντών όπως βαρέων μετάλλων
17. Αύξηση του εφοδιασμού με N, P, S και μικροθρεπτικά.
18. Αύξηση της διαθεσιμότητας του Fe, Mn, Cu, Zn.
19. Μείωση της τοξικότητας του Al.
20. Επίτευξη θερμότερου εδάφους κατά τις νύχτες του χειμώνα.
21. Δροσερότερο έδαφος κατά το καλοκαίρι.
22. Επίτευξη κατά μέσον όρο, θερμότερου εδάφους.
23. Εξουδετέρωση της δράσης των τοξινών και των γεωργικών φαρμάκων.
24. Επίτευξη πιο σταθερού pH.
25. Καλύτερος αερισμός του εδάφους και εφοδιασμός των ριζών με οξυγόνο.
26. Μείωση των απωλειών νερού λόγω επιφανειακής απορροής.
27. Λιγότερη διάβρωση
28. Αυξημένη διαθεσιμότητα του νερού στα φυτά.

1.2.4. Περιβαλλοντικές επιδράσεις

1. Μείωση της ποσότητας των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων.
2. Μικρότερη κατάκλυση και ομοιόμορφη ροή του νερού.
3. Μείωση της χρήσης ορισμένων γεωργικών φαρμάκων.
4. Αύξηση της χρήσης ορισμένων γεωργικών φαρμάκων.
5. Περισσότερο διαθέσιμο νερό για εμπλουτισμό του υπόγειου ορίζοντα.
6. Μείωση της ρύπανσης των επιφανειακών νερών
7. Μικρότερη υποβάθμιση της γης.
8. Αύξηση της φυτικής παραγωγής.
9. Αυξημένη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα.

1.3 Σύσταση της οργανικής ουσίας του εδάφους

Οι οργανισμοί του εδάφους και η οργανική ουσία μελετώνται από κοινού λόγω της αλληλεξάρτησής τους. Σ' αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητος ο διαχωρισμός των εννοιών «οργανική ουσία και «χούμος». Ο όρος οργανική ουσία είναι ευρύτερος και περιλαμβάνει αποσυντεθημένα ζωικά και φυτικά υπολείμματα, ενώ με τον όρο χούμος εννοούμε οργανικά συστατικά, που έχουν υποστεί διαφόρου βαθμού μεταβολές και βρίσκονται σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης και ανασύνθεσης νέων συστατικών από τους οργανισμούς του εδάφους.

Η κύρια διεργασία αποσύνθεσης είναι η οξειδωση της οργανικής ουσίας, που παρέχει ενέργεια στους ετερότροφους μικροοργανισμούς.

Ανοργανοποίηση καλείται η απελευθέρωση, με τη δράση των μικροοργανισμών, ανόργανων συστατικών περιεχομένων στην οργανική ουσία.

Ακίνητοποίηση. Όταν φυτικά ή άλλου είδους υπολείμματα είναι φτωχά σε N και σ' άλλα ανόργανα συστατικά, τότε όχι μόνο έχουμε ελευθέρωση στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα, αλλά έχουμε και δέσμευση αυτών, των ήδη υπάρχοντων, από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Η δέσμευση αυτή, ειδικά του αζώτου, χαρακτηρίζεται ως ακίνητοποίηση και έχει ως αποτέλεσμα την στέρση των φυτών από αναγκαία για τη θρέψη τους στοιχεία. Ένα μέτρο για τις δύο προηγούμενες διεργασίες αποτελεί ο λόγος C/N.

Με τον ίδιο λόγο κρίνεται η ευκολία ή η δυσκολία με την οποία μπορούν να αλλοιωθούν τα οργανικά υπολείμματα.

Η οργανική ουσία του εδάφους που προέρχεται από τους διάφορους φυτικούς και ζωικούς ιστούς αποτελείται από πολυάριθμες οργανικές ενώσεις, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω δύο μεγάλες κατηγορίες:

α) Στις ενώσεις εκείνες που ανήκουν σε γνωστές ομάδες της οργανικής χημείας και αποτελούν μικρό μόνο μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους(10-15%). Σ' αυτές ανήκουν οι πρωτεΐνες και τα προϊόντα που προέρχονται από την αποσύνθεση τους, οι υδατάνθρακες (κυτταρίνη, άμυλο, σάκχαρα κ.τ.λ.), τα οργανικά οξέα, τα λίπη, οι κηροί και οι ρητίνες.

β) Στις ενώσεις εκείνες που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους (85-90%) και ανήκουν στην κατηγορία που είναι γνωστή ως εδαφικός χούμος ή χουμικές ουσίες. Η φύση, οι ιδιότητες και η προέλευση των ενώσεων αυτών δεν είναι ακόμα τελείως γνωστές και για τον λόγο αυτό δεν μπορούν να ταξινομηθούν σε οποιαδήποτε ομάδα της οργανικής χημείας.

Η μελέτη της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι αρκετά δύσκολη διότι η οργανική ουσία δεν βρίσκεται σε απλή χημική μορφή, αλλά σε αρκετά πολύπλοκη μορφή και σε μερικές περιπτώσεις συνδέεται εν μέρει με δεσμούς με τα ανόργανα κρυσταλλικά συστατικά του εδάφους. Επομένως, η πολυπλοκότητα στη μελέτη της οργανικής ουσίας οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο θα απομονωθεί από το έδαφος και θα διαχωριστεί σε κλάσματα. Ο διαχωρισμός αυτός της οργανικής ουσίας του εδάφους κλάσματα γίνεται ανάλογα με τη διαλυτότητα της σε αλκάλια, οξέα και αλκοόλη.

Το κλάσμα του χούμου βρίσκεται στο έδαφος με τη μορφή κολλοειδούς συμπλόκου που έχει πολύ βαθύ χρωματισμό, μπορεί όμως να περιέχει πιο ανοιχτόχρωμα ή και άχρωμα συστατικά. Έχει την ικανότητα να απορροφά νερό σε μεγάλες ποσότητες και να παρουσιάζει έτσι σημαντική διόγκωση, ενώ αντίθετα συστέλλεται πολύ όταν ξηραίνεται. Όταν η ξήρανση αυτή του χούμου γίνει αργά στις συνηθισμένες θερμοκρασίες, τότε μπορεί να προσλάβει πάλι νερό και να διογκωθεί. Όταν όμως η ξήρανση είναι ταχεία και σε

υψηλές θερμοκρασίες όπως οι πυρκαγιές φυσικής βλάστησης ή μετασυλλεκτικών υπολειμμάτων τότε δεν απορροφά εύκολα το νερό.

Τα χουμικά οξέα παίζουν μεγάλο ρόλο στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, διότι είναι τα σπουδαιότερα συστατικά των χουμικών ουσιών στο έδαφος. Τα οξέα αυτά είναι άμορφα και σχηματίζουν κολλοειδή με υδρόφιλο μάλλον χαρακτήρα. Με την παρουσία των κατιόντων (Ca^{++} , Fe^{++} , Al^{3+}) στο έδαφος τα χουμικά οξέα θρομβώνονται και με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται, κατά κάποιο τρόπο, ένα είδος ιστού στο έδαφος.

Τα χουμικά οξέα παρουσιάζουν πολλές χημικές ιδιότητες η δε ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων έχει τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 150 και 500 me/100gr χουμικών οξέων.

Επίσης ο χούμος μπορεί να διακριθεί στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Εφεδρικός χούμος, που περιλαμβάνει την οργανική ουσία του εδάφους που δεν έχει χουμοποιηθεί.
2. Σταθερός χούμος, που έχει υποστεί κάποια αποσύνθεση, πλην όμως παραμένει σχετικά σταθερός, εμφανίζει σε μικρό βαθμό ενεργές φυσικοχημικές ιδιότητες και αποσυντίθεται δύσκολα από τους μικροοργανισμούς.
3. Θρεπτικός χούμος, που βρίσκεται σε πιο προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης και εμφανίζεται βιολογικά ενεργός.

Η οργανική ουσία στο έδαφος υφίσταται αλλοίωση με τη δράση διαφόρων οργανισμών. Οι μικροοργανισμοί που επικρατούν στο έδαφος είναι οι σαπροφυτικοί που διατρέφονται από τα υπολείμματα των φυτών, ζώων και μικροοργανισμών. Οι σαπροφυτικοί αυτοί οργανισμοί, εκτός του ότι βρίσκονται στο έδαφος σε μεγάλο αριθμό παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον διότι συντελούν στην αύξηση των φυτών. Χωρίς τη δράση των μικροοργανισμών αυτών στα υπολείμματα φυτών και ζώων, η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO_2 θα έχει μειωθεί επικίνδυνα. Δηλαδή ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με το CO_2 που παράγεται από τις διάφορες καύσεις (καυσαέρια, φωτιές, εργοστάσια κ.λ.π.), δε θα ήταν αρκετές με αποτέλεσμα να υπάρξουν στο μέλλον προβλήματα στην φωτοσύνθεση.

Κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας του εδάφους, δεν ελευθερώνεται μόνο CO_2 αλλά και νερό, άζωτο σε

αμμωνιακή μορφή, φώσφορος, άζωτο σε νιτρική μορφή και διάφορα στοιχεία όπως ο σίδηρος, μαγγάνιο, ψευδάργυρος, χαλκός και άλλα.

Ο εμπλουτισμός του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία από τα ζωικά εκκρίματα, οι χλωρές λιπάνσεις και οι άλλες οργανικές ουσίες παίζουν το σπουδαιότερο ρόλο στην άρτια θρέψη των φυτών.

Η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας στο έδαφος εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες οι σπουδαιότεροι των οποίων είναι:

- **Η αντίδραση του εδάφους ή ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους.** Το pH του εδάφους παίζει σπουδαίο ρόλο στην αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, δηλαδή ρυθμίζει τον πληθυσμό των μικροοργανισμών. Η βέλτιστη τιμή του pH στο έδαφος για τα βακτήρια κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 9, για τους μύκητες μεταξύ 4 και 6 και για τους ακτινομύκητες μεταξύ 5 και 9.
- **Η υγρασία του εδάφους.** Όταν αυτή είναι ικανοποιητική και επικρατούν στο έδαφος αερόβιες συνθήκες τότε η ανάπτυξη των μικροοργανισμών είναι επίσης ικανοποιητική. Όταν το έδαφος καλύπτεται με νερό τότε δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες.
- **Η βέλτιστη θερμοκρασία** για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών του εδάφους κυμαίνεται μεταξύ 25-35°C. υπάρχουν όμως και τα θερμοφιλα βακτήρια που ευδοκιμούν σε 50 μέχρι 70°C.
- **Ο εφοδιασμός του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία.** Οι απαιτήσεις των διαφόρων μικροοργανισμών του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία είναι περίπου ίδιες με εκείνες των φυτών. Όλα τα θρεπτικά στοιχεία των φυτών είναι απαραίτητα για τους μικροοργανισμούς και ειδικότερα το άζωτο. Οι απαιτήσεις των μικροοργανισμών σε άνθρακα και άζωτο για τον μεταβολισμό τους είναι σε αναλογία C:N=10:1. Όταν οι μικροοργανισμοί έχουν στη διάθεση τους ικανοποιητικές ποσότητες άνθρακα, τότε χρειάζονται και τις αντίστοιχες ποσότητες σε άζωτο. Οι μικροοργανισμοί προσλαμβάνουν το άζωτο από την οργανική ουσία του εδάφους και από το άζωτο του εδάφους που βρίσκεται με

τη νιτρική μορφή (NO_3^-) και την αμμωνιακή μορφή (NH_4) σ' αυτό. Μόνο στις περιπτώσεις που η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας σε άζωτο είναι μικρότερη από 1/50 του αντίστοιχου άνθρακα, δηλαδή $\text{C/N} > 50$, οι μικροοργανισμοί ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά. Στις περιπτώσεις αυτές είναι απαραίτητο να προστεθεί στο έδαφος άζωτο με τη μορφή αζωτούχων λιπασμάτων. Στις περιπτώσεις που γίνεται ενσωμάτωση στο έδαφος άχυρου από τα σιτηρά, τότε πρέπει να προσθέτουμε στο έδαφος και αζωτούχο λίπασμα.

- **Το είδος και η ωριμότητα των φυτικών υπολειμμάτων.** Η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας στο έδαφος, εκτός από τους παραπάνω παράγοντες του περιβάλλοντος, εξαρτάται και από τη φυτική μάζα που παραμένει στο έδαφος. Έτσι, π.χ. άλλη πορεία ακολουθεί η αποσύνθεση της μηδικής στο έδαφος σε σχέση με εκείνη του άχυρου ή του μυκηλίου των μυκήτων.

1.4. τα οργανικά συστατικά της οργανικής ουσίας

Αναφέρθηκε ότι το είδος των οργανικών υπολειμμάτων παίζει σπουδαίο ρόλο στο είδος των τελικών προϊόντων της αποσύνθεσης καθώς και στην ταχύτητα αποσύνθεσης. Τα φύλλα των φυλλοβόλων διαφέρουν από τα φύλλα των ψυχανθών και αυτά με τη σειρά τους από τα άχυρα του σιταριού. Παρ' όλα αυτά μπορεί να αναφερθεί ότι τα φυτικά υπολείμματα, ανεξαρτήτως πηγής, αποτελούνται από νερό 20-90%, από ανόργανα συστατικά, που αποτελούν την τέφρα και συνίστανται από Ca, Mg, κ.λ.π. 1-10% και οργανικά συστατικά σε ποσότητα μικρότερη του 50% νωπών υπολειμμάτων. Από τα οργανικά συστατικά τα σημαντικότερα είναι:

α) Υδατάνθρακες: Άμυλο-σάκχαρα-πηκτίνες-κυτταρίνες-ημικυτταρίνες. Αποτελούν ποσοστό μεγαλύτερο του 50% των οργανικών συστατικών. Την απλούστερη χημική σύσταση έχουν τα σάκχαρα. Οι κυτταρίνες και οι ημικυτταρίνες δεν είναι μιας συγκεκριμένης χημικής σύνθεσης. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι διαφέρουν οι ιδιότητες τους.

β) Αζωτούχα συστατικά: πρωτεΐνες απλές και σύνθετες, αμινοξέα, πεπτίδια κ.τ.λ., οργανικά συστατικά περιεχόμενα του κυττάρου αποτελούν ποσοστό μικρότερο του 20% της ξηρής ουσίας. Οι πρωτεΐνες είναι το συστατικό που περιέχει άζωτο και θείο που απελευθερώνονται στο έδαφος. Άζωτο περιέχουν επίσης και τα νουκλεϊνικά οξέα, τα οποία περιέχουν και φώσφορο.

γ) Λιγνίνη: Αποτελεί το τρίτο σε περιεκτικότητα οργανικό συστατικό. Βρίσκεται στα κυτταρικά τοιχώματα μαζί με τις κυτταρίνες και τις ημικυτταρίνες. Η περιεκτικότητα της κυμαίνεται μεταξύ 5-30% της ξηρής οργανικής ουσίας. Όπως οι κυτταρίνες έτσι και η λιγνίνη παρουσιάζει όξινο χαρακτήρα.

δ) Λίπη, κηροί, ρητίνες: Περιέχονται σε μικρές ποσότητες (<10%) στα φυτικά υπολείμματα. Αποτελούν είτε αποθησαυριστικές ουσίες, είτε προστατευτικές όπως οι κηροί στην επιφάνεια των φύλλων και οι ρητίνες των κωνοφόρων δένδρων.

1.5 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους

Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους γίνεται συνήθως έμμεσα. Έτσι μία ομάδα μεθόδων βασίζεται στον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα που υπολογίζεται από την καύση της οργανικής ουσίας του εδάφους και μέτρησης του CO₂ που απελευθερώνεται. Μία άλλη κατηγορία μεθόδων βασίζεται στην οξειδωση της οργανικής ουσίας με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο και στη μέτρηση του οξειδωτικού, που καταναλώθηκε για την οξειδωση αυτή. Τέλος, μία απλή μέθοδος είναι να υπολογίσουμε την απώλεια ορισμένου βάρους εδάφους, όταν αυτό τεθεί σε θερμοκρασία 450- 500 °C.

Στα εδαφολογικά εργαστήρια σήμερα χρησιμοποιείται συνήθως η μέθοδος «WALKLEY-BLACK», που στηρίζεται στην οξειδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους με διχρωμικό κάλιο (K₂Cr₂O₇) κανονικότητας 1M.

1.6 Ο ρόλος του χούμου στην εδαφογένεση και στη γονιμότητα του εδάφους

Ο ρόλος του χούμου στη θρέψη των φυτών και στη γονιμότητα του εδάφους δεν περιορίζεται μόνο στην ελευθέρωση,

με τη διάσπαση του μορίου, αφομοιώσιμων μορφών διαφόρων θρεπτικών στοιχείων απαραίτητων για την κανονική αύξηση των φυτών. Με βάση την άποψη αυτή ο χούμος έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί την πηγή των αφομοιώσιμων μορφών αζώτου, θείου και φωσφόρου.

Στα περισσότερα εδάφη στο επιφανειακό στρώμα αυτών περίπου τα 98% του ολικού αζώτου, τα 80% του ολικού θείου και περίπου τα 60% του ολικού φωσφόρου συμμετέχουν στη σύσταση των οργανικών ενώσεων και δεν είναι αφομοιώσιμες από τα περισσότερα φυτά, παρά μόνο μετά τη διάσπαση από τους μικροοργανισμούς των οργανικών ενώσεων και την ελευθέρωση των στοιχείων αυτών με άλλη ανόργανη μορφή. Εκτός από τα τρία αυτά στοιχεία με τη διάσπαση του χούμου ελευθερώνονται μεταλλικά κατιόντα όπως το Ca^{2+} , το Mg^{2+} , το K^+ , το Mn^{2+} , ο Zn^{2+} , κ.τ.λ. όπως και άλλα στοιχεία βόριο, χλώριο, υδρογόνο και οξυγόνο.

Ο άνθρακας των χουμικών ενώσεων ελευθερώνεται κυρίως ως CO_2 και με τη μορφή όξινων ανθρακικών ιόντων και ανθρακικών ιόντων. Ο χούμος των διαφόρων εδαφικών τύπων που είναι χαρακτηριστικοί διαφόρων γεωγραφικών – κλιματικών ζωνών έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά εξαιτίας των συνθηκών σχηματισμού του. Και αντίστροφα με βάση ορισμένες ιδιότητες του χούμου οφείλεται η δημιουργία μερικών πεδολογικών χαρακτηριστικών στις οποίες βασίζεται η ταξινόμηση των εδαφών σε μεγάλες ομάδες. Στη συνέχεια περιγράφονται οι τρεις κύριοι τύποι χούμου:

- **Χούμος του πρώτου τύπου.** Ο χούμος αυτός είναι χαρακτηριστικός των πολύ εκπλυμένων εδαφών που σχηματίζονται τυπικά από μητρικά υλικά όξινου χαρακτήρα, σε κλιματολογικές συνθήκες με πολλές βροχές και χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες δηλαδή σε συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη των δασών. Στα εδάφη αυτά ο χούμος βρίσκεται σε μικρά ποσοστά είναι πλουσιότερος σε φουλβικά οξέα, είναι χαμηλού βαθμού πολυμερισμού – συμπύκνωσης και στο σύνολο του ή σε μεγαλύτερο ποσοστό διαμερίζεται εύκολα και για το λόγο αυτό είναι ευκίνητος. Έτσι μ' αυτόν τον τρόπο ο χούμος λαμβάνει μέρος στην εδαφογένεση.

- **Χούμος του δεύτερου τύπου.** Ο χούμος του τύπου αυτού είναι χαρακτηριστικός των εδαφών που δεν εκπλύνονται και είναι ουδέτερης αντίδρασης. Τα εδάφη αυτά σχηματίζονται σε κλιματολογικές συνθήκες με λίγες βροχές και μέσες θερμοκρασίες. Στις κλιματολογικές αυτές συνθήκες οι λειμώνες είναι η κυρίαρχη μορφή βλάστησης. Στα εδάφη αυτά ο χούμος είναι αφθονότερος και πλουσιότερος σε χουμικά οξέα (πηλίκιο χουμικών οξέων / φουλβικά οξέα > 1). Τα χουμικά οξέα είναι στενά συνδεδεμένα με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και ένα μικρό μόνο μέρος αυτών είναι ευκίνητο. Ο χούμος του τύπου αυτού είναι ανενεργός σχετικά με τη μετακίνηση των διαφόρων υλικών στα διάφορα σημεία της εδαφικής κατατομής.
- **Χούμος του τρίτου τύπου.** Ο χούμος του τύπου αυτού χαρακτηρίζει τα ουδέτερα ή αλκαλικής αντίδρασης εδάφη με κλίμα και βλάστηση ημιερήμου. Στο έδαφος το ποσοστό του χούμου αυτού είναι μικρό και εξαιτίας της ξηρότητας ο χούμος είναι πτωχός σε χουμικά οξέα, διότι φουλβικά οξέα δεν πολυμερίζονται –συμπυκνώνονται (πηλίκιο χουμικά οξέα/ φουλβικά οξέα < 1). Ο χούμος δεν είναι ευκίνητος και είναι στενά συνδεδεμένος με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και δεν ασκεί έντονο ενεργό επίδραση.

1.7. Επίδραση της οργανικής ουσίας στις ιδιότητες του εδάφους.

Οι επιδράσεις της οργανικής ουσίας στις ιδιότητες του εδάφους είναι οι εξής:

- Μειώνει την πλαστικότητα και τη συνεκτικότητα των αργιλικών εδαφών, αντίθετα αυξάνει τη συνεκτικότητα των αμμωδών εδαφών.
- Προάγει τη δημιουργία σταθερών συσσωματωμάτων των εδαφικών κόκκων και βελτιώνει το πορώδες του εδάφους.
- Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, αυξάνει την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων των εδαφών και της ρυθμιστικής ικανότητας όλων των εδαφών.
- Προστατεύει από έκπλυση ή άλλου είδους απώλειες ή δεσμεύσεις θρεπτικών στοιχείων όπως το άζωτο, το θείο, ο

φώσφορος και άλλα. Τα στοιχεία αυτά σε ορισμένες χρονικές περιόδους ενσωματώνονται στο οργανικό υλικό και ελευθερώνονται βαθμιαία.

- Προάγει τη χρησιμοποίηση ορισμένων ιχνοστοιχείων από τα φυτά.
- Βοηθάει με τα όξινα συστατικά που περιέχει και με το CO₂ που εκλύεται από τη διάσπαση της, τη χημική αποσάθρωση των ορυκτών και την ελευθέρωση διαφόρων μετάλλων με τη μορφή κατιόντων.
- Αποτελεί τη μόνη πηγή ενέργειας για τους περισσότερους μικροοργανισμούς του εδάφους, πολλοί των οποίων είναι ωφέλιμοι για την ανάπτυξη των ανώτερων φυτών.

Οι παραπάνω επιδράσεις της οργανικής ουσίας στις ιδιότητες του εδάφους ευνοούν τη γονιμότητα του.

1.8. Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των γεωργικών εδαφών.

Η περιεκτικότητα των διαφόρων εδαφών σε οργανική ουσία κυμαίνεται πολύ και εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Το κλίμα επιδρά καίρια στην περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία. Όσο υγρότερο και ψυχρότερο είναι το κλίμα, τόσο η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία είναι μεγαλύτερη με όμοιες λοιπές συνθήκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η υγρασία ευνοεί μεγαλύτερη αύξηση φυτικής μάζας με επακόλουθο μεγαλύτερη προσθήκη φυτικής μάζας στο έδαφος, καθώς και βραδύτερους ρυθμούς διάσπασης της οργανικής ουσίας. Σε περιοχές όπου το κλίμα χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες, η οξειδωτική πορεία της οργανικής ουσίας είναι εντονότερη. Στα γεωργικά εδάφη της Βόρειας και Δυτικής Ευρώπης το ποσοστό της οργανικής ουσίας είναι μεγαλύτερο από 3% και ίσως μεγαλύτερο από 4%, ενώ σε ανάλογα εδάφη των παραμεσογείων χωρών η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι συνήθως μικρότερη από 2%.
- Τα εδάφη που καλλιεργούνται είναι πτωχότερα σε οργανική ουσία από όμοια εδάφη που φέρουν φυσική βλάστηση. Η

κατεργασία του εδάφους ευνοεί την οξείδωση της οργανικής ουσίας.

- Η οργανική ουσία του εδάφους συνήθως μειώνεται απότομα με το βάθος του εδάφους.
- Εδάφη ελαφριάς σύστασης έχουν μικρό ποσοστό σε οργανική ουσία διότι στα εδάφη αυτά εντείνεται η καλή στράγγιση και ο καλός αερισμός, με αποτέλεσμα τη μείωση της περιεκτικότητας τους σε οργανική ουσία. Αντίθετα, εδάφη με βαριά σύσταση (αργιλώδη εδάφη) διατηρούν την οργανική ουσία.
- Όξινες αντιδράσεις έχουν την τάση να διατηρούν την οργανική ουσία διότι μειώνουν τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών οι οποίοι τη διασπούν.

Το ποσοστό της οργανικής ουσίας σε ένα έδαφος καθορίζεται από τις συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι συνθήκες που είναι δυνατόν να μεταβληθούν είναι μόνο εκείνες που σχετίζονται με τον τρόπο εκμετάλλευσης του εδάφους όπως π.χ. διαφορετικός τρόπος κατεργασίας του εδάφους, η συχνότητα κατεργασίας, η βελτίωση της στράγγισης, η βελτίωση της οξύτητας του εδάφους, άρδευση, λίπανση και άλλα. Επομένως, η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία εξαρτάται μόνο από το σύστημα γεωργικής εκμετάλλευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

2.1 Ο ρόλος των χουμικών ουσιών στα φυτά

Οι χουμικές ουσίες ασκούν σημαντική επίδραση στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους, και με την δράση τους αυτή, ενεργούν έμμεσα, αλλά ευεργετικά, στην καθόλου ανάπτυξη των φυτών. Η επίδραση αυτή των χουμικών ουσιών χαρακτηρίζεται ως «έμμεση». Υπάρχουν επίσης πολλά πειραματικά δεδομένα από τα οποία προκύπτει ότι οι χουμικές ουσίες επηρεάζουν απευθείας τις διάφορες βιολογικές και βιοχημικές διεργασίες των φυτών, με συνέπεια να ασκούν σε αυτά μία «άμεση» επίδραση. Όμως για να ισχύει η άμεση επίδραση, θα πρέπει οι χουμικές ουσίες να προσλαμβάνονται κατευθείαν από τα φυτά μέσω του ριζικού συστήματος και να λαμβάνουν μέρος στις διάφορες μεταβολικές διεργασίες όπως π.χ. στην αναπνοή, τη σύνθεση των ενζύμων, πρωτεϊνών, κλπ. Παλαιότερα η άμεση πρόσληψη των χουμικών ουσιών από τα φυτά αποδεικνυόταν από τις μεταβολές του χρώματος των φυτών. Ήδη σήμερα, υπάρχουν αρκετά πειραματικά δεδομένα από τα οποία προκύπτει ότι οι χουμικές ουσίες συμμετέχουν σε διάφορες διεργασίες του φυτού, γεγονός που δείχνει πέρα από κάθε αμφιβολία, την απ' ευθείας πρόσληψή τους από τα φυτά.

Η «άμεση» επίδραση των χουμικών ουσιών στα φυτά υπήρξε αντικείμενο έρευνας πολλών ερευνητών εδώ και 80 χρόνια. Στις αρχές του παρόντος αιώνα ο Bottomley (1914,1917,1920) και ο Mockeridge (1920) αναφέρουν ότι η προσθήκη μικρών ποσοτήτων ορισμένων οργανικών ουσιών όπως του εκχυλίσματος τύρφης σε υδρόβια φυτά *Lema minor* της οικογένειας *Lemnaceae*, είχε ως αποτέλεσμα την κατά 62 φορές μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυτών έναντι του μάρτυρα.

Άλλοι ερευνητές (Clark and Roller, 1924) αναφέρουν ότι δεν είναι αναγκαία η προσθήκη οργανικών ουσιών (χουμικών) στα φυτά, δεδομένου ότι, το έδαφος παράγει τέτοιες χουμικές ουσίες λόγω της παρουσίας των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια είναι περιττή η προσθήκη τους από τον άνθρωπο.

Σε αντίθεση με τους προαναφερθέντες ερευνητές, αποδείχτηκε ότι το χουμικό οξύ είχε μία διεγερτική επίδραση στο φυτό *Lemna polyrhiza* σε επίπεδο προσθήκης 15mg/l σε διάλυμα P ή K, που συμπληρωνόταν με προσθήκη , 5mg/l σιδήρου. Ωστόσο όμως, η προσθήκη κιτρικού σιδήρου και χουμικών ουσιών, δεν ήταν εξίσου αποτελεσματική με την προσθήκη μόνο του κιτρικού σιδήρου (Olsen,1929).

Οι αντιφάσεις αυτές, με την πάροδο του χρόνου και την εντεινόμενη ερευνητική προσπάθεια που εν τω μεταξύ πραγματοποιήθηκε μέχρι σήμερα, άρχισαν βαθμηδόν να μειώνονται, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι το όλο θέμα της επίδρασης των χουμικών ουσιών στην ανάπτυξη των φυτών έχει λυθεί σε όλες τις λεπτομέρειες του.

Γεγονός πάντως είναι ότι τα φυτά γενικά αντιδρούν στην προσθήκη των χουμικών σε κάποιο μικρό ή μεγάλο βαθμό και μάλιστα, τα χουμικά οξέα φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη επίδραση στις ρίζες παρά στο υπέργειο τμήμα. Επίσης, τα στελέχη επηρεάζονται λιγότερο από τα φύλλα. Η ένταση της επίδρασης εξαρτάται από το είδος του φυτού.

Οι διάφορες καλλιέργειες αντιδρούν στις χουμικές ουσίες ανάλογα με τη σύνθεση τους σε υδατάνθρακες και πρωτεΐνες και ταξινομούνται από άποψη βαθμού αντίδρασης στις εξής ομάδες:

1^η ομάδα: Φυτά πλούσια σε υδατάνθρακες όπως: πατάτες, τεύτλα, τομάτες και καρότα αντιδρούν έντονα κάτω από άριστες συνθήκες και αποδίδουν 50% υψηλότερες αποδόσεις.

2^η ομάδα: Δημητριακά (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι, ρύζι, σίκαλη) αντιδρούν σχετικά καλώς.

3^η ομάδα: Φυτά πλούσια σε πρωτεΐνες (φακή, μπιζέλια, αρακάς) αντιδρούν λίγο

4^η ομάδα: Ελαιούχα φυτά (βαμβάκι, ηλίανθος) αντιδρούν ελάχιστα ή σχεδόν καθόλου.

2.2 Πρόσληψη των χουμικών ουσιών από τα φυτά

Οι χουμικές ουσίες μπορούν να προσλαμβάνονται αμέσως, από τα φυτά. Από τα σχετικά πειράματα διαφόρων ερευνητών έχει δειχτεί ότι τα χουμικά οξέα πράγματι μπορεί να διέλθουν μέσω των φυτικών μεμβρανών. Αυτό εξαρτάται από το μέγεθος ή το βάρος

των μορίων. Όσο πιο μικρό είναι το βάρος τόσο πιο εύκολα οι ουσίες αυτές διέρχονται μέσα από τις μεμβράνες. Τα μόρια του φουλβικού οξέος διέρχονται ευχερέστερα από τα αντίστοιχα του χουμικού οξέος. Γενικά, μόρια με βάρος μικρότερο των 2500 μονάδων διέρχονται πιο εύκολα από τα μόρια μεγαλύτερου μοριακού βάρους.

Η οριακή τιμή μ.β. 5000 μονάδων αποτελεί το ανώτατο όριο κατά το οποίο μπορεί ένα χουμικό μόριο να εισέλθει και να διέλθει μέσα από τις φυτικές μεμβράνες. Όμως η βιολογική ενεργότητα των χουμικών ουσιών είναι μεγαλύτερη όταν το μ.β. έχει υψηλότερη τιμή. Αυτό, παρ' όλο που έρχεται σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα, είναι μία πραγματικότητα που δεν μπορούμε να την αγνοήσουμε. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα χουμικά μόρια μικρού μοριακού βάρους (<3000) έχουν μία δράση, η οποία μοιάζει με εκείνη των ορμονών.

Τα μόρια μικρού μ.β. αποτελούν το κλάσμα HFf του χουμικού, το οποίο εμφανίζει αυτή την ορμονική δράση. Θα πρέπει το κλάσμα αυτό να είναι ισομερώς κατανεμημένο στο φυτό και η διαθεσιμότητα του να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

Το μοριακό βάρος των χουμικών ουσιών μπορεί να μειωθεί ή να αυξηθεί με την απομάκρυνση των αλάτων τους ή με την προσθήκη οξέων. Π.χ. προσθήκη οξέος μέχρι επίτευξης pH=2,5 σε διάλυμα (αιώρημα) χουμικών ουσιών συμβάλει στη δημιουργία μορίων βάρους <5000, ενώ με την εξουδετέρωση του οξέος τα μόρια επανασυνδέονται (επανασυμπυκνώνονται). Με βάση αυτό το φαινόμενο, μπορεί να υποστηριχθεί ότι ο σχηματισμός του χούμου δεν είναι αποτέλεσμα «πολυμερισμού» αλλά «πολυσυμπύκνωσης». Η μεταβλητότητα του μ.β. του χουμικού οξέος είναι ένα χαρακτηριστικό μεγάλης σπουδαιότητας διότι σχετίζεται με τη βιολογική ενεργότητα του.

Τα χουμικά μόρια εισέρχονται στα φυτά με τη διαδικασία της «αποπολυσυμπύκνωσης» που προκαλείται από τις μεταβολές του pH, δηλαδή κατά την οξινοποίηση, η οποία είναι αποτέλεσμα της ριζικής δραστηριότητας. Ως γνωστόν, οι ρίζες εκκρίνουν διάφορα οξέα όπως οξαλικό οξύ, φουμαρικό οξύ, μηλικό οξύ και ηλεκτρικό οξύ. Επίσης, οξέα παράγονται και από τις δραστηριότητες των μικροοργανισμών.

Η πρόσληψη των χουμικών από τα φυτά φαίνεται ότι εξαρτάται από το βαθμό της μεταβολικής ενεργότητας αυτού καθ' αυτού του φυτού. Ειδικές έρευνες σχετικά με την πρόσληψη των χουμικών ουσιών από τα φυτά έδειξαν ότι προσλαμβάνονται κυρίως τα μόρια του φουλβικού οξέος, τα οποία διοχετεύονται σε διάφορες αποστάσεις μέσα στο φυτό ανάλογα με το είδος του.

2.3 Θρέψη των φυτών και χουμικές ουσίες

Οι χουμικές ουσίες παίζουν σπουδαίο ρόλο στη θρέψη των φυτών, που εξηγείται ως εξής: η παρουσία των χουμικών καθ' αρχήν δρα αρνητικά στην ενεργό μεταφορά των ιόντων. Η μείωση αυτή τελικά ξεπερνιέται από τη βαθμιαία αύξηση της διεγερτικής επίδρασης τους, έτσι ώστε σε τελευταία ανάλυση, οι χουμικές ουσίες να ασκούν μια ευεργετική (θετική) δράση αυξάνοντας την μεταφορά των ανιόντων μέσω των ριζών. Όμως, όταν η συγκέντρωση των χουμικών αυξηθεί σημαντικά, τότε ασκείται μία αρνητική επίδραση.

Επίσης, οι χουμικές ουσίες συμβάλλουν στην καλύτερη κατανομή ορισμένων κατιόντων με συνέπεια να εξασφαλίζουν την αποφυγή θρεπτικών ανωμαλιών στα φυτά. Γενικά, οι επιδράσεις των χουμικών ουσιών εκδηλώνονται σε πολύ πρώιμα στάδια της φυτικής ανάπτυξης.

Η επίδραση των χουμικών ουσιών στην αύξηση της πρόσληψης των θρεπτικών, όπως του N, Ca, Mg κλπ. εξηγείται από το γεγονός ότι οι χουμικές ουσίες επιδρούν στην περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών. Π.χ. σε πειράματα που έκαναν οι Vaughan and Macdonald (1976) αποδείχτηκε ότι η παρουσία διαλύματος 1000 ppm (mg/l) χουμικού οξέος αυξήθηκε η μεταφορά της γλυκόζης δια μέσου των κυτταρικών μεμβρανών του κρεμμυδιού (*Allium cepa*), ηλίανθου (*Helianthus annuus*), και σακχαρότευτλων (*Beta vulgaris*).

Αντίθετα, σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν οι χουμικές ουσίες ζημιές στην κυτταρική μεμβράνη των ιστών των ριζών στα τεύτλα. Η βλαπτική αυτή επίδραση μπορεί να δράσει αρνητικά στην πρόσληψη των θρεπτικών και βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με το γεγονός ότι πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις των χουμικών επιδρούν αρνητικά στην

πρόσληψη των θρεπτικών. Ωστόσο όμως η μείωση αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι χουμικές ουσίες πολλές φορές δεσμεύουν ορισμένα μέταλλα όπως π.χ. το Cu που τον καθιστούν μη διαθέσιμο στα φυτά. Έτσι λόγω χάριν, οι χουμικές ουσίες σχετίζονται με την έλλειψη Cu, που παρατηρείται στα προσφάτως βελτιωθέντα αλατούχα εδάφη.

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο οι χουμικές ουσίες επιδρούν στον εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά και ιδίως των μετάλλων (μικροθρεπτικών) είναι η ικανότητα τους να σχηματίζουν σύμπλοκες χηλικές ενώσεις με τα μεταλλικά κατιόντα. Η ικανότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε σαν βάση για την εξήγηση της διεγερτικής επίδρασης των χουμικών στην ανάπτυξη του φυτού και ιδιαίτερα σε αναφορά προς τον σίδηρο.

Η δράση αυτή των χουμικών οφείλεται στην παρουσία των καρβοξυλικών ομάδων στα μόρια τους. Οι ενεργές αυτές ομάδες είναι περισσότερες στις χαμηλότερου μ.β. χουμικές ουσίες όπως π.χ. στο φουλβικό οξύ.

Ο σχηματισμός χηλικών ενώσεων δεν εξαρτάται μόνο από το μ.β. του χουμικού, αλλά και το σθένος των μεταλλικών κατιόντων.

Τα χηλικά μόρια που περιέχουν το μεταλλικό κατιόν προσλαμβάνονται αυτούσια από τις ρίζες των φυτών, (Prat et al. 1963, Aso and Sakai 1963), δεδομένου ότι όπως ήδη αναφέρθηκε, τα μόρια των χηλικών ενώσεων μπορεί να διέλθουν δια των κυτταρικών μεμβρανών, αν και κατά τους Becket and Anderson (1973) αυτό δεν είναι πάντοτε αναγκαίο διότι οι αναγωγικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια των ριζών μπορεί να επιτρέψουν την προσρόφηση μόνον του κατιόντος π.χ. του σιδήρου που βρίσκεται στο χηλικό μόριο (Tiffin and Brown 1959).

2.4 ρόλος των χουμικών ουσιών στις μεταβολικές διεργασίες του φυτού

Κατά το παρελθόν, παρ' όλο ότι οι ερευνητές αναγνώριζαν στην πράξη την αξία του χούμου, εν τούτοις πολλές φορές οι απόψεις τους ήταν αντιφατικές και ιστορικά διαλάμβαναν ένα μεγάλο εύρος γνώμων που κυμαινόταν από την σπουδαιότητα του

χούμου στην αύξηση των φυτών, μέχρι την μη αναγκαιότητα του για τα φυτά.

Σήμερα, είναι πλέον πειραματικά αποδεδειγμένη η ευεργετική επίδραση των χουμικών ουσιών στην ανάπτυξη των φυτών, η οποία εκφράζεται είτε «έμμεσα» μέσω του εδάφους, είτε «άμεσα» δηλαδή με την απ' ευθείας επίδραση τους στις μεταβολικές διεργασίες των φυτών. Έτσι, η σπουδαιότητα του χούμου και των χουμικών ουσιών γίνεται όλο και πιο μεγάλη και περισσότερο εμφανής. Η επίδραση δε αυτή προσλαμβάνει ιδιαίτερη σημασία από περιβαλλοντικής άποψης, γεγονός που καθιστά αναγκαίο τον εμπλουτισμό των ανόργανων λιπασμάτων με οργανικές ουσίες. Γιατί πράγματι η διεξαγόμενη έρευνα δείχνει ότι ο χούμος όντως επιδρά και επηρεάζει «άμεσα» πολλές πτυχές του μεταβολισμού στα φυτά και αποτελεί, σε κάποιο σημαντικό βαθμό, ρυθμιστικό παράγοντα των διαφόρων μεταβολικών διεργασιών όπως της φωτοσύνθεσης, της σύνθεσης των πρωτεϊνών, των ενζυμικών δράσεων κλπ. Κατωτέρω θα εξετάσουμε τις επιδράσεις των χουμικών ουσιών στις διάφορες μεταβολικές και φυσιολογικές διεργασίες του φυτού.

2.4.1 Αναπνοή

Σχετικά πειραματικά δεδομένα που αφορούν στην άμεση δράση των χουμικών ουσιών στην αναπνοή έχουν αναφερθεί εδώ και 50 χρόνια. Η Khristeva (1953) έδειξε ότι εφοδιάζοντας τους φυτικούς ιστούς με χουμικό οξύ, αυξήθηκε η κατανάλωση του O_2 . Η ανωτέρω υποστηρίζει ότι εφ' όσον τα χουμικά περιέχουν κινόνες προσλαμβάνουν H^+ και ταυτόχρονα ενεργοποιούν το O_2 . Σε παρόμοιες έρευνες (Sladky, 1959), βρέθηκε ότι ο ρυθμός κατανάλωσης του O_2 από τους βλαστούς αυξάνει παρουσία φουλβικού οξέος. Φυτά, τα οποία είχαν δεχτεί φουλβικό οξύ είχαν επιπλέον και αυξημένη χλωροφύλλη. Επίσης και από άλλα αποτελέσματα, προκύπτει ότι η πρόσληψη O_2 υπό την επίδραση του φουλβικού οξέος (που εκχυλίστηκε από τον λεοναρδίτη με νερό και φωσφορικό οξύ) καθώς και υπό την επίδραση του χουμικού οξέος, αυξήθηκε σημαντικά. Ειδικότερα, η δράση του φουλβικού οξέος (που εκχυλίστηκε με φωσφορικό οξύ) στην πρόσληψη του O_2 από τα φυτά, συγκρίθηκε με την αντίστοιχη επίδραση γνωστών ουσιών, ήτοι: Ινδολών, ναφθαλίνης, και

φαινολών. Από τα ληφθέντα αποτελέσματα καταδείχτηκε ότι το φουλβικό οξύ που εκχυλίστηκε με φωσφορικό οξύ από τον λεοναρδίτη, αύξησε την πρόσληψη του O_2 , καθώς και την έκλυση του CO_2 .

Αντίθετα, το φουλβικό οξύ που εκχυλίστηκε με νερό ανέστειλε την αναπνοή, σε σχέση με τον μάρτυρα. Το φουλβικό οξύ που εκχυλίστηκε με φωσφορικό, συνέβαλε στην μεγαλύτερη αύξηση της πρόσληψης του O_2 απ' όλες τις άλλες αυξητικές ουσίες, που μελετήθηκαν. Επίσης, δείχθηκε ότι η δράση του φουλβικού οξέος εξαρτάται από τον τρόπο εκχύλισής του.

2.4.2 Ενζυμική ενεργότητα

Τα χουμικά οξέα επηρεάζουν ποικιλοτρόπως τα διάφορα ένζυμα των φυτών και ιδιαίτερα την ενεργότητά τους. (Vaughan 1986).

Πολλοί ερευνητές ξεκινώντας από το γεγονός ότι οι χουμικές ουσίες μπορούν να δράσουν ως «αυξητικοί παράγοντες» δηλαδή να εμφανίσουν μία δράση που μοιάζει μ' εκείνη των ορμονών, οδηγήθηκαν στην έρευνα της επίδρασης των χουμικών οξέων πάνω στα ένζυμα των ρυθμιστών της φυτικής ανάπτυξης, δηλαδή των φυτικών ορμονών και συγκεκριμένα της 3-Ινδολυλοξικής-οξειδάσης. Πράγματι από τα αποτελέσματα που πάρθηκαν, αποδείχθηκε ότι τόσο το χουμικό όσο και το φουλβικό οξύ αναστέλλουν την ενεργότητα των ενζύμων αυτών (Mato and Mendez, 1970, Mato et al. 1972a, Mato et al. 1972b). Κατά τον Vaughan (1986), ορισμένες φορές παρατηρείται μία αντίφαση στην επίδραση των χουμικών στα ένζυμα.

Δηλαδή π.χ. το χουμικό οξύ διεγείρει τη σύνθεση της ιμπερτάσης στα κοκκινογούλια, δεν επιδρά όμως στην ενεργότητα της. Η δράση του αυτή έχει ως αποτέλεσμα ν' αλλάζει η σχέση μεταξύ των διαφόρων φυσιολογικών λειτουργιών στο φυτό. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί εδώ ότι επειδή οι χουμικές ουσίες αυξάνουν την αναπνοή του φυτού, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού της γλυκόλυσης (Prat, 1970). Μία τέτοια αύξηση μπορεί να οδηγήσει το φυτό σε ανισορροπία μεταξύ των διαφόρων μεταβολικών.

Η «ενζυμική ενεργότητα» επηρεάζεται από τα χουμικά οξέα σε βαθμό που εξαρτάται και από την περιεκτικότητα κατά την

οποία χορηγούνται στο φυτό. Σύμφωνα με τους Buknova and Tichy (1967), η μέγιστη επίδραση του χουμικού οξέος στο ένζυμο της φωσφορυλάσης του υπέργειου τμήματος του σιταριού (*Triticum aestivum*) επιτεύχθηκε στα 400 mg/l, ενώ στις ρίζες του ίδιου φυτού, στα 10 mg/l.

Άλλος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η επίδραση των χουμικών οξέων στην «ενζυμική ενεργότητα» είναι η πηγή προέλευσης του ενζύμου. Π.χ. δείχτηκε ότι το χουμικό οξύ ανέστειλε την δράση του ενζύμου της ιμβερτάσης στις ρίζες του σιταριού, όμως δεν επηρέασε καθόλου το ίδιο ένζυμο στις ρίζες των τεύτλων. Αντιθέτως, προκάλεσε μία διέγερση της δράσης του αυτού ως άνω ενζύμου στις ρίζες του μπιζελιού (Malkolm and Vaughan, 1979).

Πέραν του ότι τα χουμικά επιδρούν στην «ενεργότητα» των διαφόρων ενζύμων, έχει παρατηρηθεί ότι αυτά καθ' αυτά τα χουμικά οξέα επιδεικνύουν «ενζυμική ενεργότητα» ενεργώντας ως ένζυμα. Π.χ. διαπιστώθηκε ότι τα χουμικά ορισμένες φορές συμπεριφέρονται όπως το ένζυμο της καταλάσης (Abramyan and Galstyan, 1982), η της «ουρεάσης» (McLaren et al. 1975). Ο Visser (1986) επισημαίνει σχετικά ότι από την άποψη αυτή το φουλβικό οξύ επιδεικνύει πιο έντονη «ενζυμική ενεργότητα» από ότι το χουμικό οξύ. Η δράση αυτή των χουμικών ουσιών εξηγείται από το γεγονός ότι ένα ένζυμο μπορεί να εγκλωβιστεί μέσα σ' ένα μόριο δοθείσης χουμικής ουσίας (Bunns et al. 1972) με το σχηματισμό ομοιοπολικού δεσμού ή με δεσμό υδρογόνου (Ladd and Buttler 1975), ή ακόμη με ενσωμάτωση του ενζύμου στη δομή του χουμικού μορίου κατά την διάρκεια της σύνθεσής του (Burng et al. 1972, Rowell et al. 1973).

Η ενσωμάτωση και σύνδεση των πρωτεολυτικών ενζύμων στα μόρια των χουμικών οξέων αποδίδεται στην ύπαρξη των καρβοξυλικών ομάδων, οι οποίες αλληλεπιδρούν με τις βασικές αμινοομάδες όπως π.χ. του ενζύμου της καρβοπεπτιδάσης και της τρυψίνης. Έτσι, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χουμικών ουσιών και των ενζύμων έχουν ως αποτέλεσμα να σημειώνονται μεταβολές στις ενζυμικές ενεργότητες.

2.4.3 Ιξώδες του κυτταρικού πρωτοπλάσματος

Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η κολλοειδής φύση του πρωτοπλάσματος επηρεάζεται από τα χουμικά οξέα (Visser 1989). Σε σχετικά πειράματα που πραγματοποίησε ο Rypacek (1962) βρήκε ότι το φουλβικό οξύ σε συγκέντρωση 10 mg/l επιταχύνει την μετακίνηση του πρωτοπλάσματος στα κύτταρα του φυτού *Nitela gracilis* (Stonewood), ενώ σε συγκέντρωση πάνω από 50 mg/l αναστέλλει στην κίνησή του. Δηλαδή σε χαμηλές συγκεντρώσεις μειώνει το «ιξώδες» του πρωτοπλάσματος και το καθιστά πιο ευκίνητο, ενώ σε υψηλότερες αυξάνει το ιξώδες και το καθιστά λιγότερο ευκίνητο γεγονός αυτό δημιουργεί κύτταρα περισσότερο δύσκαμπτα (Rypacek 1962).

2.4.4 Κατανομή των σακχάρων

Τα χουμικά οξέα επιδρούν στην κατανομή στο φυτό των ολίγο- και πολυσακχαριτών τόσο στο υπέργειο τμήμα του φυτού όσο και στο ριζικό σύστημα ως εξής: (Cincero 1962).

Φυτά, τα οποία δέχτηκαν χουμικές ουσίες είχαν χαμηλότερο επίπεδο σακχάρων στα στελέχη και τα φύλλα, γεγονός που κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στην επιταχυνόμενη ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος των φυτών. Αντίθετα, οι ρίζες περιείχαν συνήθως υψηλότερα επίπεδα σακχάρων, ιδιαίτερα πεντοζών. Η συσσώρευση αυτή των αναγωγικών σακχάρων στους ενδοκυτταρικούς χώρους συντελεί στην αύξηση της ωσμωτικής πίεσης, γεγονός που αυξάνει την ανθεκτικότητα των φυτών στην μάρανση, δηλαδή αυξάνει την ανθεκτικότητα των φυτών στις ξηρικές συνθήκες (Flang and Saalbach 1959).

2.4.5 Σύνθεση πρωτεϊνών

Έχει πλέον αποδειχτεί πειραματικά ότι οι χουμικές επιδρούν στη γένεση ορισμένων ενζύμων των ανώτερων φυτών όπως π.χ. της καταλάσης και περοξειδάσης στο καλαμπόκι (Khristeva and Luk' Yanenko 1962), της ο-διφαινολοξειδάσης και της κυττοχρωμικής οξειδάσης στην ντομάτα (Stanechev et al. 1975),

της τρανσιμινάσης και γλουταμινικής αλανίνης (Cicerona et al. 1964) και της φωσφορυλάσης (Buknova and Tichy 1967).

Σε ειδικά πειράματα που πραγματοποίησε ο Vaughan (1989) χρησιμοποίησε δίσκους από τις ρίζες του κοκκινογουλιού διαμέτρου 10mm και πάχος 1mm που τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένο αποσταγμένο νερό και σε διάλυμα χουμικού οξέως συγκέντρωσης 100ppm. Βρήκε ότι το χουμικό οξύ αύξησε την ενεργότητα της ιμβέρτασης κατά 50-100%. Αντίθετα, το φουλβικό οξύ δεν έδρασε καθόλου στην ενεργότητα του ανωτέρου ενζύμου. Κατέληξε στο ότι όπου χρησιμοποιήθηκαν μεταβολικοί αναστολείς μειώθηκε η σύνθεση των πρωτεϊνών. Η άποψη ότι τα χουμικά επιδρούν επιλεκτικά στην σύνθεση των πρωτεϊνών ενισχύεται από πολλούς ερευνητές (Vaughan and MacDonald 1971).

2.4.6 Χλωροφύλλη

Οι χουμικές ουσίες αυξάνουν τη χλωροφύλλη και συμβάλουν στην αποτροπή της χλώρωσης σιδήρου στα φυτά. Προφανώς, οι χουμικές ουσίες ευνοούν τόσο την πρόσληψη του σιδήρου όσο και τη μεταφορά του μέσα στο ίδιο το φυτό. (de Kock 1955, Tan and Noramornbodi, 1979). Η ευνοϊκή δράση των χουμικών ουσιών εκδηλώνεται ιδιαίτερα έντονα στα ασβεστούχα εδάφη, τα οποία ως γνωστό είναι φτωχά σε διαθέσιμο σίδηρο και ανεπαρκώς εφοδιασμένα με οργανική ουσία (Olsen βλ. Visser 1986).

Ο ψεκασμός των ζαχαρότευτλων με διάλυμα χουμικών ουσιών αυξάνει τη φωτοσύνθεση λόγω αύξησης της παραγωγής CO₂ κατά 22 %.

Η παρουσία ωστόσο υψηλών συγκεντρώσεων χουμικών ουσιών στη φύση, μπορεί να δράσει αρνητικά, προκαλώντας ανισορροπία μεταξύ των μεταβολιτών του φυτού. Έτσι, ο ρυθμός της αύξησης της φωτοσύνθεσης μπορεί να μην είναι ανάλογος προς την προστιθέμενη ποσότητα του χούμου (Sladsky 1965).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΦΥΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

3.1 Πορεία αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων

Η σχετική έρευνα που ασχολήθηκε με την πορεία αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων επικεντρώθηκε κυρίως στη μελέτη των αρχικών σταδίων αποσύνθεσης (Jenkinson 1981). Σχεδόν πάντοτε λαμβάνει χώρα μία αρχική φάση «ταχείας αποσύνθεσης», η οποία ακολουθείται από μία «βραδύτερη φάση». Η ποσότητα του ολικού οργανικού άνθρακα που διασπάται κατά την αρχική φάση είναι περίπου ίδια για ένα μεγάλο εύρος φυτικών υπολειμμάτων. Λειμώνια αγρωστώδη, ρίζες του ίδιου φυτού, χλωρό καλαμπόκι και ώριμα άχυρα σιταριού χάνουν κατά την αρχική φάση της διάσπασής τους τα 2/3 του ολικού άνθρακα μετά από ένα χρόνο (Jenkinson 1965, Fuhr and Sauerbeck 1968, Oberlander 1973). Σ' άλλες έρευνες 34% του άνθρακα της χλωρής βρώμης παρέμεινε στο έδαφος μετά από ένα χρόνο και για φυτά σιταριού που είχαν δεχτεί αζωτούχο λίπανση, το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 38%, για τα χλωρά φασόλια 28% και για ώριμα φυτά καλαμποκιού 38% (Allison et al. 1949).

Όλα τα φυτικά υπολείμματα, ανεξάρτητα από το βαθμό ωρίμανσης τους, προσθέτουν περίπου την αυτή ποσότητα άνθρακα στο έδαφος κατά την ολοκλήρωση της αρχικής φάσης διάσπασης. Με ελάχιστες εξαιρέσεις, το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής εισροής φυτικών υπολειμμάτων διασπάται κατά τον πρώτο χρόνο. Ακόμη δε και η λιγνίνη που είναι η πλέον ανθεκτική στη διάσπαση απ' όλα τα φυτικά συστατικά, αποσυντίθεται σταθερά στο έδαφος κάτω από αερόβιες συνθήκες.

Το 55-75% του άνθρακα όλων των φυτικών υπολειμμάτων ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ως CO₂ μετά από ένα χρόνο, αν και παρατηρούνται διαφορετικοί ρυθμοί απελευθέρωσης από τα διάφορα οργανικά υλικά που ενσωματώνονται στο έδαφος.

Γενικά, όσο περισσότερος άνθρακας χάνεται στην ατμόσφαιρα ως CO₂ από το οργανικό υπόστρωμα, τόσο λιγότερος άνθρακας σταθεροποιείται στο χούμο.

Το μεγαλύτερο μέρος του υπολειμματικού άνθρακα ενσωματώνεται στον νέο χούμο υπό την μορφή πεπτιδίων και πολυσακχαριτών. Η λιγνίνη και η μελανίνη που διασπώνται βραδέως, αποτελούν την πηγή των αρωματικών ενώσεων του χούμου.

Οι πολυσακχαρίτες του εδάφους δεν σχηματίζονται μόνον κατά την πορεία αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων, αλλά παράγονται επίσης και μέσω της μικροβιακής δράσης. Συνήθως, οι πολυσακχαρίτες αυτοί, αποτελούν τον πρόδρομο των πολυσακχαριτών του εδάφους. Οι μικροβιακά παραγόμενοι πολυσακχαρίτες υπόκεινται σε μερική διάσπαση, σε μετασχηματισμούς και επαναπολυμερισμούς καθ' όμοιο τρόπο με τα χουμικά οξέα, και καταλήγουν σε δομές ανθεκτικές στη διάσπαση. Κατά την πορεία της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων παράγεται ο χούμος, ο οποίος στη συνέχεια διασπάται και αυτός. Ο παραγόμενος νέος χούμος διασπάται με υψηλότερους ρυθμούς απ' ό,τι ο παλαιός, που θεωρείται περισσότερο ανθεκτικός στην αποσύνθεση και επομένως σταθεροποιημένος. Η μέση ζωή του νέου χούμου υπολογίζεται σε 20-35 χρόνια, ενώ του παλαιού κυμαίνεται από 100 μέχρι και χιλιάδες χρόνια (Stottard and Martin 1990).

Η συσσώρευση και αποσύνθεση της οργανικής ουσίας ρυθμίζεται από το βιολογικό της κύκλο, ο οποίος περιλαμβάνει τη φάση της σύνθεσης και αποσύνθεσης.

3.2 Παράγοντες αποσύνθεσης φυτικών υπολειμμάτων

Η αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων επιτυγχάνεται με την επίδραση των εξής παραγόντων:

3.2.1 Επίδραση του νερού

Το νερό αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της καθ' όλου βιολογικής δραστηριότητας του εδάφους, καθώς και του ρυθμού αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων. Οι διάφορες βιολογικές διεργασίες του εδάφους απαιτούν ένα άριστο επίπεδο νερού για να πραγματοποιηθούν αποτελεσματικά.

Η υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό πλησίον του επιπέδου κορεσμού, μειώνει το επίπεδο του O_2 και επομένως

συμβάλει στη μείωση της παραγωγής CO₂. Αυτό βέβαια συνεπάγεται μειωμένη βιολογική δραστηριότητα. Έτσι, ο περιορισμός της παρουσίας του O₂ δρα καταλυτικά στη μείωση του ρυθμού διάσπασης των φυτικών υπολειμμάτων.

Κάτω από τέτοιες αναερόβιες συνθήκες παρατηρείται μία συσσώρευση προπριονικού οξέος, το οποίο όμως σε αναερόβιες συνθήκες διασπάται (Jenkinson 1981).

3.2.2 Επίδραση του οξυγόνου

Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί όπως: μύκητες, ακτινομύκητες, φύκη και τα βακτηρίδια, πλην ελάχιστων εξαιρέσεων, είναι «αναερόβιοι». Η μείωση του οξυγόνου στο έδαφος μεταβάλλει τον μεταβολισμό τους με συνέπεια να γίνεται περιοριστικός παράγοντας, διότι ένα σημαντικό ποσοστό του μικροβιακού πληθυσμού του εδάφους αδρανοποιείται. Κατά συνέπεια, ο ρυθμός ανοργανοποίησης ελαχιστοποιείται, ενώ η παραγωγή CO₂ αναστέλλεται. Λόγω των μεταβολών αυτών ο ρυθμός διάσπασης και χουμοποίησης των φυτικών υπολειμμάτων μειώνεται και επιβραδύνεται.

3.2.3 Επίδραση του pH

Η οξύτητα ή βασικότητα του εδάφους επιδρά άμεσα στη διάσπαση των φυτικών υπολειμμάτων. Έτσι, στα ισχυρώς όξινα εδάφη, η διάσπαση μειώνεται σημαντικά ή επιβραδύνεται σε μεγάλο βαθμό. Η δράση αυτή του pH στην αποσύνθεση περιορίζεται στα αρχικά στάδια (Jenkinson, 1977).

Υπάρχουν πράγματι σημαντικές διαφορές στο μικροβιακό πληθυσμό μεταξύ των ισχυρώς όξινων και αλκαλικών εδαφών (Dickinson, 1974) λόγω του αντίστοιχου περιορισμού της ενεργότητας των μακρο ή μικροοργανισμών, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους.

Κάτω από τόσες ακραίες συνθήκες εδαφικής αντίδρασης, μόνο ένας μικρός αριθμός μικρό- ή μακροοργανισμών παρουσιάζει κάποιο βαθμό ενεργότητας. Π.χ. ελάχιστα είδη γαιοσκωλήκων μπορούν να αντέξουν σε συνθήκες pH=4 με αποτέλεσμα να εξαφανίζονται. Οι γαιοσκώληκες (*Lumbricus terrestris*) ως γνωστόν

συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στη χουμοποίηση (Edwards and Loffy 1974).

3.2.4 Επίδραση των θρεπτικών στοιχείων

Για την επιτέλεση του έργου της αποσύνθεσης, οι αποσυνθετικοί μικροοργανισμοί θα πρέπει να έχουν στη διάθεση τους τα διάφορα μακρο- ή μικροθρεπτικά στοιχεία σε επαρκείς ποσότητες. Οι πηγές εφοδιασμού των μικροοργανισμών με τα θρεπτικά αυτά είναι το έδαφος και τα φυτικά υπολείμματα, τα οποία περιέχουν σημαντικές ποσότητες διαφόρων στοιχείων και κατ' αποκλειστικότητα σχεδόν N, το οποίο αποτελεί στην περίπτωση αυτή τον κύριο περιοριστικό παράγοντα, όταν βέβαια το επίπεδο του είναι ανεπαρκές για τους μικροοργανισμούς.

Πολλές φορές δεν είναι δυνατή η αποσύνθεση των φυτικών και λοιπών υπολειμμάτων, παρ' όλον ότι το επίπεδο των άλλων πλην των θρεπτικών στοιχείων-παραγόντων όπως: του αερισμού, υγρασίας, θερμοκρασίας, είναι ικανοποιητικό, λόγω της ανεπάρκειας του διαθέσιμου N.

Γενικά, η παρουσία του νιτρικού αζώτου στο υπόστρωμα επιταχύνει τη διάσπαση και την ανοργανοποίηση. Όσον αφορά ειδικότερα στο έδαφος, κάτω από φυσικές συνθήκες, η ποσότητα του ανόργανου N που περιέχει, συνήθως επαρκεί για τη διάσπαση μικρών ποσοτήτων οργανικών υλικών. Όμως, πολλές φορές για τη διάσπαση αυξημένων ποσοτήτων φυτικών υλικών γίνεται αναγκαία η προσθήκη αναλόγων επιπέδων N, σε ποσότητα που εξαρτάται από την αναλογία C/N της ενσωματωμένης οργανικής ύλης. Άχυρα με αναλογία C/N=83 που προστέθηκαν σε ποσοστό 0.23% στο έδαφος και με περιεκτικότητα N 0,1%, έχασαν το 23% του C σε 35 ημέρες, ενώ η αντίστοιχη απώλεια ήταν 11% όταν το άχυρο προστέθηκε σε ποσοστό 1,0% (Jenkinson 1966). Όταν όμως η αναλογία C/N ρυθμίστηκε στη τιμή του 15 με την προσθήκη NO₃-N, οι χαμηλές δόσεις του άχυρου έχασαν το 29% του C σε 35 ημέρες, ενώ οι υψηλότερες δόσεις το 30% στην ίδια χρονική περίοδο.

Κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των οργανικών υλικών που ενσωματώνονται στο έδαφος, λαμβάνουν χώρα ταυτοχρόνως δύο διεργασίες. Η «ακινητοποίηση» ή «η βιολογική δέσμευση» και

η «κινητοποίηση» ή «ανοργανοποίηση». Η μεν πρώτη συνεπάγεται ενσωμάτωση των θρεπτικών στο σώμα (ιστούς) των μικροοργανισμών, η δε δεύτερη απελευθέρωση διαθέσιμων θρεπτικών και ειδικότερα του N που αφθονεί κατά κανόνα στα φυτικά υπολείμματα. Σε κάθε χρονική στιγμή κατά την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων παρέχεται στο έδαφος μια τελική ποσότητα N, που είναι ίση με τη διαφορά μεταξύ της ποσότητας της «κινητοποίησης» και της αντίστοιχης της «ακινητοποίησης». Οι αερόβιες συνθήκες απαιτούν περισσότερο N από ότι οι αναερόβιες, λόγω του υψηλότερου ρυθμού διάσπασης, που πραγματοποιείται παρουσία οξυγόνου (Achary 1935).

Το χαμηλό επίπεδο του N στο υπό διάσπαση υπόστρωμα που πρόκειται να ενσωματωθεί στο έδαφος, δημιουργεί συνθήκες εντονότερου ανταγωνισμού μεταξύ των «ετερότροφων» οργανισμών που λαμβάνουν μέρος στη διάσπαση της φυτικής ύλης, καθώς και των νιτροποιητικών μικροοργανισμών και των ανωτέρων φυτών για το $\text{NH}_4\text{-N}$ που παράγεται κατά την αποσύνθεση. Σε αυτόν τον ανταγωνισμό υπερισχύουν οι «ετερότροφοι» μικροοργανισμοί έναντι των «νιτροποιητικών» και των «ανωτέρων φυτών», για αυτό στα φυτά παρατηρούνται συχνά συμπτώματα τροφοπενίας N (Jenkinson, 1981).

Γενικά κάτω από συνθήκες αγρού, η ποσότητα N που ακινητοποιείται, εξαρτάται από την ποσότητα και αποσυνθεσιμότητα του οργανικού υλικού, την αναλογία C/N και τη θερμοκρασία.

Στις Β.Α. περιοχές των ΗΠΑ η διάσπαση του άχυρου που ενσωματώνεται στο έδαφος απαιτεί 8-9kg N, κατά την άνοιξη και 10-14kg N κατά το καλοκαίρι. Αντίθετα, κάτω από τις συνθήκες της Σουηδίας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες και βροχές, οι απαιτήσεις σε N για τη διάσπαση της ίδιας ποσότητας άχυρου, είναι μικρότερες. Εξάλλου, αροτραίες καλλιέργειες που παράγουν 1-4 τον/στρ φυτικών υπολειμμάτων απαιτούν 5kg N/στρέμμα για τη διάσπαση.

Όταν προστίθενται οργανικά υλικά πλούσια σε άνθρακα, τότε θα πρέπει η δόση N να αυξηθεί για να μην υποφέρουν οι καλλιέργειες από έλλειψη N (Jenkinson 1981).

3.2.5 Επίδραση της θερμοκρασίας

Κατά τη διάσπαση των οργανικών υλικών, η συσσωρευμένη ενέργεια απελευθερώνεται υπό τη μορφή θερμικής ενέργειας με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του υποστρώματος και γενικότερα του εδαφικού περιβάλλοντος.

Η θερμότητα αυτή που παράγεται κατά την αποσύνθεση είναι πολύ χρήσιμη και αναγκαία για την ενεργοποίηση των μικροοργανισμών (Russell 1973). Ωστόσο, η χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία παρέχει μικρές ποσότητες θερμικής ενέργειας σε σχέση με τα προστιθέμενα ογκώδη οργανικά υπολείμματα (κοπριά, κομπόστες). Κατά συνέπεια, η ενεργοποίηση των εδαφικών μικροοργανισμών επιτυγχάνεται κυρίως με τη θερμική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με τις κρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Η θερμοκρασία επηρεάζει γενικά το ρυθμό της αποσύνθεσης, όχι όμως τον τρόπο. (Jenkinson, 1981).

Η θερμοκρασία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα του επιπέδου της οργανικής ουσίας στο έδαφος. Γενικά, τα εδάφη των θερμών περιοχών έχουν μικρότερη περιεκτικότητα οργανικής ουσίας από ότι των ψυχρών. Κάθε φορά που η μέση θερμοκρασία της χρονιάς αυξάνεται κατά 10⁰C η οργανική ουσία του εδάφους υποδιπλασιάζεται ή υποτριπλασιάζεται.

Ο Jenny (1941) απόδειξε ότι για τα καλώς στραγγιζόμενα εδάφη των Νοτίων ύφυγρων περιοχών και των Μεσοδυτικών περιοχών των ΗΠΑ, ισχύει η κατωτέρω σχέση για το N του εδάφους:

$$N=Ce^{-kt}$$

Όπου N= άζωτο του εδάφους

C, k=σταθερές

t=θερμοκρασία

3.2.6 Επίδραση της αργίλου

Κατά κανόνα, η οργανική ουσία του εδάφους σχετίζεται πολύ στενά με την ποσότητα της αργίλου. Η σχέση αυτή εξαρτάται από τις επικρατούσες κλιματικές και τοπογραφικές συνθήκες, καθώς και

από την επίδραση του εφαρμοζόμενου συστήματος διαχείρισης εδάφους και των καλλιεργειών.

Τα βαριά εδάφη έχουν γενικά, υψηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία που οφείλεται βασικά στην προστατευτική δράση της αργίλου πάνω στο χούμο, λόγω του σχηματισμού του «οργανοχουμικού» συμπλόκου.

Η προσρόφηση των μεγάλου μοριακού βάρους οργανικών μορίων, από τα ανόργανα κολλοειδή της αργίλου, κάνει αυτά δυσπρόσιτα στους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα να τα προστατεύει από τη διάσπαση. Η προστατευτική αυτή δράση μεταβάλλεται με το είδος της αργίλου. Ο μοντμοριλονίτης προστατεύει περισσότερο την οργανική ουσία από τον ιλλίτη και καολινίτη. Η προστασία αυτή είναι μακράς διάρκειας, γεγονός που εξασφαλίζει ένα μεγάλο βαθμό σταθερότητας της οργανικής ουσίας στο έδαφος, που μάλιστα παρέχεται ακόμη και από τα «άμορφα αλλοφανή» (Broadbent et al. 1964).

Η προστασία της οργανικής ουσίας από την άργιλο δεν οφείλεται μόνο στην προσρόφηση της στην επιφάνεια των ανόργανων κολλοειδών, αλλά και στην προσρόφηση των διαφόρων καταλυτικών ενζύμων της διάσπασης των οργανικών υλικών, στην επιφάνεια της αργίλου, με συνέπεια αυτά να αδρανοποιούνται και πλέον να μην μπορούν να ενεργήσουν καταλυτικά στη διάσπαση της οργανικής ουσίας (Pink et al. 1954). Επίσης, η οργανική ουσία μπορεί να προστατευτεί και από τα οργανικά κολλοειδή. Η απώλεια του άνθρακα από τις πρωτεΐνες των φυκών που επωάστηκαν για 12 εβδομάδες στο έδαφος μειώθηκε κατά 51-84% μόνο με την ανάμειξη στο έδαφος στερεού χουμικού οξέος προέλευσης «λεοναρδίτη». Αντίθετα, τα ελεύθερα αμινοξέα δεν προστατεύουν επαρκώς το χουμικό οξύ.

3.2.7 Επίδραση του μεγέθους των τεμαχιδίων του οργανικού υλικού

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του προς ενσωμάτωση στο έδαφος, οργανικού υλικού, επηρεάζει άμεσα το ρυθμό της διάσπασης του. Εφαρμογή οργανικής ύλης μεγάλου μεγέθους τεμαχιδίων, απαιτεί περισσότερο χρόνο για την ολοκλήρωση της διάσπασης. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των τεμαχιδίων,

τόσο μεγαλύτερη είναι η ανθεκτικότητα του στην αποσύνθεση. Αυτό οφείλεται στη μικρή ειδική επιφάνεια, που είναι διαθέσιμη για την δράση των μικροοργανισμών. Η διάσπαση όμως διευκολύνεται και επιταχύνεται όταν τα υλικά είναι αρκετά μικρού μεγέθους ώστε να εξασφαλίζουν την μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια. Τα υλικά με αδρά τεμαχίδια παρ' όλο ότι μπορούν να προσβληθούν από σαπροφυτικούς μύκητες, η διάσπαση τους είναι κατά κανόνα δύσκολη και χρονοβόρα (Sims and Frederick 1970).

3.2.8 Επίδραση της αναλογίας C/N στην αποσύνθεση

Η επίδραση της αναλογίας C/N των προστιθέμενων οργανικών υλικών στο έδαφος είναι πολύ σημαντική γιατί η αποσυνθετική δράση των σαπροφυτικών μικροοργανισμών γίνεται έντονα ανταγωνιστική ως προς την ικανοποίηση των αναγκών τους σε N όταν ενσωματώνονται στο έδαφος φυτικά ή άλλα οργανικά υλικά υψηλής αναλογίας C/N. Σε μία τέτοια περίπτωση οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν το διαθέσιμο $\text{NO}_3\text{-N}$ του εδάφους ως πλέον ανταγωνιστικοί, γεγονός που τελικά αποβαίνει σε βάρος της ανάπτυξης των φυτών, τα οποία εμφανίζουν βαθμιαία συμπτώματα τροφοπενίας N. Επίσης η διατήρηση του C σε σταθερά επίπεδα, για την εξασφάλιση της σταθερότητας, της αναλογίας C/N περιορίζεται από την έλλειψη του N. Μείωση του N συνεπάγεται και μείωση του C και επομένως μείωση της C/N αναλογίας.

Γενικά η αναλογία C/N αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της διαθεσιμότητας του N και οι επιπτώσεις της γίνονται εμφανείς όταν ενσωματώνονται στο έδαφος οργανικές ύλες πλούσιες σε C.

Η περιεκτικότητα των φυτικών υλικών σε C κυμαίνεται μεταξύ 45-58%, ενώ σε N=<1->6%. Η αναλογία C/N του εδάφους κυμαίνεται από 8/1-15/1 με μία μέση τιμή μεταξύ 10/1-12/1, ενώ στα φυτά από 10/1- 30/1 και ενίοτε μπορεί να είναι και 600:1 (πριονίδια). Γενικά η αναλογία C/N στις φυτικές ύλες εξαρτάται από το βαθμό ωριμότητάς τους. Τα νεαρότερα φυτά έχουν μικρότερη αναλογία από τα παλαιά και ώριμα. Με την ωρίμανση παρατηρείται μία αύξηση της αναλογίας αυτής. Όσον αφορά τους μικροοργανισμούς, διαπιστώνεται μία παραλλακτικότητα στην αναλογία C/N, η τιμή της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 5/1-10/1. Τα

βακτηρίδια όντας πιο πλούσια σε πρωτεΐνες έχουν χαμηλότερη αναλογία C/N από τους μύκητες (Brady and Weil 1996).

Η αναλογία C/N είναι κατά μέσο όρο σταθερή στο έδαφος. Η σταθερότητα αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων, έχουμε απώλεια C λόγω παραγωγής και έκλυσης CO₂. Επίσης, έχουμε και απώλεια N λόγω έκπλυσης, εξαέρωσης και απονιτροποίησης καθώς και απομάκρυνσης μέσω των συγκομισμένων προϊόντων. Οι απώλειες αυτές κατ' αρχήν είναι πολύ υψηλές. Αργότερα όμως σταθεροποιούνται όταν η απώλεια του N εξισώνεται με την απώλεια του C. Τότε πλέον η αναλογία C/N του εδάφους γίνεται σταθερή και κυμαίνεται μεταξύ 10:1-12:1 στις υγρές περιοχές και κατά τι μικρότερη στις ξηρές περιοχές. Γενικά η αναλογία C/N της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι κατά μέσον όρο κατά τι μικρότερη από την αντίστοιχη της «βιομάζας».

3.3 Κομποστοποίηση και υλικά

Κομποστοποίηση είναι η βιολογική, αερόβια, θερμοφιλή και ελεγχόμενη διεργασία μερικής αποσύνθεσης των οργανικών υπολειμμάτων που οδηγεί στην παραγωγή κομπόστ, δηλ. ενός οργανικού εδαφοβελτιωτικού που μοιάζει στον χούμο του εδάφους και προωθεί την ανάπτυξη των φυτών.

Η κομποστοποίηση είναι φαινομενικά μία απλή διεργασία, αν και η εντύπωση αυτή της απλότητας είναι μάλλον απατηλή, καθώς οδηγεί συχνά σε ακριβά λάθη, αν αγνοηθούν οι βασικές αρχές και παράμετροι της διεργασίας.

Μία πληθώρα οργανικών υπολειμμάτων μπορούν με την κατάλληλη επεξεργασία να μετατραπούν σε ένα πλούσιο φυτόχωμα, το κομπόστ, το οποίο μπορεί να βρει πολλές εφαρμογές στην γεωργία, στα πάρκα, στην ανάπλαση και αναδάσωση προβληματικών εκτάσεων κ.τ.λ. Η κομποστοποίηση μιμείται και επιταχύνει τις διεργασίες αποδόμησης των οργανικών που συμβαίνουν αυθόρμητα στη φύση.

Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν φυσιολογικά στα οργανικά υπολείμματα, χρησιμοποιούν τα οργανικά συστατικά των υπολειμμάτων ως τροφή για την ανάπτυξη τους. Η διαδικασία αυτή είναι αερόβια (δηλ. χρειάζεται την παρουσία οξυγόνου), και

εξώθερμη (δηλ. απελευθερώνεται θερμότητα). Καθώς οι μικροοργανισμοί «τρώνε» τα υπολείμματα, αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται, το pH αλλάζει, η θερμοκρασία του σωρού των υπολειμμάτων αυξάνεται, και τα υπολείμματα μετασχηματίζονται σε πιο πολύπλοκες και σταθερές οργανικές ενώσεις, που μοιάζουν με τον φυσικό χούμο του εδάφους. Κατά την ενεργή φάση της κομποστοποίησης η θερμοκρασία αν δεν ελεγχθεί, μπορεί να φτάσει τους 70 °C, να αδρανοποιήσει ή και να σκοτώσει τους μικροοργανισμούς, και να γίνει απαγορευτική για την ομαλή και γρήγορη ολοκλήρωση της διεργασίας. Η βέλτιστη θερμοκρασία κομποστοποίησης είναι περίπου στους 55 °C.

Ουσίες κατάλληλες για κομπόστ

1. Κάθε χλωρή μάζα από βοτανίσματα και κορυφολογήματα του κήπου.
2. Ξηρά υπολείμματα του κήπου μετά τη συγκομιδή το φθινόπωρο.
3. Το φύλλωμα από τα δέντρα, εκτός από τα φύλλα της δρυός και της καστανιάς, που δεν σαπίζουν εύκολα και πρέπει να μαζεύονται χωρία σε σωρό, μαζί με χώμα και μετά από ένα χρόνο να προστίθενται στην κομπόστ.
4. Αγριόχορτα, εκτός από την αγριάδα και μερικά άλλα, που πρέπει να μπαίνουν στην μέση της κομπόστ για να σαπίζουν εντελώς από την μεγάλη θερμοκρασία που επικρατεί, ώστε οι σπόροι τους να χάσουν την βλαστική τους ικανότητα.
5. Φλούδες από κρεμμύδια, κατακάθια από τσάι και καφέ φίλτρου αποτελούν εξαιρετική τροφή των μικροοργανισμών και ιδιαίτερα των σκουληκιών.
6. Οι μικρές δόσεις από κοπριά στάβλου οδηγούν στην κανονική σχέση άνθρακα και αζώτου C/N που πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25-35:1.
7. Τα τελευταία χρόνια, οι βιοκαλλιεργητές χρησιμοποιούν, για γρήγορο σάπισμα των οργανικών ουσιών, ένα παρασκεύασμα, αβλαβές για τα ζώα και τα πουλερικά. Είναι σε σκόνη, π.χ. Φερτοζάν, που περιέχει αρκετά μικρόβια σε κατάσταση παρατεταμένης νάρκης. Όταν την ρίξουμε στην

κομπόστ και την καταβρέξουμε, τα μικρόβια αρχίζουν να δρουν και να επιταχύνουν το σάπισμα των ουσιών.

Ουσίες μη κατάλληλες για κομπόστ

1. Κοπριά σαρκοφάγων ζώων.
2. Στάχτη ξύλου.
3. Ξυλάνθρακα.
4. Κρέας.
5. Χώμα με βασικό pH.
6. Ξερά φυτά.

3.4 Η χουμοποίηση της κομπόστ

Για να πετύχουμε μια γρήγορη και σωστή χουμοποίηση πρέπει να φροντίσουμε για την ύπαρξη όσο τον δυνατόν περισσοτέρων μικροοργανισμών. Για να πολλαπλασιαστούν όμως και να δουλέψουν γρήγορα και σωστά οι μικροοργανισμοί, είναι ανάγκη να έχουμε υπ' όψη μας τα παρακάτω τέσσερα σημεία:

1. **Αερισμός της κομπόστ.** Ο αερισμός πρέπει να γίνεται κανονικά για να μπορέσουν να ζήσουν οι αερόβιοι οργανισμοί. Σε περίπτωση ανεπάρκειας οξυγόνου, πολλαπλασιάζονται οι αναερόβιοι οργανισμοί στην κομπόστ και τότε έχουμε μια απαίσια μυρωδιά της κομπόστ.
2. **Η υγρασία στην κομπόστ.** Η κινητοποίηση και η ζωντάνια των μικροοργανισμών στην κομπόστ, κύρια των βακτηρίων, εμποδίζεται αισθητά από την ξηρασία. Γι' αυτό, η κομπόστ πρέπει να διατηρείται σταθερά υγρή, όχι όμως υπερβολικά, γιατί τότε θα εμποδίζεται το οξυγόνο, πράγμα που θα προκαλέσει τη σαπίλα και την άσχημη μυρωδιά της κομπόστ.
3. **Η θερμοκρασία στην κομπόστ.** Μαζί με την υγρασία και τον σωστό αερισμό, για μια σωστή και γρήγορη χουμοποίηση των οργανικών υλικών, απαραίτητη είναι και η θερμοκρασία.
4. **Η οξύτητα στην κομπόστ.** Το Ph της κομπόστ πρέπει να κυμαίνεται από 5.5- 7.5 γιατί σ' αυτές τις τιμές αναπτύσσονται και ευδοκιμούν οι μικροοργανισμοί. Ο βιοκαλλιεργητής που φροντίζει και παρακολουθεί την εξέλιξη του κομπόστ, μετράει ανά χρονικά διαστήματα την οξύτητα

που επικρατεί σ' αυτήν. Αν οι τιμές δείξουν υπερβολικά όξινη κατάσταση δηλαδή pH κάτω από 5.5, τότε με μικρές δόσεις από ασβέστιο επιτυγχάνει αλκαλική κατάσταση.

3.5 Η σχέση άνθρακα προς άζωτο C/N

Η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N) είναι μία από τις σημαντικότερες τροφικές παραμέτρους. Η βέλτιστη αναλογία για την κομποστοποίηση κυμαίνεται από 20-30 μέρη διαθέσιμου άνθρακα προς 1 μέρος διαθέσιμου αζώτου. Υψηλότερες τιμές του λόγου C/N, επιβραδύνουν την διεργασία της κομποστοποίησης. Κατά την ενεργή φάση της διεργασίας, το πρόβλημα εκδηλώνεται με μείωση της παραγωγής θερμότητας. Όταν ο λόγος C/N είναι χαμηλότερος από περίπου 18-19/1, το πλεόνασμα του αζώτου χάνεται στην ατμόσφαιρα με την μορφή αμμωνίας. Μπορούν έτσι να προκληθούν δυσάρεστες οσμές, και να αυξηθεί το pH σε επίπεδα δυσμενή για την κομποστοποίηση.

3.6 Τρόποι παρασκευής κομπόστας

3.6.1 Έτοιμα δοχεία κομπόστας. Πολλοί άνθρωποι δίνουν χρήματα για να αγοράσουν ακριβές ξύλινες μονάδες ή καλαίσθητα πλαστικά κουτιά. Καλό είναι αυτές οι αγορές να γίνονται όταν υπάρχει πρόβλημα με επιβλαβή ζώα ή όπου ο χώρος έχει πρωταρχική σημασία. Παρακάτω θα δούμε κάποιες ενδεικτικές φωτογραφίες έτοιμων κάδων κομποστοποίησης.

1) Περιστρεφόμενος κάδος κομποστοποίησης 125 λίτρων



2) Καδάκι συλλογής κουζίνας



3) Κάδος κομποστοποίησης μπαλκονιού



4) Κάδος κομποστοποίησης κήπου 600 λίτρων



5) Στατικός κάδος κομποστοποίησης 220 λίτρων



6) Ανοιχτός κάδος κομποστοποίησης 640 λίτρων



7) Κλειστός κάδος κομποστοποίησης 800 λίτρων



3.6.2 Κρύος και ζεστός σωρός κομπόστας

Υπάρχουν δύο τρόποι για να φτιάξουμε σωρούς κομπόστας. Ο ένας είναι να φτιάξουμε προσεχτικά ένα σωρό σε στρώματα, έτσι ώστε να ζεσταίνεται. Αυτό ονομάζεται ζεστός σωρός κομπόστας. Ο άλλος τρόπος είναι να φτιάξουμε έναν κρύο σωρό κομπόστας ρίχνοντας συνεχώς στον σωρό οποιοδήποτε οργανικό υλικό έχουμε. Μετά πρέπει να περιμένουμε

υπομονετικά να διασπαστούν τα συστατικά της κομπόστας. Τα αποτελέσματα είναι τα ίδια, αλλά ο χρόνος που χρειάζεται, για να έχουμε χρήσιμη κομπόστα, διαφέρει. Ένας σωρός που έχει γίνει προσεχτικά με στρώματα και ζεσταίνεται μπορεί να είναι έτοιμος μέσα σε δύο μήνες, ενώ ένας κρύος σωρός κομπόστας μπορεί να χρειαστεί ένα χρόνο ή περισσότερο.

Σχηματισμός ενός κρύου σωρού κομπόστας.

Ένας κρύος σωρός μπορεί να ζεσταθεί ή να μην ζεσταθεί. Προσθέτουμε τα συστατικά, όταν διατίθενται, από λίγα κάθε φορά. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στα κουτιά κομπόστας. Για την κρύα κομπόστα χρειάζονται δύο κουτιά: ένα για να γίνεται σιγά σιγά η κομπόστα στη διάρκεια του χρόνου και ένα για να βάζουμε την έτοιμη κομπόστα του προηγούμενου χρόνου.

Αρχίζουμε ένα σωρό βάζοντας μικρά ξυλώδη κλαδιά στη βάση του κουτιού. Αυτό θα βοηθήσει τη διείσδυση του αέρα. Προσθέτουμε φυτικά υπολείμματα του κήπου και της κουζίνας στο σωρό. Αν βάζουμε πολλά πράσινα υλικά στην κομπόστα, προσθέτουμε λίγο ξερό χόρτο ή άχυρο. Το άχυρο είναι σκληρό και θα επιτρέψει την διείσδυση του αέρα στο σωρό. Αφού μαζέψουμε τα υπολείμματα των φυτών μετά την συγκομιδή και τα φθινοπωρινά φύλλα, αρχίζουμε να φτιάχνουμε τον δεύτερο σωρό. Μέχρι την επόμενη άνοιξη, το κάτω μέρος του πρώτου σωρού πρέπει να είναι έτοιμο για χρήση. Το επάνω μέρος του σωρού μπορεί να μην έχει αποσυντεθεί ακόμα.

Η άνοιξη είναι η κατάλληλη εποχή για να γυρίσουμε το σωρό και να βελτιώσουμε την αποσύνθεση. Σε περιοχές με ξηρασία το καλοκαίρι, συχνά βοηθάει το να γυρίσουμε το σωρό νωρίς το χειμώνα, πριν τις βροχές. Αφαιρούμε και τα δύο μισά του κουτιού της κομπόστας και τα ενώνουμε δίπλα στο σωρό, για να φτιάξουμε ένα άλλο κουτί. Χρησιμοποιώντας ένα δίκρανο ή ένα φτυάρι γυρίζουμε το σωρό μέσα στο κουτί. Το κάτω μέρος του σωρού πρέπει να έχει γίνει κομπόστα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως. Σ' αυτό το στάδιο μπορούμε να προσθέσουμε έναν ενεργοποιητή, όπως κοπριά. Η συνδυασμένη ενέργεια της ανατροπής του σωρού και της

προσθήκης του ενεργοποιητή θα επιταχύνει τη διαδικασία και θα δώσει μία πλήρη κομπόστα.

Όλο το καλοκαίρι συνεχίζουμε να προσθέτουμε οργανικό υλικό στο δεύτερο κουτί. Τα σκουλήκια έχουν την τάση να βρίσκουν τον δρόμο προς τους κρύους σωρούς κομπόστας, όπου μπαίνουν για να φάνε τα θρεπτικά οργανικά υλικά. Θα βοηθήσουν την αποσύνθεση και θα προσθέσουν την κοπριά τους στο σωρό.

Δημιουργία ζεστού σωρού κομπόστας.

Η κατασκευή ενός ζεστού σωρού κομπόστας είναι λίγο πιο πολύπλοκη, επειδή γίνεται συνήθως αμέσως σε στρώματα, για να εξασφαλιστεί καλή, ομοιόμορφη ανάμιξη πράσινου και καστανού οργανικού υλικού και κοπριάς. Για να ζεσταθεί, ο σωρός χρειάζεται να είναι αρκετά μεγάλος σε μέγεθος και σχήμα. Ένας σωρός με διαστάσεις ενός κυβικού μέτρου περίπου είναι ο καλύτερος. Είναι σημαντικό να διατηρείται ο σωρός κοντά σε αυτό το μέγεθος, επειδή, αν γίνει πολύ μεγάλος, ο αέρας θα δυσκολεύεται να διεισδύσει και να φτάσει στο μέσο. Επίσης, αν ο σωρός είναι πιο μικρός, μπορεί να μην ζεσταθεί σωστά.

Για να φτιάξουμε τον σωρό, αρχίζουμε με ένα στρώμα από μικρά και μεγάλα κλαδιά στον πάτο του κουτιού. Πάνω από αυτό βάζουμε ένα στρώμα 10-15 εκατοστών από πράσινο, σαρκώδες οργανικό υλικό, όπως κουρεμένη χλόη, μαλακά υπολείμματα κουζίνας και ζιζάνια. Πάνω από αυτό το στρώμα προσθέτουμε 2,5 εκατοστά φρέσκια κοπριά. Καλύτερα αποδίδει η κοπριά αγελάδας, αλόγου ή προβάτων. Αν δεν υπάρχει αρκετό χώμα στις ρίζες των ζιζανίων που βρίσκονται ήδη στο σωρό, προσθέστε ένα στρώμα 2,5 εκατοστών από χώμα κήπου, για να εισαγάγουμε τους οργανισμούς που ζουν στο χώμα. Το τελευταίο στρώμα γίνεται από 10-15 εκατοστά καστανού οργανικού υλικού. Το άχυρο είναι ιδανική επιλογή, επειδή επιτρέπει στον αέρα να περνάει μέσα από τους βλαστούς του. Άλλο ημίσκληρο καστανό υλικό αποδίδει επίσης καλά, αλλά να αποφεύγουμε οποιοδήποτε ξυλώδες υλικό. Συνεχίζουμε να προσθέτουμε στρώσεις με την ίδια σειρά:

πράσινο οργανικό υλικό, κοπριά, χώμα και καφέ οργανικό υλικό.

Όταν ο σωρός φτάσει κοντά στο χείλος του κουτιού, βάζουμε μία τελευταία στρώση καφέ οργανικού υλικού. Ο σκοπός των στρώσεων είναι να εξασφαλιστεί ένα καλό μείγμα υλικών κομπόστας. Η ανάμειξη του υλικού είναι συχνά δύσκολη, αλλά δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Όταν ο σωρός της κομπόστας αρχίζει να αποσυντίθεται, δεν πρέπει να προσθέσουμε άλλο υλικό. Ελέγχουμε τακτικά τη θερμοκρασία της κομπόστας χρησιμοποιώντας ένα ειδικό θερμόμετρο. Η θερμοκρασία μεταξύ 54 και 60 °C θα σκοτώσει τους σπόρους των ζιζανίων. Επίσης κοιτάμε την ποσότητα υγρασίας του σωρού. Αν ο σωρός υγραίνει ή μουλιάζει, χρησιμοποιούμε ένα αδιάβροχο κάλυμμα ή ένα μεγάλο ξύλινο πλαίσιο, για να τον προστατεύσουμε. Αν ο σωρός είναι πολύ ξερός, τον ποτίζουμε καλά.

Καθώς προχωρεί η διαδικασία της αποσύνθεσης, ο σωρός ζεσταίνεται σιγά σιγά και τελικά φτάνει σε ένα πλατό. Όταν παρατηρήσουμε ότι η θερμοκρασία πέφτει, είναι η ώρα να γυρίσουμε το σωρό. Με τον τρόπο αυτό θα μπει αέρας που θα ενθαρρύνει την παραπέρα αποσύνθεση.

Αφαιρούμε τις δύο πλευρές του κουτιού της κομπόστας και το συναρμολογούμε πάλι δίπλα στο σωρό. Βάζουμε ένα στρώμα ξυλώδους υλικού στη βάση του νέου κουτιού. Χρησιμοποιώντας ένα δίκρανο ή ένα φτυάρι αναποδογυρίζουμε το σωρό μέσα στο κουτί. Δεν πρέπει να προσθέσουμε φρέσκο οργανικό υλικό. Ο σωρός θα ζεσταθεί πάλι τυπικά σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από την πρώτη φορά. Και πάλι ελέγχουμε την υγρασία και σκεπάζουμε το σωρό για να τον κρατήσουμε στεγνό ή τον ποτίζουμε αν είναι απαραίτητο.

Όταν η θερμοκρασία πέφτει στα όρια της θερμοκρασίας του εδάφους/ αέρος, η διαδικασία σχηματισμού κομπόστας έχει κρατήσει τόσο, όσο χρειάζεται, για να γίνει το υλικό έτοιμο για χρήση. Το οργανικό υλικό θα συνεχίσει να αποσυντίθεται είτε στο κουτί είτε στον κήπο, όπου θα χρησιμοποιηθεί.

3.6.3 Παρασκευή κομπόστας για σπόρους

Για να φτιάξουμε κομπόστα μέσα στην οποία θα φυτέψουμε σπόρους, είναι απαραίτητη μία ακόμη διαδικασία. Παίρνουμε μία ποσότητα κομπόστας, για να φτιάξουμε έναν νέο μικρό σωρό την άνοιξη, και τον κρατάμε σκεπασμένο για ένα χρόνο. Η κομπόστα που χρησιμοποιούμε για να σπείρουμε σπόρους, πρέπει να είναι δύο χρονών και να έχει αποσυντεθεί τελείως.

Αν έχουμε μεγάλες παγωνιές, βάζουμε σε σάκους την κομπόστα το φθινόπωρο και την αποθηκεύουμε σε υπόστεγο ώστε να μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε τον χειμώνα. Λινάτσα ή ύφασμα θα διατηρήσουν την κομπόστα υγρή κατά την αποθήκευση. Για καλύτερα αποτελέσματα, κοσκινίζουμε το υλικό σε κόσκινο 0,5 εκατοστών πριν τη χρήση.

3.6.4 Άλλη μέθοδοι παρασκευής κομπόστας.

- Κάδος με συρμάτινο πλέγμα, κάδος με πλέγμα και ξύλο
- Κάδος από τσιμεντόλιθους
- Κάδος από μπάλες άχυρου
- Ξύλινος κάδος
- Βαρέλια
- Σκουπιδοτενεκές

3.7 Χρήσεις της κομπόστας

1. Compost tea

Το «τσάι από κομπόστα» είναι απλώς το αποτέλεσμα της εμβάπτισης μίας τσάντας γεμάτη με κομπόστα σε ένα κουβά γεμάτο νερό, για περίπου μία ώρα. Τα υδατοδιάλυτα θρεπτικά συστατικά και οι ευεργετικοί μικροοργανισμοί διαφεύγουν από το χώμα, με αποτέλεσμα ενός καφέ υγρού, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα φυτών εξωτερικού και εσωτερικού χώρου. Το συγκεκριμένο «τσάι» θα δώσει στα φυτά μας μία ένεση αναγκαίων θρεπτικών ουσιών και θα βοηθήσει να αποτρέψει πολλές ασθένειες των φυτών μας. Το τσάι όμως δεν θα βελτιώσει τη δομή του εδάφους, όπως μία ποσότητα πλήρους αποσυντιθέμενης κομπόστας.

2. Ανοικοδόμηση εδάφους

Η κομπόστα είναι το καλύτερο πρόσθετο για ένα καλό χώμα κήπου διατηρώντας και την υγρασία του. Βελτιώνει το όργωμα, την γονιμότητα, την κατακράτηση νερού σε αμμώδη εδάφη, την αποστράγγιση των υδάτων σε αργιλώδη εδάφη, και βελτιώνει το ανοσοποιητικό του εδάφους μας.

3. Εδαφοβελτιωτικό

Η κομπόστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθ' όλη τη σεζόν ως εδαφοβελτιωτικό κήπου για λαχανικά και λουλούδια. Απλά, ρίχνουμε λίγο στο πλάι των λουλουδιών, του γκαζόν και των λαχανικών για μία αργή απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών και πρόληψης ασθενειών.

4. Φυτά σε γλάστρες

Η κομπόστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξεκινήσει την ανάπτυξη σπόρων ή να προστεθεί σε γλάστρες για να δημιουργήσει ένα μείγμα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά. Η κομπόστα που έχει παραχθεί με τη μέθοδο της ζεστής σωρούς, είναι λιγότερο πιθανό να περιέχει σπόρους ζιζανίων. Ωστόσο, μερικοί από τους μύκητες της κομπόστας μπορεί να αποτρέψουν τους σπόρους να αναπτυχθούν. Γι' αυτό καλό θα ήταν να αποστειρώνουμε την κομπόστα πριν τη χρησιμοποιήσουμε. Μπορούμε να την αποστειρώσουμε στο φούρνο μικροκυμάτων, στο φούρνο ή απλά ρίχνοντας επάνω της βραστό νερό. Από τις τρεις μεθόδους, το βραστό νερό είναι το καθαρότερο και το πιο ασφαλές. Απλά βάζουμε τη κομπόστα σε μία μεγάλη γλάστρα και εμποτίζουμε με το βραστό νερό από μια τσαγιέρα ή κατσαρόλα.

3.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα κομπόστας

Πλεονεκτήματα

- Βελτιώνει τη δομή και τη γονιμότητα του εδάφους.
- Διαρκεί πολύ, γιατί απελευθερώνει τα θρεπτικά συστατικά αργά και σε άμεσα διαθέσιμη μορφή.

- Βελτιώνει την στράγγιση του εδάφους με την προσθήκη πορώδους οργανικής ύλης (χούμος)
- Βελτιώνει τη συγκράτηση υγρασίας
- Παρέχει τροφή που συνήθως έχει ουδέτερο pH, και επίσης εξισορροπεί το έδαφος ενάντια στις γρήγορες αλλαγές του pH
- Η χρήση της κομπόστας σε εδάφη υψηλής τοξικότητας έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση των βαρέων μετάλλων. Έτσι, δεν μπορούν να αφομοιωθούν από τα φυτά και τα ζώα και να εισαχθούν στην διατροφική αλυσίδα
- Τα φυτικά υπολείμματα αξιοποιούνται
- Τα φυτά γίνονται πιο ανθεκτικά στις διάφορες ασθένειες
- Είναι εύκολο να κατασκευαστεί σε οποιοδήποτε κήπο ή φάρμα

Μειονεκτήματα

- Δυσάρεστη οσμή η οποία αποτελεί ένδειξη μη ολοκληρωμένης κομποστοποίησης
- Σχετικά υψηλότερη τιμή σε σχέση με τα χημικά λιπάσματα
- Δύσκολη η μεταφορά και η εφαρμογή της, λόγω του μεγάλου όγκου της
- Χρονοβόρα η αποσύνθεση της
- Ανάγκη για πολύ μεγάλες ποσότητες κομπόστας προκειμένου να καλύψουμε τις ανάγκες της καλλιέργειας μας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

4.1 Συμπεράσματα

- Η οργανική ουσία του εδάφους μαζί με τους μικροοργανισμούς του, παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, γιατί βελτιώνουν τη γονιμότητα του εδάφους.
- Το κλίμα, η κατεργασία του εδάφους, η σύσταση του εδάφους και το βάθος επιδρούν καίρια στην περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία.
- Ο χούμος του εδάφους είναι πηγή θρεπτικών στοιχείων και θερμότητας για τα καλλιεργούμενα φυτά, επίσης, συντελεί στη διαμόρφωση της δομής του εδάφους.
- Ο χούμος του εδάφους έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί την πηγή των αφομοιώσιμων μορφών αζώτου, θείου και φωσφόρου.
- Ο χούμος του εδάφους επιδρά και επηρεάζει άμεσα πολλές πτυχές του μεταβολισμού στα φυτά και αποτελεί, σε κάποιο σημαντικό βαθμό, ρυθμιστικό παράγοντα των διάφορων μεταβολικών διεργασιών όπως στην φωτοσύνθεση κ.λ.π.
- Η κομπόστα είναι η καλύτερη μορφή οργανικού λιπάσματος, διότι είναι μια αργή πηγή απελευθέρωσης θρεπτικών ουσιών.
- Η κομπόστα συνιστά ένα οργανικό λίπασμα ανώτερης αξίας από τα χημικά λιπάσματα και η χρήση της σε συνδυασμό με την εφαρμογή αμειψισπορών με ψυχανθή μπορεί να υποκαταστήσει, τις περισσότερες φορές, όλη την χημική αζωτούχο λίπανση.
- Η χωνεμένη κομπόστα έχει pH περίπου ουδέτερο, γεγονός που της επιτρέπει να εφαρμοστεί τόσο σε όξινα όσο και σε αλκαλικά εδάφη.
- Με τη χρήση της κομπόστας βελτιώνεται το πορώδες του εδάφους, ο αερισμός του εδάφους και γενικότερα τα δομικά

χαρακτηριστικά του εδάφους που επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη και απόδοση των φυτών.

- Η χρήση της κομπόστας συμβάλει στην αντιμετώπιση και τον έλεγχο ορισμένων ασθενειών, λόγω της περιεκτικότητας σε συγκεκριμένα λιπαρά οξέα, τα οποία είναι τοξικά για ορισμένους φυτοπαθογόνους μύκητες και βακτήρια.
- Ένα έδαφος που χειρίζεται με την προσθήκη κομπόστας απαιτεί πολύ λιγότερες επεμβάσεις, γιατί η εδαφοκάλυψη περιορίζει τα ζιζάνια.
- Με την χρήση της κομπόστας, δεν προκαλείται διάβρωση του εδάφους, αποτρέπεται το φαινόμενο του ευτροφισμού, και η μόλυνση του περιβάλλοντος.

4.2 Προτάσεις

Μία ποιοτική κομπόστα που έχει παραχθεί σε αερόβιες συνθήκες και είναι αρκετά ώριμη, συνεισφέρει στην υγεία των φυτών και στην συγκράτηση των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος.

Συνιστάται η ενσωμάτωση της κομπόστας στο έδαφος με φρεζάρισμα, ή απλό και όχι βαθύ σκάψιμο, ανάλογα με την περίπτωση.

Οι δοσολογίες που αναφέρονται παρακάτω προέκυψαν από δοκιμές σε καλλιέργειες και φυτώρια και αναφέρονται σε τουλάχιστον δύο δοκιμές. Σημειώνεται ότι η δοσολογία είναι εντελώς ενδεικτική και όχι αποτρεπτική από το να χρησιμοποιηθεί περισσότερη ή λιγότερη ποσότητα κομπόστας σε κάποια καλλιέργεια. Σημειώνεται επίσης ότι για την σωστή χρήση της κομπόστας χρειάζεται να προσδιοριστούν οι ανάγκες σε λίπανση και οργανική ουσία, να ληφθεί υπόψη η σύσταση του εδάφους και αν γίνει κάποια άλλη μορφή λίπανσης.

Εσπεριδοειδή

Καλλιέργεια. Δοκιμή σε πορτοκαλιές, μανταρινιές, λεμονιές, γκρέιπ φρουτ.

Χρήση 13-25 Kgr/δέντρο.

Ελαιόδεντρα

Η χρήση της κομπόστας στην καλλιέργεια της ελιάς ανέρχεται στα 13-25 Kgr/ δέντρο.

Αμπέλια

Η χρήση της κομπόστας στην καλλιέργεια αμπελιού ανέρχεται σε 0,8- 1,5 Kgr/ πρέμνο.

Οπορωφόρα

Δοκιμή σε αχλάδια με χρήση κομπόστας που ανέρχεται σε 13- 20 Kgr/ δέντρο.

Υποτροπικά

Δοκιμή σε αβοκάντο και ακτινίδια. Χρήση κομπόστας 10-15 Kgr/ δέντρο στο αβοκάντο και 3- 5 Kgr στο ακτινίδιο.

Θερμοκηπιακά κηπευτικά

Συνιστάται η ενσωμάτωση της κομπόστας στο χώμα με φρεζάρισμα.

Ντομάτες: 1500-3000 Kgr/ στρέμμα

Πιπεριές: 1000- 2500 Kgr/ στρέμμα

Αγγούρια: 1000-2300 Kgr/ στρέμμα

Μελιτζάνες: 1000-2500 Kgr/ στρέμμα

Υπαίθρια κηπευτικά

Μαρούλια: χρήση 2- 5 Kgr/ m

Ντομάτες: χρήση 2- 6 Kgr/m

Αγγούρια: χρήση 2- 5 Kgr/m

Πατάτες: χρήση 4- 8 Kgr/m

Φράουλες: χρήση 1- 3 Kgr/m

Σέλινο- μαϊντανός: χρήση 1- 1,5Kgr/ m

Βίκος για ζωοτροφή: χρήση 1500- 3000 Kgr/ στρέμμα

Κολοκύθια: χρήση 2- 4 Kgr/m

Φασολάκια και μπάμιες: χρήση 2- 3 Kgr/m

Ανθοκομικά-διάφορα

Καλλωπιστικά φυτά εξωτερικού χώρου: Χρήση σε μείγμα με χώμα, τύρφη και περλίτη σε ποσοστό 30% κ.β.

Γκαζόν: χρήση 0,6- 3 Kgr/m²

Τριανταφυλλιά: χρήση σε μείγμα με τύρφη και κοκκινόχωμα σε ποσοστό 20% κ.β.

Φίκος: χρήση σε μείγμα με τύρφη σε ποσοστό 30% κ.β.

Βασιλικός: χρήση σε μείγμα με τύρφη σε ποσοστό 40% κ.β.

Ρίγανη: μίξη με μαύρη τύρφη σε ποσοστό 50- 60% κ.β.

Χλωρή λίπανση

Μία κατηγορία οργανικών λιπασμάτων, απαραίτητη για την βιολογική καλλιέργεια, είναι η χλωρή λίπανση.

Η μέθοδος αυτή λίπανσης των εδαφών, χρησιμοποιεί κυρίως αζωτοσυλλεκτικά φυτά (ψυχανθή) τα οποία παραχωρούνται στο έδαφος σε χλωρή κατάσταση και σε στάδιο ανθοφορίας.

Η χλωρομάζα αυτή είναι πλούσια σε νερό, άμυλο, λεύκωμα και άζωτο. Είναι βασικός παράγοντας για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και μπορεί να επηρεάσει θετικά την επόμενη καλλιέργεια.

Η χλωρή ύλη περιέχει θρεπτικά συστατικά που αποσπώνται σιγά σιγά και αφομοιώνονται από τα φυτά που καλλιεργούμε.

Οι παραπληρώσεις θρεπτικές ουσίες συγκρατούνται από τους μικροοργανισμούς, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος απόπλυσης.

Με τη χλωρή λίπανση καθίσταται δυνατή η επίδραση μιας σωστής αμειψισποράς για την καταπολέμηση των αγριοβότανων, των διάφορων ασθενειών και της χαλάρωσης του υπεδάφους με τις βαθιές ρίζες των ψυχανθών φυτών.

Δεν είναι ανάγκη να κάνουμε χλωρή λίπανση κάθε χρόνο. Κάθε 4 ή 6 χρόνια θα ήταν αρκετό, για ένα ανακάτεμα του εδάφους όπου συγχρόνως γίνεται καταπολέμηση των νηματωδών και εφοδιάζουμε με τροφή τα σκουλήκια, τα οποία φροντίζουν για τη χουμοποίηση της χλωρής ουσίας.

Πλεονεκτήματα χλωρής λίπανσης

- Περισσότερο άζωτο

- Περισσότερος χούμος
- Αποφυγή απόπλυσης από βροχές
- Αξιοποίηση του βρόχινου νερού
- Λιγότερες διαβρώσεις από τις βροχές
- Ενισχυμένη βιολογία του εδάφους. (μικροοργανισμοί)
- Χαλάρωση υπεδάφους δια των ριζών
- Καταπολέμηση αγριόχορτων
- Μεγαλύτερη παραγωγή και καλή ποιότητα προϊόντων

Φυτά κατάλληλα για χλωρή λίπανση

- Μαυροσίταρο (*Fagopyron saittatum*)
- Μπιζέλι (*Pisum sativum*)
- Κίτρινο τριφύλλι (*Medicago lupulina*)
- Σινάπι (*Sinapis alba*)
- Ραφανίδι (*Raphanus sativus*)
- Βίκος (*Vicia sativa*)
- Ηλιόσπορος (*Helianthus annus*)
- Αγριοκράμβη (*Brassica napus*)
- Χειμ. Βίκος (*Vicia villosa*)
- Ρεβύθια (*Lathyrus cicera*)
- Φατσέλια (*Phacelia*)
- Λουπινάρια (*Lupinus luteus*)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΛΚΙΜΟΣ, Α. (1990). *ΒΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ ΧΩΡΙΣ ΧΗΜΙΚΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΑ*. ΑΘΗΝΑ: ΨΥΧΑΛΟΣ.

DENCKLA, T. (2002). *ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΒΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ: ΛΑΧΑΝΙΚΑ, ΒΟΤΑΝΑ, ΑΝΘΗ, ΚΑΡΠΟΙ & ΟΠΩΡΟΦΟΡΑ ΔΕΝΤΡΑ : ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥ ΚΑΙ ΥΓΙΟΥΣ ΚΗΠΟΥ ΧΩΡΙΣ ΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΜΟΝΕΣ*. ΑΘΗΝΑ: ΨΥΧΑΛΟΣ.

FEDOR, J. (2005). *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΚΗΠΟΥΡΙΚΗ ΓΙΑ ΤΟΝ 21ο ΑΙΩΝΑ*. ΑΘΗΝΑ: ΒΑΣΔΕΚΗΣ.

ΚΟΥΚΟΥΛΑΚΗΣ, Π. (2000). *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ : ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ / Π. Χ. ΚΟΥΚΟΥΛΑΚΗΣ, Α. Δ. ΣΙΜΩΝΗΣ, Α. Κ. ΓΚΕΡΤΣΗΣ*. ΑΘΗΝΑ: ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ.

ΜΗΤΣΙΟΣ, Ι. (1999). *ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ*. ΑΘΗΝΑ: Zymel.

ΠΑΛΑΤΟΣ Γ.,ΚΥΡΚΕΝΙΔΗΣ Ι. (2006). *ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ*. ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ: ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

STELL, E. (2000). *ΤΑ ΜΥΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΟΝΙΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ*. ΑΘΗΝΑ: ΨΥΧΑΛΟΣ.

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

<http://www.humoolea.com/dosologies%20en.pdf>

http://www.ftiaxno.gr/2008/03/blog-post_28.html

http://www.savetheplanet.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=31&Itemid=40

<http://kallithea.hua.gr/compost.net/process.htm>

<http://biokipos.blogspot.gr/p/blog-page.html>

<http://www.ricardo.gr/buy/kipos-ergaleia/anakiklosi-perivallon/kompostopoiisi/l/cn74457/>

<http://www.aegeaskek.gr/eco-agro/pdf/enotita2.pdf>

http://www.google.gr/search?q=photos+compost&hl=el&tbo=u&rlz=1C1TEUA_enGR497GR497&tbm=isch&source=univ&sa=X&ei=ZfbtUOKvBfOO4gSR44Fo&ved=0C4QsAQ&biw=1366&bih=630#hl=el&tbo=d&rlz=1C1TEUA_enGR497GR497&tbm=isch&sa=1&q=photos+compost&oq=photos+compost&gs_l=img.12...0.0.0.7248.0.0.0.0.0.0.0.0..0.0...0.0...1c.TANvMeK7yYw&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.&bvm=bv.1357316858,d.bGE&fp=cdbf81bb122e9c2a&biw=1366&bih=667