



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ



Μεταπτυχιακή Διατριβή

*Επιπτώσεις της καύσης της καλαμιάς σιτηρών σε επιλεγμένες
παραμέτρους του οικοσυστήματος*



Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Σπυρόπουλος Δημήτριος

Επιβλέπων: Σφουγγάρης Αθανάσιος, Αν. Καθηγητής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	6
2.1. Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας	6
2.2. Η πρακτική του καψίματος της καλαμιάς	8
2.3. Αρνητικές επιπτώσεις από το κάψιμο καλαμιάς	9
2.3.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	9
2.3.2. Επιπτώσεις στο έδαφος	10
2.3.3. Επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα	12
2.3.4. Επιπτώσεις στο υδατικό περιβάλλον	13
2.3.5. Συνολική αποτίμηση των επιπτώσεων	13
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ	19
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	20
4.1. Δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων	20
4.2. Εργαστηριακές μετρήσεις	22
4.2.1. Ανάλυση κοκκομετρικής σύστασης	22
4.2.2. pH	23
4.2.3. Οργανική ουσία με υγρή οξείδωση	24
4.2.4. Ολικό άζωτο στο έδαφος	25
4.3. Στατιστική Ανάλυση	29
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	30
5.1. Φυτικοχημικές παράμετροι του εδάφους σε καμένα και άκαφτα αγροτεμάχια	30
5.2. Επίδραση των περιβαλλοντικών μεταβλητών στη βιομάζα της καλαμιάς	33
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	36
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής διατριβής μου, κ. Αθ. Σφουγγάρη, Αναπληρωτή καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Διαχείρισης Οικοσυστημάτων και Βιοποικιλότητας, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές μέχρι την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διατριβής.

Επίσης, ευχαριστώ τον Επίκουρο καθηγητή κ. Β. Αντωνιάδη, για την πολύτιμη συμβολή του στο εργαστήριο και στην συνεχή καθοδήγηση στα εργαστηριακά πειράματα, καθώς και την Μεταδιδακτορική Ερευνητή κ. Αλ. Σολωμού για την πολύτιμη βοήθεια με την επεξεργασία των στατιστικών δεδομένων. Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή κ. Δαναλάτο.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την στήριξη και το ενδιαφέρον τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καύση της καλαμιάς είναι η απομάκρυνση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών μετά την συγκομιδή δια μέσου της καύσης στο χωράφι.

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας ήταν η ανάλυση των επιπτώσεων σε επιλεγμένες παραμέτρους του οικοσυστήματος, με έμφαση σε εδαφικές παραμέτρους.

Η επιλογή των αγροτεμαχίων πραγματοποιήθηκε με βάση το σύστημα διαχείρισης που είχαν εφαρμόσει οι γεωργοί στην περιοχή έρευνας. Επιλέχθηκαν 40 αγροτεμάχια στα οποία καλλιεργήθηκε σιτάρι, 20 από τα οποία ήταν αγροί στους οποίους είχαν αφαιρεθεί τα υπολείμματα της καλλιέργειας μετά την συγκομιδή και 20 αγροτεμάχια στα οποία είχε χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της καύσης της καλαμιάς. Από κάθε χωράφι επιλέχθηκαν 3 δείγματα χώματος με πλήρως τυχαιοποιημένη δειγματοληψία και 3 δείγματα υπέργειας νεκρής βιομάζας. Συνολικά συλλέχθηκαν 120 δείγματα χώματος. Τα δείγματα χώματος συλλέχθηκαν με ειδικό δειγματολήπτη και από βάθος 0-10cm.

Στο εργαστήριο ακολούθησε μια σειρά αναλύσεων για τη μέτρηση της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους, της οργανικής ουσίας, του ολικού αζώτου και του pH.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα διάφορα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν για τις δυο μεταχειρίσεις (καμένα-άκαφτα).

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν είναι ότι δεν μπορούμε να έχουμε μια σαφή εικόνα για τα αποτελέσματά μας εξαιτίας παραγόντων που δεν ελήφθησαν υπόψιν όπως την πρότερη λίπανση των αγροτεμαχίων όπου ελήφθησαν τα δείγματα μας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κάψιμο των φυτικών υπολειμμάτων και ιδιαίτερα των υπολειμμάτων των σιτηρών ήταν γενικευμένη πρακτική των παραγωγών στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο, προκειμένου να προετοιμάσουν το χωράφι τους για την επόμενη καλλιέργεια. Η χρόνια αυτή τακτική θεωρήθηκε σημαντική λύση πριν την εκμηχάνιση της γεωργίας και την εισαγωγή στη γεωργική πράξη των μέσων φυτοπροστασίας. Σήμερα, θεωρείται από πολλούς ως κατάλοιπο παλαιότερων πρακτικών που πρέπει να εγκαταλειφθεί για διάφορους λόγους (υγείας, περιβαλλοντικούς, κοινωνικοοικονομικούς, κλπ) (Γεωργιάδης, 2012).

Η καύση των φυτικών υπολειμμάτων έχει ορισμένες θετικές επιπτώσεις στο εδαφικό οικοσύστημα, όπως αύξηση των ενώσεων φωσφόρου και η καταστροφή των ασθενειών των φυτών και των παρασίτων στο έδαφος. Αυτή η πρακτική όμως, έχει και σοβαρές αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και στο έδαφος. Η κύρια αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον είναι η εκπομπή στην ατμόσφαιρα διαφόρων βλαβερών για την υγεία αερίων του θερμοκηπίου και στο έδαφος είναι η μείωση της γονιμότητάς του (μεταβάλλοντας κάποιες από τις χημικές και φυσικές ιδιότητες), ενώ παράλληλα αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες των δασικών πυρκαγιών (Nikolon, 2011).

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας

Τα υπολείμματα των αροτραίων καλλιεργειών με σωστή διαχείριση μπορούν να προσφέρουν προστασία στο χωράφι από τη διάβρωση και να εμπλουτίσουν το έδαφος με οργανική ουσία. Τα Ελληνικά εδάφη είναι πολύ φτωχά σε οργανική ουσία, που αποτελεί το πιο βασικό συστατικό της γονιμότητας των εδαφών.

Δεδομένης της μεγάλης σημασίας της διαχείρισης των φυτικών υπολειμμάτων, για την εξασφάλιση της κατά το δυνατόν ορθολογικότερης χρησιμοποίησης αυτών έχουν θεσπισθεί κανόνες σε όλες τις χώρες του κόσμου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα σε τέτοια θέματα επέβαλε τη θέσπιση μέτρων στις χώρες μέλη της συνδέοντας την παροχή ενισχύσεων σε αγροτικές εκμεταλλεύσεις με την εφαρμογή των μέτρων αυτών. Έτσι σήμερα είναι υποχρεωτική η εφαρμογή των Κωδίκων Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ΚΟΓΠ) που θεσπίστηκαν με την 568/20-1-2004 Κοινή Απόφαση των Υπ. Οικονομίας και Οικονομικών, Εσωτερικών Δημ. Διοίκησης και Αποκέντρωσης και Γεωργίας ([http1](http://www.ypdg.gr)), η οποία για τη διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων προβλέπει τα ακόλουθα:

Άρθρο 8. ΚΥΑ 568/20-1-2004. Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας

Η εύκολη πρακτική της καύσης της καλαμιάς στερεί το έδαφος από οργανική ουσία. Η ωφέλεια στο έδαφος από τη συγκράτηση περισσότερου βρόχινου νερού και από τη μείωση της εξάτμισης, από αυτό συνδέεται, άμεσα, με το καλό φύτρωμα των σπόρων. Η συγκράτηση της υγρασίας είναι τόσο καλύτερη όσο καλύτερη είναι η κάλυψη του εδάφους από τα φυτικά υπολείμματα. Για τους λόγους αυτούς η καύση της καλαμιάς θα πρέπει να αποφεύγεται ([http1](http://www.ypdg.gr)).

Η καύση της καλαμιάς είναι συχνά αιτία πυρκαγιάς και για τους λόγους αυτούς:

1. Απαγορεύεται η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών (καλαμιάς) στις οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, στις επικλινείς εκτάσεις (κλίση μεγαλύτερη από 10%) και στις περιοχές με οργανικά εδάφη (οργανική ουσία μεγαλύτερη από 4%). Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες μπορεί να ακολουθείται η εξής διαχείριση:

- Βόσκηση της καλαμιάς και ενσωμάτωση στο έδαφος των υπολειμμάτων μετά τη βόσκηση.
- Άμεση ενσωμάτωση στο έδαφος
- Κοπή, κάλυψη του εδάφους με τα υπολείμματα (mulching) και ενσωμάτωσή τους στο έδαφος την επόμενη άνοιξη.

2. Κλαδέματα των πολυετών φυτειών:

- Απαγορεύεται να καταστρέφονται με χρήση φωτιάς σε εκτάσεις που βρίσκονται σε ακτίνα 500 μέτρων από δάση ή οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, εκτός κι αν έχει δοθεί ειδική προς τούτο άδεια από την Πυροσβεστική Υπηρεσία.
- Το κάψιμο πρέπει να γίνεται κατά τους χειμερινούς μήνες
- Συνιστάται η αξιοποίηση των κλαδευμάτων ως ανανεώσιμου ενεργειακού πόρου στον οικιακό τομέα (τζάκια-ξυλόσομπες) ή η μετά από ψιλοτεμαχισμό ενσωμάτωσή τους σε σωρούς κομπόστας.
- Κατά το κάψιμο πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή της πυρκαγιάς, όπως αυτά περιγράφονται παρακάτω.

Όταν πραγματοποιείται καύση της καλαμιάς, επιβάλλεται η λήψη των ακόλουθων μέτρων:

1. Να ζητείται άδεια από τις αρμόδιες αρχές
2. Να ενημερώνεται πριν την καύση η πυροσβεστική υπηρεσία
3. Πριν την έναρξη της καύσης να έχουν ληφθεί μέτρα ελέγχου της καύσης, όπως δημιουργία αυλακιών για πυρασφάλεια.
4. Στο χώρο της καύσης πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα 200 λίτρα νερού, φτυάρια και τουλάχιστον δύο άνθρωποι να εποπτεύουν το χώρο.
5. Να απομακρύνονται τα προς καύση υλικά από στύλους της ΔΕΗ, του ΟΤΕ, από εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, πετρελαίου κλπ.

Συνιστάται επίσης:

1. Η καύση να πραγματοποιείται, αν αυτό είναι δυνατό, αντίθετα από την φορά του ανέμου.
2. Όπου είναι δυνατό να ενσωματώνεται η στάχτη εντός δύο ημερών από την καύση».

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. υπ' αριθ. 262385/21.4.10 στην παράγραφο Α. Υποχρεώσεις Γεωργών στο κεφάλαιο Ι και το νο.5 αναφέρεται πως:

Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, επιλέγει να ακολουθήσει μια ή περισσότερες από τις παρακάτω πρακτικές αναφορικά με τα υπολείμματα των καλλιεργειών:

- Ενσωμάτωση στο έδαφος,
- Βόσκηση της καλαμιάς,
- Κοπή και κάλυψη του εδάφους με τα υπολείμματα (mulching) και ενσωμάτωσή τους στο έδαφος την επόμενη άνοιξη,
- Διατήρηση της καλαμιάς στο χωράφι κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ενσωμάτωση της την επόμενη καλλιεργητική περίοδο.

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και με άδεια από την οικεία Δ/νση Αγροτικής Ανάπτυξης και σύμφωνη γνώμη της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, μπορεί να προβεί σε καύση της καλαμιάς.

2.2. Η Πρακτική της Καύσης της Καλαμιάς

Σε ολόκληρο τον κόσμο και όχι μόνο στη χώρα μας, όπως στον Καναδά, τη Λατινική Αμερική, την Καλιφόρνια, τη Νότια Ασία, την Ιταλία κ.α. η πρακτική αυτή είναι ευρύτατα διαδεδομένη. Οι λόγοι που επικαλούνται οι παραγωγοί σχετίζονται με την προετοιμασία του χωραφιού για την επόμενη καλλιέργεια, η καταπολέμηση ορισμένων φυτικών εχθρών (εντόμων) και ορισμένες φορές φαίνεται να έχουν κάποια βάση. Παρά ταύτα, σε καμία περίπτωση ή έστω και η πρόσκαιρη ωφέλεια που φαίνεται ότι έχουν οι παραγωγοί δικαιολογούν την υιοθέτηση αυτής της πρακτικής. Σοβαρές πολυετείς έρευνες έχουν αποδείξει ότι η ενσωμάτωση της καλαμιάς του σίτου δεν είχε αρνητικές συνέπειες για την προετοιμασία της κλίνης για την επόμενη καλλιέργεια. Ένα έτος μετά την ενσωμάτωση η αποσύνθεση των υπολειμμάτων ήταν ικανοποιητική, ενώ μετά από δύο χρόνια η αποσύνθεση ήταν πλήρης και κανένας άλλος λόγος από τους προβαλλόμενους (δημιουργία τοξινών από τα υπολείμματα, έντομα κ.λπ.) δεν προκάλεσε οποιοδήποτε πρόβλημα. Απεναντίας, αγροί που

καλλιεργήθηκαν μετά το κάψιμο της καλαμιάς παρουσίασαν σημαντικά προβλήματα από μυκητολογικές ασθένειες (Τσαντήλας, 2008).

2.3. Αρνητικές Επιπτώσεις από το κάψιμο καλαμιάς

2.3.1. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η καύση σπάνια είναι πλήρης, είτε γιατί δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο, ακόμα και σε ανοιχτό χώρο, λόγω τοπικής έλλειψης αέρα στο σημείο της καύσης, είτε γιατί, σε πολύ γρήγορες διεργασίες δεν προλαβαίνει να ολοκληρωθεί χρονικά (Μπουσμουκίλια, 2012).

Η καύση της καλαμιάς, παρότι πραγματοποιείται σε ανοιχτό μέρος, γίνεται σε τοπικές συνθήκες έλλειψης αέρα κοντά στην επιφάνεια των στερεών, με συνέπεια την σημαντική παραγωγή αέριων ρύπων και τέφρας (στο έδαφος και αιωρούμενα σωματίδια).

Η ατελής καύση παράγει ενδιάμεσες χημικές ενώσεις που είναι συχνά επικίνδυνοι ρύποι, όπως (Μπουσμουκίλια, 2012):

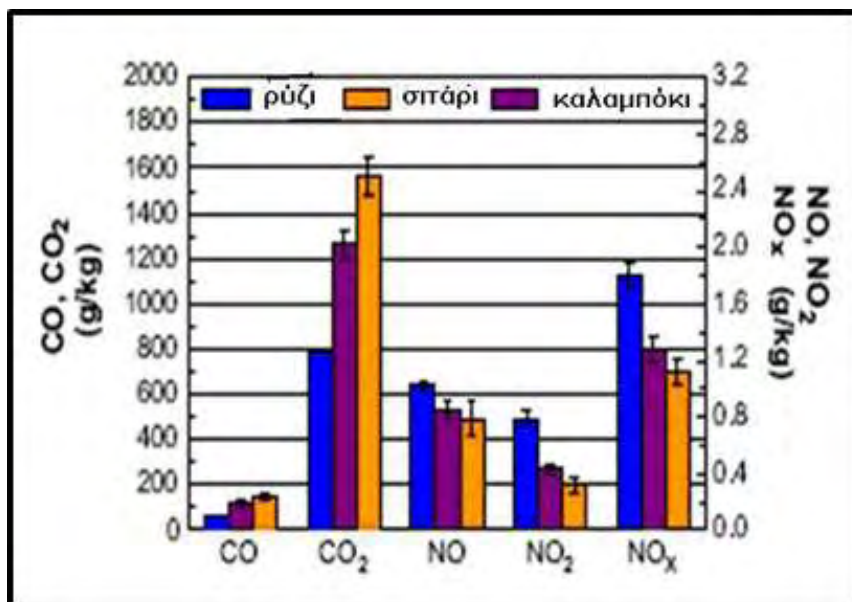
- Οξείδια του άνθρακα (COx). Το διοξείδιο του άνθρακα, είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου και τις κλιματικές αλλαγές στον πλανήτη.
- Οξείδια του αζώτου (NOx). Είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του λεγόμενου «ατμοσφαιρικού νέφους» στις μεγαλουπόλεις, αλλά και για το σχηματισμό όξινης βροχής (νιτρικό οξύ). Συνεισφέρουν στο σχηματισμό όζοντος στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου είναι ανεπιθύμητο και επιβλαβές για την υγεία.
- Οξείδια θείου (SOx). Με την υγρασία της ατμόσφαιρας σχηματίζεται θειικό οξύ, που στη συνέχεια εναποτίθενται με την βροχή (όξινη βροχή) προκαλώντας σοβαρές ζημιές στα δάση και οξίνιση των λιμνών.

Τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από τα παραπροϊόντα και απόβλητα της καύσης των φυτικών υπολειμμάτων είναι (Τσαντήλας 2008, Εικόνα 1):

1. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου: Λαμβάνοντας υπόψη τους υπολογισμούς για τις συνολικές παραγόμενες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων και τα ποσοστά αυτών που καίγονται σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι από το κάψιμο αυτών απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα 350 - 560 Mt άνθρακα, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 1.1 – 1.7 Gt διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Βέβαια θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι ποσότητες αυτές δεν επηρεάζουν μόνιμα τη σύνθεση της

ατμόσφαιρας δεδομένου ότι ανάλογες ποσότητες αναμένεται να απορροφηθούν από τις νέες καλλιέργειες κατά την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Το σημαντικό όμως είναι εκτός από το CO₂ εκλύονται και άλλα αέρια του θερμοκηπίου, όπως μεθάνιο (CH₄), το οποίο απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία 60 φορές περισσότερο από CO₂, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του N και καρβονυλικό σουλφίδιο. Υπολογίζεται ότι το 8% του συνολικά εκπεμπόμενου στην ατμόσφαιρα CH₄ καθώς και 11% του N₂O προέρχεται από το κάψιμο των φυτικών υπολειμμάτων. Ως ένα δε μέτρο σημαντικό για την αντιμετώπιση του προβλήματος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θεωρείται η επιστροφή όλων των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος.

2. Η τέφρα (στάχτη), που παραμένει στο έδαφος και η τέφρα που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα (αιωρούμενα σωματίδια). Η καύση των φυτικών υπολειμμάτων και ιδιαίτερα της καλαμιάς των σιτηρών, δημιουργεί σύννεφα καπνού, τα οποία προκαλούν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων σε περιοχές που γειτνιάζουν με αγρούς, στους οποίους καίγονται φυτικά υπολείμματα.
3. Παραγωγή οργανικών ενώσεων, ιδιαίτερα τοξικών όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι διοξίνες, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια κ.α.



Εικόνα 1. Εκπομπή αέριων ρύπων από την καύση καλαμιάς. Πηγή: Μπουσμουκίλια (2012).

2.3.2. Επιπτώσεις στο έδαφος

Οι σημαντικότερες αρνητικές συνέπειες για το έδαφος από την καύση της καλαμιάς είναι:

- Απώλεια αζώτου: Όπως αναφέρθηκε ήδη στα φυτικά υπολείμματα περιέχονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, μεταξύ των οποίων είναι και το N, το οποίο με την καύση χάνεται εξ ολοκλήρου στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, η καύση των φυτικών υπολειμμάτων συνεπάγεται τεράστιες απώλειες N, το οποίο ενώ θα μπορούσε να ανακυκλωθεί προς όφελος της γονιμότητας του εδάφους και του παραγωγού, μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα επιτείνοντας το πρόβλημα των αερίων του θερμοκηπίου (Τσαντήλας, 2008).
- Εξαιτίας της καύσης των φυτικών υπολειμμάτων, διαταράσσεται το μικροκλίμα που δημιουργούν αυτά στην επιφάνεια του εδάφους. Έτσι, χάνεται η προστασία του εδάφους, από τις υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνεται η εξάτμιση του νερού και ελλείπουν οι φυσιολογικές συνθήκες για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η καύση, ειδικά σε βαριά αργιλώδη εδάφη, επιφέρει μεταβολή στις ιδιότητες διόγκωσης-διαστολής των τεμαχιδίων της αργίλου και απομακρύνεται δομικό νερό. Άρα με την καύση μεταβάλλεται η δομή του εδάφους με αποτέλεσμα την απώλεια της συνεκτικότητάς του και με επακόλουθο την καθίζηση και την απώλεια καλλιεργήσιμης έκτασης (Γεωργιάδης, 2012).
- Μείωση της οργανικής ουσίας του εδάφους: Τα εδάφη δεν είναι ένα σύνολο ανόργανων συστατικών. Περιέχουν τεράστιο αριθμό μικροοργανισμών, μέσω των οποίων συντελείται το σύνολο σχεδόν των αντιδράσεων, οι οποίες οδηγούν στην απελευθέρωση των θρεπτικών στοιχείων, με τα οποία τρέφονται τα φυτά. Οι μικροοργανισμοί αυτοί διατρέφονται από την οργανική ουσία των εδαφών. Η καύση των φυτικών υπολειμμάτων, εκτός από το ότι στερεί την ευκαιρία να εμπλουτισθούν τα εδάφη με οργανική ουσία, στην οποία μετατρέπονται τα φυτικά υπολείμματα, συμβάλλει στην οξείδωση της ήδη υπάρχουσας οργανικής ουσίας των εδαφών. Σε εδάφη δε που βρίσκονται σε μεσογειακά περιβάλλοντα, όπως τα ελληνικά, αυτό αποτελεί ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα δεδομένου ότι τα εδάφη αυτά περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό οργανικής ουσίας (περί το 1%, όταν ένα έδαφος θεωρείται καλά εφοδιασμένο όταν περιέχει περί το 5%) (Τσαντήλας, 2008).
- Διάβρωση Εδαφών. Κάθε χρόνο τα φύλλα που πέφτουν και τα φυτικά υπολείμματα, προσθέτουν ένα νέο λεπτό οργανικό κάλυμμα στην επιφάνεια του εδάφους, που το προστατεύει από διαβρωτικές διεργασίες και επιταχύνει την πεδογενετική διεργασία σχηματισμού του έδαφους. Η διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος

ενισχύει σε μεγάλο βαθμό τη δυνατότητα των εδαφών να ανθίστανται στη διάβρωση, που αποτελεί το μεγαλύτερο κίνδυνο για εδάφη σε περιβάλλοντα όμοια με τα ελληνικά που χαρακτηρίζονται από επικλινές ανάγλυφο. Όταν το έδαφος μείνει γυμνό εξαιτίας της καύσης των καλαμιών, τότε εκτίθεται στη διαβρωτική επίδραση του νερού. Η βροχή ασκεί την πλέον καταστρεπτική επίδραση στο γυμνό έδαφος. Η ισχυρή, λόγω της βαρύτητας, ενέργεια, η οποία δημιουργείται, όταν η σταγόνα της βροχής πλήξει το ακάλυπτο έδαφος είναι η κύρια αιτία της διάβρωσης από το νερό. Μάλιστα από τη στιγμή που απουσιάζουν τα φυτικά υπολείμματα, είναι αδύνατο να εξουδετερωθεί η κινητική ενέργεια της σταγόνας βροχής, με συνέπεια περισσότερο νερό να απορρέει, παρά να διηθείται. Με τον τρόπο αυτό τα εδάφη που βρίσκονται σε επικλινείς θέσεις γίνονται πιο ευαίσθητα στη διάβρωση οδηγούμενα σε ερημοποίηση (Τσαντήλας, 2008).

- Μείωση του ρυθμού απορρόφησης του νερού με αποτέλεσμα την αδυναμία εμπλουτισμού του υδροφόρου ορίζοντα (Γεωργιάδης, 2012).
- Ακινητοποιούνται τα φυτοφάρμακα από τη στάχτη με αποτέλεσμα η χρήση φυτοπροστατευτικών να μην έχει κανένα αποτέλεσμα (Γεωργιάδης, 2012).

2.3.3. Επιπτώσεις στη χλωρίδα και την πανίδα

Η καύση υπολειμμάτων καλαμιάς επιφέρει σημαντικές καταστροφές στη μικροχλωρίδα και την εδαφοπανίδα, καθώς και απώλεια της βιοποικιλότητας από εκτοπισμό ειδών χλωρίδας και πανίδας (π.χ. πληθυσμοί πέρδικας). Η αφθονία των αρθροπόδων και άλλων οργανισμών που διαβιούν στο ανώτερο στρώμα του εδάφους είναι δυνατό να επηρεαστεί σοβαρά από την καύση των φυτικών υπολειμμάτων. Εκτός από την επίδραση στην εδαφική πανίδα, η καύση αποστερεί τους οργανισμούς αυτούς από την τροφή τους, η οποία είναι τα φυτικά υπολείμματα. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα με τους γαιοσκώληκες, που συνεισφέρουν σημαντικά στη συντήρηση, δομή και γονιμότητα του εδάφους. Τέλος, η καύση των υπολειμμάτων καλαμιάς επιφέρει μείωση της βοσκήσιμης ύλης για τα αιγοπρόβατα (Γεωργιάδης, 2012).

Επίσης η καταστροφή της αυτοφυούς βλάστησης (στα περιθώρια του αγρού, φυτοφράχτες) η οποία λειτουργεί ως «οικολογικός θώκος» για διάφορα έντομα, ερπετά, πουλιά και μικρά θηλαστικά που μπορεί να αποτελούν φυσικούς εχθρούς των επιβλαβών για τις καλλιέργειες οργανισμών, έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ωφέλιμου παρασιτισμού (Γεωργιάδης, 2012).

Τέλος η χλωρίδα στα όρια της εκμετάλλευσης αποτελεί στοιχείο του αγροτικού τοπίου με αισθητική αξία η οποία πρέπει να διατηρηθεί και να αναδειχθεί.

2.3.4. Επιπτώσεις στο Υδατικό Περιβάλλον

Οι αρνητικές επιπτώσεις της καύσης υπολειμμάτων καλαμιάς, έγκεινται κυρίως από τη μετανάστευση αιωρούμενων σωματιδίων σε υδάτινους αποδέκτες και ποτίστρες κοντινών εκτροφών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αρνητική επίδραση στην ποιότητα του νερού και τη μεταβολή του ισοζυγίου των υδάτων, με (Γεωργιάδης, 2012):

1. Αύξηση της επιφανειακής απορροής και των πλημμυρών από την απουσία βλάστησης,
2. Μείωση της συγκράτησης του νερού,
3. Μείωση της κατείσδυσης η οποία υποβοηθείται από την φυτοκάλυψη, δεδομένου ότι καθυστερεί την απορροή,
4. Μείωση της ταχύτητας διήθησης της βροχής στο έδαφος λόγω απόφραξης των πόρων του από την στάχτη και
5. Μείωση της τροφοδοσίας του υδροφόρου ορίζοντα

2.3.5. Συνολική αποτίμηση των επιπτώσεων

Συμπερασματικά λοιπόν, από όσα προαναφέρθηκαν σχετικά με τις αρνητικές επιπτώσεις της καύσης υπολειμμάτων καλαμιάς, φαίνεται ότι η σημαντικότερη είναι αυτή της καταστροφικής επίδρασης επί της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Είναι γνωστό ότι η οργανική ύλη του εδάφους είναι μια δεξαμενή για τα θρεπτικά συστατικά των φυτών, ενισχύει την ικανότητα συγκράτησης νερού, προστατεύει τη δομή του εδάφους έναντι της διάβρωσης και έτσι διαμορφώνει την παραγωγικότητά του. Συνεπώς, εξαιτίας της απώλειας της οργανικής ουσίας περιορίζεται η ικανότητα του εδάφους να παράσχει θρεπτικές ουσίες για την αειφόρο παραγωγή φυτών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μικρότερες σοδειές, άρα και τροφής για τον άνθρωπο. Επίσης, επιφέρει μείωση της τροφής για τους ζωντανούς οργανισμούς του εδάφους. Ακόμη, συντελεί στη μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού κι έτσι οδηγεί σε αυξημένη απορροή νερού και διάβρωση του εδάφους. Μάλιστα, εξαιτίας της διάβρωσης, συμπαρασύρεται το γόνιμο επιφανειακό έδαφος, γεγονός το οποίο ειδικά σε ημίξηρες περιοχές οδηγεί σε ερημοποίηση του εδάφους.

Η καύση, αφενός συντελεί στην οξείδωση της ήδη υπάρχουσας οργανικής ουσίας κι αφετέρου στερεί τον εμπλουτισμό των εδαφών με οργανική ουσία, στην οποία ουσία θα

μετατρέπονταν τα φυτικά υπολείμματα. Η απώλεια αυτή της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι εξαιρετικά δυσαναπλήρωτη, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία στα ήδη φτωχά σε οργανική ουσία ελληνικά εδάφη. Ήδη ένα σημαντικό μέρος της οργανικής ουσίας των ελληνικών εδαφών έχει χαθεί. Είναι το κομμάτι αυτό που κάποτε έκανε τα ελληνικά εδάφη διαπερατά, ανθεκτικά στη διάβρωση, αύξανε την ικανότητα συγκράτησης νερού και παρήγαγε υγιείς καλλιέργειες.

Ορισμένες έρευνες έχουν δείξει ότι η επαναλαμβανόμενη και μακροπρόθεσμη καύση μπορεί να έχει μια πιο μόνιμη αρνητική επίδραση στην ποιότητα του εδάφους και τη γενική υγεία του εδάφους. Επαναλαμβανόμενες καύσεις μπορεί να προκαλέσουν μακροπρόθεσμη μείωση των αποδόσεων. Αυτές οι μακροπρόθεσμες απώλειες στην απόδοση δεν μπορεί να αντισταθμιστούν με την προσθήκη λιπάσματος. Επιπλέον, στα εδάφη που είναι πλούσια σε οργανική ύλη μπορεί να περάσουν αρκετά χρόνια για να φανούν οι αρνητικές συνέπειες της καύσης. Ωστόσο, οι ερευνητές έχουν απόδειξη της αργής αλλά σίγουρης καταστροφικής συνέπειας των επαναλαμβανόμενων καύσεων των αγροτικών υπολειμμάτων στο έδαφος. Η καύση μπορεί να αποτελεί τρόπο εξοικονόμησης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζιζανίων, εντομοκτόνων και εντόμων, όμως μακροπρόθεσμα το κόστος για τη διατήρηση της παραγωγικότητας αυξάνεται, λόγω της συνεχούς απώλειας οργανικής ύλης, οργανικού αζώτου, οργανικού άνθρακα και αύξησης της ποσότητας των μικροβιακών παραγόντων (Nikolon, 2011).

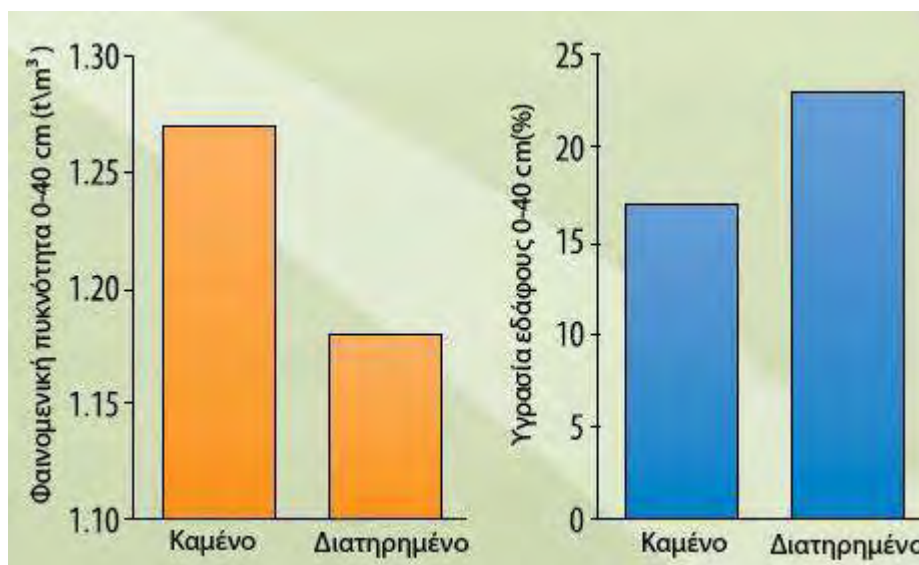
Πολλές έρευνες έχουν αναδείξει τις επιβλαβείς επιπτώσεις από την καύση της καλαμιάς. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους Khan et al. (2007), η καύση της καλαμιάς μειώνει τις τιμές του pH των εδαφών. Επίσης, από την ίδια έρευνα βρέθηκε ότι η μέση περιεκτικότητα σε άμμο από τα εδαφικά προφίλ αυξήθηκε κατά 330%, ενώ τα περιεχόμενα ιλύος και αργίλου μειώθηκαν κατά 49 και 40%, αντίστοιχα. Οι μέσες απώλειες που προέκυψαν από την καύση της καλαμιάς ανήλθαν σε 63% για την οργανική ύλη, 56-86% και 23-88% για τα στοιχεία N, P, K και S, αντίστοιχα. Αυτή η τεράστια απώλεια μέσω της καύσης συντελεί στην υποβάθμιση της γονιμότητας του εδάφους, με ταυτόχρονη μείωση της παραγωγής των καλλιεργειών, αλλά και ρύπανση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Η καύση τεράστιων ποσοτήτων C, N και S όχι μόνο υποβαθμίζουν τα γεωργικά εδάφη, αλλά συμβάλλουν και στην αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος.

Πολλά εδάφη σε ημίξερους περιοχές είναι φτωχά σε οργανική ύλη. Η έντονη γεωργική δραστηριότητα έχει οδηγήσει σε κακή ποιότητα του εδάφους σε πολλούς τομείς (Andrade 1998). Το όργωμα και η κακή διαχείριση των υπολειμμάτων έχει παρατηρηθεί ότι

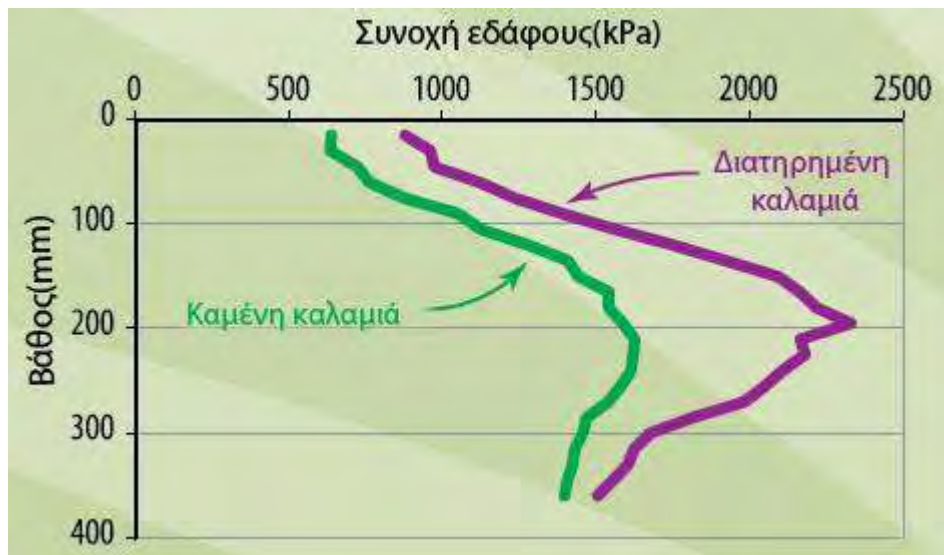
μεταβάλλουν την ποιότητα του εδάφους (Bescansa et al. 2006, Moreno et al., 1997). Για παράδειγμα, οι πρακτικές της μη άροσης της γης οδηγούν σε μεγαλύτερα ποσοστά περιεχόμενης οργανικής ύλης στο έδαφος άρα και καλύτερης φυσικής κατάστασης (Fernández-Ugalde et al. 2009). Το κάψιμο των καλαμιών είναι μια αμφιλεγόμενη πρακτική. Παρά τα γνωστά περιβαλλοντικά μειονεκτήματά της, εξακολουθεί να εφαρμόζεται σε πολλές περιοχές του κόσμου. Σύμφωνα με τους Virto et al. (2007), όταν καίγονται τα υπολείμματα καλαμιάς λίγο πριν τη σπορά, έστω και μικρής έντασης καύση, παρατηρείται ότι μεταβάλλει την ποσότητα της οργανικής ύλης.

Ένα από τα κύρια οφέλη της διατήρησης των φυτικών υπολειμμάτων αποτελεί η μείωση της διάβρωσης του εδάφους, λόγω της μείωσης της ταχύτητας του ανέμου στην επιφάνεια του εδάφους και της απορροής. Σύμφωνα με τον Leonard (1993), για να μειωθεί η διάβρωση στο 50% του εδαφικού καλύμματος είναι απαραίτητη η διατήρηση της καλαμιάς για 6-8 εβδομάδες μετά τη σπορά.

Σύμφωνα με τους Dean and Smith (2009), ένα πλεονέκτημα της διατήρησης των υπολειμμάτων καλαμιάς είναι ότι βελτιώνεται η δομή του εδάφους με ταυτόχρονη μείωση της πυκνότητάς του (Σχήμα 1) και της αντίστασης στην ανάπτυξη της ρίζας (Σχήμα 2). Επίσης οι μεγάλες ποσότητες καλαμιάς αυξάνουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία (Σχήμα 1), με μείωση της απορροής και αύξηση της διείσδυσης. Ωστόσο, τα δυνητικά οφέλη της μειωμένης απορροής και η αύξηση της διείσδυσης εξαρτώνται από το χρόνο και την ένταση των βροχοπτώσεων, καθώς και την ποσότητα και τον προσανατολισμό των υπολειμμάτων.



Σχήμα 1. Η κατάσταση του εδάφους με διατήρηση και με καύση της καλαμιάς, με βάση την πυκνότητα και την υγρασία του εδάφους (Dean and Smith, 2009).



Σχήμα 2. Η κατάσταση του εδάφους με διατήρηση και με καύση της καλαμιάς, σε σχέση με την συνοχή του εδάφους, όπως καθορίζεται από την αντίσταση διείσδυσης (Dean and Smith, 2009).

Σύμφωνα και πάλι με τους Dean and Smith (2009), διατηρώντας την καλαμιά αυξάνεται η συμβολή του άνθρακα στο έδαφος. Πιο αναλυτικά, η διατήρηση της καλαμιάς μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο και στη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους, αφού είναι γνωστό ότι οι μικροοργανισμοί που ζουν στο έδαφος απαιτούν οργανικό άνθρακα για να ζήσουν. Επομένως, η διατήρηση των υπολειμμάτων καλαμιάς αυξάνει την εισροή οργανικού άνθρακα στο έδαφος, πράγμα το οποίο μπορεί να αυξήσει τον αριθμό των μικροοργανισμών στο έδαφος. Το πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Dean and Smith (2009), στο Περθ στην Τασμανία, ανέδειξε ότι μετά από μόλις 3 χρόνια διατήρησης της καλαμιάς, ο άνθρακας στη μικροβιακή βιομάζα είχε αυξηθεί κατά 20% (Πίνακας 1). Παράλληλα, θεωρήθηκε ευεργετικός παράγοντας για τους γαιοσκώληκες, καθώς προκάλεσε αύξηση της αφθονίας τους.

Πίνακας 1. Η κατάσταση του εδάφους με διατήρηση και με καύση της καλαμιάς σε σχέση με τις βιολογικές ιδιότητες του εδάφους

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΚΑΜΜΕΝΗ ΚΑΛΑΜΙΑ	ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΗ ΚΑΛΑΜΙΑ
Μικροβιακή Βιομάζα carbon 0–10 cm (μg/g)	56.0	67.2
No. σκώληκες (spade test)	0.2	1.6
No. γυμνοσάλιαγκες (tile trap)	4	8

Η επίδραση της καύσης καλαμιών στο έδαφος εκδηλώνεται με (Nikolov, 2011):

1. Μείωση της υγρασίας του εδάφους και της ικανότητας διείσδυσης σε ποσοστό 38-40%.
2. Σε περιοχές που πραγματοποιήθηκε καύση, το περιεχόμενο του χούμου μειώθηκε από 11 έως 30% και το συνολικό οξυγόνο του εδάφους από 7-25%.
3. Αν η θερμοκρασία της φωτιάς στην περιοχή του εδάφους είναι 700-800°C, επί της επιφανείας του εδάφους είναι περίπου 350-450°C, 3 cm κάτω από το επιφανειακό στρώμα η θερμοκρασία είναι περίπου 150-300°C και λιγότερο από 100°C σε βάθος 5 cm. Ως εκ τούτου ακόμα και η πιο χαμηλή από τις παραπάνω θερμοκρασίες είναι θανατηφόρα για τους οργανισμούς του εδάφους, γεγονός που οφείλεται στο ότι αυτοί διεισδύουν σε βάθος 2-5 εκατοστών.

Η καύση υπολειμμάτων των γεωργικών εκτάσεων αποτελεί και έναν από τους κύριους παράγοντες εμφάνισης πυρκαγιών στα δάση, σχεδόν όλου του κόσμου. Σύμφωνα με την Global Forest Resources Assessment (2005), το ποσοστό των δασικών πυρκαγιών που προκαλούνται από ανάφλεξη κυμαίνεται από 20-40%. Λαμβάνοντας υπόψη ότι για περίπου το 50% των πυρκαγιών που προκαλούνται από ανθρώπους, οι αιτίες δεν είναι γνωστές, τότε το ποσοστό των δασικών πυρκαγιών που προκαλούνται από καύση καλαμιών είναι πιθανώς ακόμη μεγαλύτερο.

Σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΚ 1259/1999 η καύση της καλαμιάς απαγορεύεται στις χώρες της ΕΕ, εκτός εάν αυτό επιτρέπεται από τις αρμόδιες αρχές για λόγους υγείας των φυτών. Πέρα από τα κράτη μέλη της ΕΕ, το θέμα αυτό αντιμετωπίζεται με νόμους της κάθε χώρας και στις περισσότερες περιπτώσεις, η καύση της καλαμιάς απαγορεύεται ή επιτρέπεται κάτω από ειδικές συνθήκες.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση της φωτιάς στη γεωργία και δασοκομία (ιδίως στον τομέα της γεωργίας) έχει μακρές ιστορικές ρίζες και είναι μέρος της παραδοσιακής γεωργίας και κτηνοτροφίας. Μέσα από τα παρακάτω παραδείγματα που θα παρατεθούν θα προσδιοριστεί το καταλληλότερο μοντέλο νομοθετικής ρύθμισης σχετικά με τη χρήση της φωτιάς.

Στη Γερμανία, ως μέλος της ΕΕ, η χρήση της φωτιάς για την καύση καλαμιάς και των υπολειμμάτων του δάσους απαγορεύεται. Όμως, λαμβάνοντας υπόψη την πρακτική πολλών αιώνων στη χρήση της φωτιάς στη γεωργία και την κτηνοτροφία, σε τοπικό επίπεδο, με ειδική άδεια και ειδικούς όρους, η καύση της καλαμιάς και των υπολειμμάτων σε τομείς, όπως αμπελώνες και οπωρώνες επιτρέπεται. Λόγω των αυστηρών ελέγχων του πεδίου τήρησης των νομικών διατάξεων, η μέθοδος αυτή δίνει καλά αποτελέσματα.

Ακριβώς όπως και στη Γερμανία, η καύση των γεωργικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα, την Ισπανία και την Πορτογαλία απαγορεύεται. Παρόλα αυτά, οι αγρότες εξακολουθούν τη μαζική χρήση της παραδοσιακής καύσης της καλαμιάς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο αριθμός των δασικών πυρκαγιών που προκαλούνται από αυτή να είναι μεγάλος. Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα κράτη μέλη της ΕΕ προβλέπουν τα μέτρα αυτά, σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΚ1259/1999, το πρωτόκολλο του Κιότο και άλλες συναφείς κανονισμούς.

Συνοψίζοντας, η επίλυση αυτού του προβλήματος είναι δυνατή μόνο μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης. Εκτός από την ύπαρξη σχετικής νομοθεσίας, θα πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί ελέγχου, αλλά πολύ περισσότερο εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του αγροτικού πληθυσμού. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να τηρούνται οι σχετικοί κανονισμοί και προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες προβλέπονται άδειες για τη χρήση φωτιάς στη γεωργία, την κτηνοτροφία και τη δασοκομία.

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο Νομός Λάρισας είναι ένας από τους 51 νομούς της Ελλάδας και ανήκει γεωγραφικά αλλά και διοικητικά στην περιφέρεια της Θεσσαλίας.

Συγκεκριμένα είναι ένας από τους τέσσερις νομούς της Θεσσαλίας και είναι ο δεύτερος σε έκταση Νομός της χώρας. Έχει έκταση 5.381 τ.χλμ. και πραγματικό πληθυσμό 284.420 κατοίκους (απογραφή 2011).



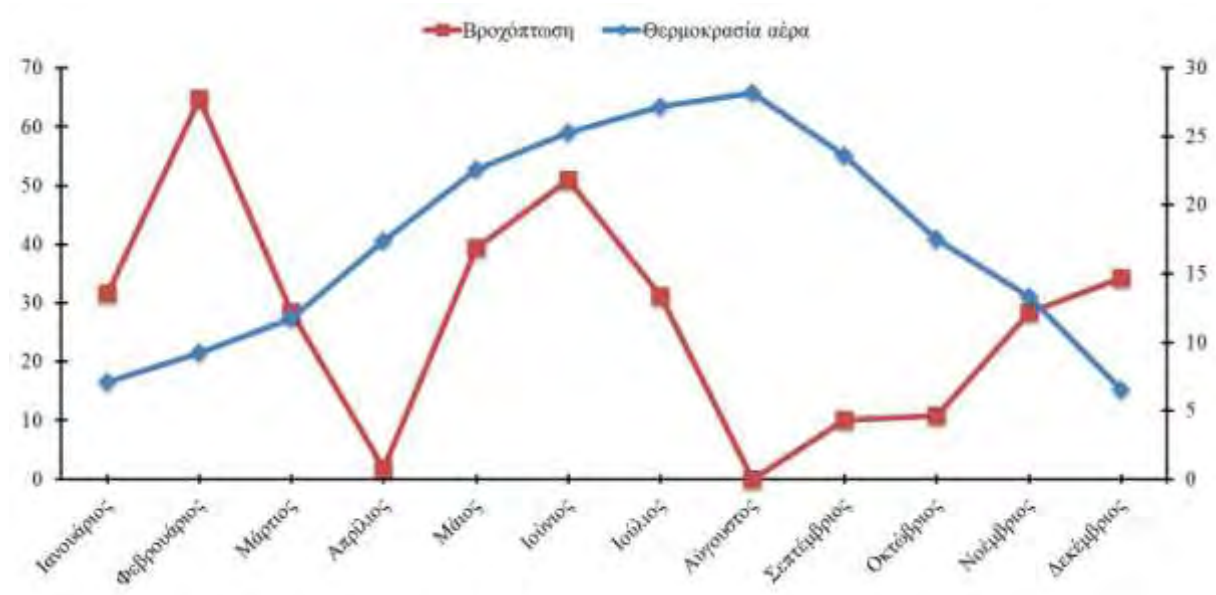
Εικόνα 2. Χάρτης Νομού Λάρισας

Σε σύνολο 4.999.353 στρεμμάτων καλλιεργήσιμης έκτασης, ο Νομός Λάρισας κατέχει τη μεγαλύτερη καλλιεργήσιμη έκταση με 2.408.271 στρ. και ακολουθούν η Καρδίτσα με 1.099.601 στρ., η Μαγνησία με 884.112 στρ. και τέλος τα Τρίκαλα με 607.369 στρέμματα. Το σκληρό σιτάρι αποτελεί την πρώτη σε έκταση καλλιέργεια στη Θεσσαλία (1.372.900 στρ.) και ακολουθούν το βαμβάκι (1.000.130 στρ.), λοιπά σιτηρά (436.880 στρ.) και ζωοτροφές (321.840 στρ.).

Για το έτος 2013 στην περιφερειακή ενότητα Λάρισας τα στοιχεία των καλλιεργειών είναι τα εξής : Σίτος Σκληρός σε έκταση 654.039 στρ. με απόδοση 400 κιλ/στρ., Σίτος μαλακός με έκταση 93.765 στρ. με απόδοση 400 κιλ/στρ., Σίκαλη σε καλλιεργούμενη έκταση

6.377 στρ. και απόδοση 220 κιλ/στρ., Βρώμη σε καλλιεργούμενη έκταση 42.186 στρ. και απόδοση 250 κιλ/στρ., Κριθάρι σε καλλιεργούμενη έκταση 266.181 στρ. και απόδοση 300 κιλ/στρ και τέλος Triticale με έκταση 5.983 στρ. και απόδοση 250 κιλ/στρ.

Ο Νομός Λάρισας έχει ηπειρωτικό κλίμα, με δριμύ ψύχος το χειμώνα και μεγάλη ζέστη το καλοκαίρι. Στα παράλια όμως μετριάζεται και γίνεται μεσογειακό.



Εικόνα 3. Ομβροθερμικό διάγραμμα της περιοχής έρευνας (2013).

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων

Σε 40 αγρούς σίτου, εκ των οποίων οι 20 με καμένη καλαμιά και οι 20 με άκαυτη καλαμιά, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία επιφανειακού εδάφους βάθους 10cm με ειδικό δειγματολήπτη. Στον κάθε αγρό συλλέγονταν 3 εδαφικά δείγματα σε τυχαία διάταξη μέσα στον αγρό, συνολικά δηλαδή 120 εδαφικά δείγματα. Η κάθε σακούλα κωδικοποιούνταν ανάλογα με τον αριθμό του δείγματος και ανάλογα την διάκριση του δείγματος σε καμένο ή άκαφτο.



Χάρτης 1. Σημεία δειγματοληψίας στην περιοχή έρευνας με χρήση του λογισμικού google maps

Πίνακας 2. Γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος των σημείων δειγματοληψίας.

a= καμένο b= μη καμένο	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
1a	39:33.98817	22:29.19037
1b	39:34.69042	22:29.06422
2a	39:33.58627	22:29.36367
2b	39:34.69042	22:29.06422
3a	39:33.97502	22:29.22179
3b	39:29.93969	22:37.97257
4a	39:32.06553	22:27.0309
4b	39:32.06553	22:30.08771
5a	39:31.45827	22:31.14429
5b	39:31.47139	22:31.14042
6a	39:31.32692	22:31.47756
6b	39:31.08393	22:31.77259
7a	39:32.00929	22:31.46179
7b	39:32.00424	22:31.4407

8a	39:31.77099	22:31.57109
8b	39:31.89197	22:31.50211
9a	39:30.86389	22:34.14311
9b	39:30.86389	22:34.14311
10a	39:29.89522	22:33.08531
10b	39:29.8957	22:32.91018
11a	39:31.11565	22:33.73894
11b	39:30.96436	22:32.50269
12a	39:32.07415	22:35.72439
12b	39:32.11187	22:35.66868
13a	39:31.36529	22:33.3368
13b	39:31.82148	22:34.58576
14a	39:31.53207	22:33.27974
14b	39:31.36529	22:33.3368
15a	39:28.66692	22:28.1295
15b	39:28.6647	22:28.12848
16a	39:32.09651	22:28.18799
16b	39:32.9501	22:29.79204
17a	39:32.91843	22:29.91163
17b	39:32.9501	22:29.79204
18a	39:32.9501	22:29.79204
18b	39:31.57042	22:28.2638
19a	39:32.72928	22:28.27536
19b	39:30.83263	22:28.43153
20a	39:32.58583	22:22.72981
20b	39:30.95878	22:27.29758

4.2 Εργαστηριακές μετρήσεις

Το πρώτο στάδιο ήταν η αεροζήρανση των δειγμάτων σε χώρο του εργαστηρίου. Η διαδικασία αεροζήρανσης διήρκεσε 3 μέρες και στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε άλλο χώρο του εργαστηρίου για να πραγματοποιηθεί το κοσκίνισμά τους για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων υλικών και για να είναι στο κατάλληλο μέγεθος για την χρησιμοποίησή τους σε εργαστηριακές αναλύσεις. Χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα διαμέτρου 0,5 και 1 mm αντίστοιχα. Στην συνέχεια ακολούθησε η ανάλυση κοκκομετρικής σύστασης.

4.2.1 Ανάλυση κοκκομετρικής σύστασης

Αντιδραστήρια

- Διασπορικό διάλυμα: Διαλύουμε 50 g $(\text{NaPO}_3)_6$ (εξαμεταφωσφορικό νάτριο) και 7 g Na_2CO_3 σε 1 L H_2O .

Τρόπος εργασίας

Για τη μέτρηση της κοκκομετρικής σύστασης χρησιμοποιήθηκαν 40 δείγματα εδάφους, τα 20 από καμένα αγροτεμάχια και τα υπόλοιπα 20 από μη καμένα. Από κάθε δείγμα ζυγίστηκαν 50 g εδάφους ακριβώς καταγεγραμμένα σε ποτήρια ζέσεως των 250 ml. Έπειτα προστέθηκαν 50 ml διασπορικού διαλύματος και τα δείγματα αφέθηκαν για 16 ώρες. Στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ηλεκτρικό mixer όπου έγινε ανάδευση για 10 λεπτά. Ακολούθως τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικούς κυλίνδρους 1lt και συμπληρώνονταν με νερό μέχρι τη χαραγή. Έπειτα με ειδική ράβδο αναδεύονταν και καταγράφηκε η μέτρηση με το πυκνόμετρο του Βουγιούκου έπειτα από 40 δευτερόλεπτα, χρόνος κατά τον οποίο θεωρείται ότι η άμμος έχει ήδη καθιζήσει. Αυτή είναι η μέτρηση A (μονάδες πυκνότητας σε g υλικού lt^{-1} αιωρήματος). Παράλληλα μετρήθηκε και η θερμοκρασία του αιωρήματος. Έπειτα από 2 ώρες μετρήθηκε εκ νέου η πυκνότητα του αιωρήματος (μέτρηση B), χρονική στιγμή κατά την οποία και η ιλύς του δείγματος έχει καθιζήσει. Άρα η τιμή A είναι η πυκνότητα ιλύος και αργίλου και η τιμή B είναι η πυκνότητα της αργίλου. Επίσης έγινε καταγραφή της θερμοκρασίας του αιωρήματος για να διορθώσουμε τις τιμές A και B στην τιμή θερμοκρασίας αναφοράς (20°C) και αυτό επειδή το ιζώδες του αιωρήματος, άρα και η ταχύτητα καθίζησης των εδαφικών κλασμάτων, εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η διόρθωση έγινε με τον τύπο:

$$A' = A + \Sigma\Theta_A \text{ και}$$

$$B' = B + \Sigma\Theta_B$$

όπου A και B είναι οι αντίστοιχες τιμές που λαμβάνονται ως ανάγνωση από το πυκνόμετρο Βουγιούκου, $\Sigma\Theta$ ο συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας και A' και B' οι διορθωμένες τιμές. Ο $\Sigma\Theta$ δίνεται από τον τύπο:

$$\Sigma\Theta = (\text{Θερμοκρασία} - 20) / 2,5.$$

4.2.2 pH

Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκαν 80 δείγματα εδάφους, 20 ζευγάρια από τα καμένα αγροτεμάχια και 20 ζευγάρια από τα άκαφτα αγροτεμάχια. Ζυγίστηκαν 10 g

εδάφους από κάθε δείγμα και τοποθετήθηκαν σε μπουκαλάκια τύπου falcon των 50 ml. Έπειτα προστέθηκαν 25 ml απιονισμένου νερού. Τα δείγματα ανακινίστηκαν για 20 λεπτά, μετά αφέθηκαν σε ηρεμία για τουλάχιστον 30 min και η μέτρηση του pH έγινε με ηλεκτρονικό πεχάμετρο. Στο πεχάμετρο γινόταν έλεγχος του ηλεκτροδίου κάθε 10 δείγματα με ρυθμιστικό διάλυμα (buffer solution) με pH 7.

4.2.3 Οργανική ουσία με υγρή οξείδωση

Υλικά και αντιδραστήρια

- Διάλυμα 0,166 M $K_2Cr_2O_7$: Διαλύουμε 49,04 g ξηρού $K_2Cr_2O_7$ σε 1 lt H_2O .
- Διάλυμα 0,5 M $FeSO_4 \cdot 7H_2O$: Διαλύουμε 140 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ σε περίπου 500 ml H_2O και προστίθενται 15 ml πυκνού H_2SO_4 . Όταν το διάλυμα ψυχθεί συμπληρώνουμε μέχρι όγκου 1 lt με H_2O .
- Πυκνό H_3PO_4
- Πυκνό H_2SO_4
- Δείκτης διφαινυλαμίνης: Διαλύουμε 0,5 g διφαινυλαμίνης (barium diphenylamine sulfonate) σε 20 ml H_2O και 100 mL πυκνού H_2SO_4 .
- Ποτήρι ζέσεως 50 ml
- Προχοΐδα 50 ml
- Κωνική φιάλη 500 ml
- Ογκομετρικός κύλινδρος 100 ml

Τρόπος εργασίας

Χρησιμοποιήσαμε 40 δείγματα χώματος, 20 από τα καμένα αγροτεμάχια και 20 από τα άκαφτα. Ζυγίσαμε 0,5 g εδάφους σε ποτήρι ζέσεως 50 ml. Προσθέσαμε 10 ml 0,166 M $K_2Cr_2O_7$ και 10 ml πυκνό H_2SO_4 . Αφήσαμε για 30 min ώστε να γίνει η οξείδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Κατόπιν διηθήσαμε το αιώρημα μέσα από διηθητικό χαρτί σε κωνική φιάλη των 500 ml με τη βοήθεια 200 ml H_2O (τα μετράμε σε ογκομετρικό κύλινδρο των 100 ml). Όταν ολοκληρώθηκε η διήθηση προσθέσαμε 10 ml πυκνού H_3PO_4 στο διαυγές διήθημα. Λίγο πριν την ογκομέτρηση προσθέσαμε 5 σταγόνες δείκτη διφαινυλαμίνης στην κωνική. Κατόπιν ογκομετρήσαμε το διχρωμικό κάλιο που περίσσεψε από την οξείδωση της οργανικής ουσίας με διάλυμα 0,5 M $FeSO_4$ που τοποθετήθηκε στην προχοΐδα. Το αρχικό χρώμα ήτανε σκούρο καφέ. Λίγο πριν το τέλος της ογκομέτρησης έγινε **έντονο βαθύ μπλε** και μερικές σταγόνες μετά έγινε **πράσινο**, το οποίο είναι και το τελικό χρώμα. Η διαδικασία έγινε και σε ένα «λευκό» δείγμα, δηλαδή σε ένα δείγμα που περιέχει όλα τα άλλα εκτός από

έδαφος. Ο λόγος είναι ότι στο διάλυμα του θειικού σιδήρου ο Fe^{II} οξειδώνεται βαθμιαία σε Fe^{III} με την επαφή του διαλύματος με τον αέρα και έτσι «μειώνεται» η συγκέντρωσή του. Είναι απαραίτητο την συγκέντρωσή του σε κάθε παρτίδα ανάλυσης της οργανικής ουσίας να την ελέγχουμε κάνοντας αυτήν την τιτλοδότηση με το «λευκό» δείγμα.

Υπολογισμοί

Με το πέρας του πειράματος καταγράφηκαν τα εξής δεδομένα:

A= τα ml που χρειάστηκαν για την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος

B= τα ml που χρειάστηκαν για την ογκομέτρηση του «λευκού» δείγματος

Γ= τα g του εδάφους που ζυγίσαμε στην αρχή.

Ο τελικός τύπος υπολογισμού του οργανικού άνθρακα (OC) είναι ο εξής: **OC, % = $0,195 \cdot (B-A)/\Gamma$** , και η οργανική ουσία, **OM=OC/0,58**, γιατί θεωρούμε ότι ο C αποτελεί το 58% της οργανικής ουσίας.

4.2.4 Ολικό άζωτο στο έδαφος

Για την μέτρηση του ολικού αζώτου στο έδαφος χρησιμοποιήθηκαν 40 δείγματα εδάφους, εκ των οποίων τα 20 από καμένα αγροτεμάχια και τα υπόλοιπα 20 από άκαυτα αγροτεμάχια. Η μέτρηση ολικού αζώτου έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl, η οποία περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα: (α) πέψη, (β) απόσταξη και (γ) ογκομέτρηση.

Αντιδραστήρια και υλικά

Πέψη

- Σωλήνες πέψης 500 mL
- Πυκνό H_2SO_4
- Ταμπλέτες Kjeltabs σεληνίου. Οι ταμπλέτες σεληνίου περιέχουν 200 mg CuSO_4 και 10 g K_2SO_4 .
- Ταμπλέτες antifoam, για αποφυγή έντονου αφρισμού των δειγμάτων στην πέψη.

Απόσταξη

- Κωνικές φιάλες 250 ml
- Βορικό οξύ 4%. Ζυγίζουμε 40 g H_3BO_3 σε 1 lt νερό.
- Διάλυμα alkali (καυστικό νάτριο). Ζυγίζουμε 400 g NaOH σε 1 lt H_2O .

Ογκομέτρηση

- 0.1103 N (0.055 M) H_2SO_4 . Αραιώνουμε 30 ml πυκνού H_2SO_4 σε 1000 ml H_2O . Αυτό το διάλυμα έχει συγκέντρωση 1.103 N. Από αυτό κάνουμε 10 φορές αραιώση (πχ., αραιώνονται 100 ml διαλύματος 1.103 N σε 1000 ml ογκομετρική φιάλη) και λαμβάνουμε το διάλυμα 0.1103 N H_2SO_4 .
- Μικτός δείκτης bromocresol green και methyl red. Παρασκευάζονται οι δείκτες bromocresol green και methyl red και αναμιγνύονται σε αναλογία 1:1. Παρασκευή *Δείκτη Bromocresol Green*: Διαλύονται 0,15 g Bromocresol Green σε 100 ml αιθανόλης 96% v/v. Προστίθενται σε σταγόνες NaOH 0,1 N, περίπου 1,5 ml, μέχρις ότου το κόκκινο χρώμα μετατραπεί σε σκούρο κόκκινο. Η παραπάνω διάλυση γίνεται με ταυτόχρονη ανάδευση του συστήματος αυτού. Παρασκευή *Δείκτη Methyl Red*: Διαλύονται 0,1 g methyl red σε 100 ml αιθανόλης 96% v/v.

Διαδικασία

Πέψη

Ζυγίστηκαν 5 g δείγματος εδάφους κονιορτοποιημένου σε σωλήνα πέψης. Κατόπιν προστέθηκαν 20 ml πυκνό H_2SO_4 , 2 ταμπλέτες Kjeltabs σεληνίου και 1 ταμπλέτα antifoam. Σε κάθε block πέψης πρέπει να υπάρχει και ένας σωλήνας «λευκού» προσδιορισμού. Το «λευκό» αποτελείται από 20 ml H_2SO_4 , 2 ταμπλέτες Kjeltabs σεληνίου και 1 ταμπλέτα antifoam (δηλαδή περιέχει όλα τα άλλα εκτός από έδαφος ή φυτό). Στις στήλες προσαρμόστηκε από επάνω το σύστημα συλλογής και υγροποίησης των αναθυμιάσεων, για τη λειτουργία του οποίου η βρύση του απαγωγού αερίων παρέμεινε ανοιχτή. Η πέψη έγινε στο block πέψης του Εργαστηρίου στο Πρόγραμμα 1. Αλλιώς, η πέψη γίνεται στα εξής στάδια

- Προθέρμανση στους 150 $^{\circ}\text{C}$ για 15 min
- Πέψη στους 290 $^{\circ}\text{C}$ για 10 λεπτά
- Πέψη στους 420 $^{\circ}\text{C}$ για 50 λεπτά (ή πιο σωστά, μέχρι να αποχρωματιστούν τα δείγματα, σύμφωνα πάντα με το «λευκό»).

Στο τέλος της διαδικασίας πέψης, οι σωλήνες πέψης ανασηκώνονται από το block για να κρυώσουν ταχύτερα.

Απόσταξη

Αφού κρυώσουν τα δείγματα γίνεται η απόσταξη στο σύστημα της αυτόματης απόσταξης. Για την απόσταξη ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα:

Για την απόσταξη τα βήματα που ακολουθήσαμε είναι τα εξής:

- Ανοίξαμε τη βρύση.
- Ανοίξαμε την αποστακτική. Το μηχάνημα πραγματοποίησε προθέρμανση για 3 min.
- Στους σωλήνες πέψης προσθέσαμε 50 ml H₂O [ΠΡΟΣΟΧΗ: (1) Νερό προστίθεται ΜΟΝΟ στον επόμενο σωλήνα όπου θα γίνει η απόσταξη. Μετά από κάποια ώρα από την προσθήκη νερού, το περιεχόμενο του σωλήνα «παγώνει» και χρειάζεται θέρμανση στους 100 °C για να διαλυθεί. (2) Σε περίπτωση που τα δείγματα παραμείνουν στους σωλήνες πέψης για πολλές ώρες μετά την πέψη μέχρι την απόσταξη, ενδέχεται το περιεχόμενο του σωλήνα να «παγώσει», και τότε χρειάζεται θέρμανση στους 100 °C για να διαλυθεί.] Ο σωλήνας τοποθετείται στην κατάλληλη θέση.
- Σε κωνική φιάλη των 250 ml προσθέσαμε 25 ml H₃BO₃ 4%, και η κωνική τοποθετήθηκε στη θέση της.
- Για την απόσταξη χρειάστηκε διάλυμα alkali (40% NaOH) και απιονισμένο νερό. (στο μπετόνι δίπλα στην αποστακτική).
- Πάνω στην αποστακτική υπάρχουν 4 κουμπιά. «↑», «↓» «NaOH» και «Start Stop»
- Πατάμε ταυτόχρονα και παρατεταμένα για 5 sec τα κουμπιά «↑» και «NaOH». Πέφτει λίγο alkali στο σωλήνα.
- Κατόπιν πατάμε ταυτόχρονα και παρατεταμένα για 6-8 sec τα κουμπιά «↓» και «NaOH». Γίνεται αφρισμός στο σωλήνα.
- Πατάμε «Start Stop». Η απόσταξη αρχίζει με αντίστροφη μέτρηση των 5 min. Όσο προχωράει η απόσταξη, στην κωνική προστίθεται απόσταγμα. Στο τέλος της απόσταξης η κωνική θα πρέπει να έχει φτάσει περίπου στα 150 ml.
- Στο τέλος της απόσταξης το μηχάνημα βγάζει την ένδειξη «End».

Ογκομέτρηση

Μετά το τέλος της απόσταξης, το περιεχόμενο της κωνικής φιάλης είναι διαφανές, και σε αυτό προσθέσαμε 5 σταγόνες μικτού δείκτη πράσινου bromocresol + κόκκινου methyl. Το απόσταγμα με την προσθήκη του δείκτη έγινε πράσινο. Ακολούθησε ογκομέτρηση με 0,1103 N (=0,0551 M) H₂SO₄, στο τέλος της οποίας το διάλυμα έγινε ροζ. Η ίδια διαδικασία έγινε και στα άγνωστα δείγματα και στο «λευκό». Η τιμή του «λευκού» (κοινή για όλη τη παρτίδα πέψης κάθε φορά) αφαιρέθηκε από την τιμή της ογκομέτρησης του άγνωστου δείγματος.

Υπολογισμοί

Ο τύπος υπολογισμού του ολικού αζώτου που χρησιμοποιήσαμε είναι ο εξής:

$$\underline{N\% = [1.401 * N_A * (V_A - V_B)] / S}$$

όπου V_A = ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος,

V_B = ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του «λευκού» δείγματος,

N_A = η κανονικότητα του διαλύματος ογκομέτρησης (εδώ ίσο με 0,1103)

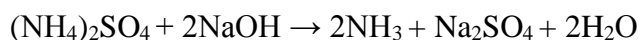
S = το βάρος σε γραμμάρια του δείγματος που προστέθηκε στους σωλήνες πέψης.

Υπολογισμοί αποτελεσμάτων ολικού αζώτου κατά Kjeldahl

Κατά την πέψη, ανοργανοποιείται το οργανικό άζωτο και παράγεται θειική αμμωνία, ως εξής

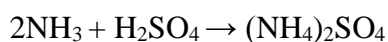


Κατόπιν στην απόσταξη η θειική αμμωνία αντιδράει με περίσσεια καυστικού νατρίου (alkali) για την παραγωγή αμμωνίας, η οποία διαλύεται στο διάλυμα που παραλαμβάνουμε στην κωνική στο τέλος της απόσταξης, ως εξής:



[Παρατήρηση: Αν η αμμωνία έμενε ως είχε σε απιονισμένο νερό, θα ήταν πολύ ασταθής, και ένα μέρος της θα χανόταν σε αέρια μορφή. Για αυτό το λόγο χρειάζεται μία χημική «παγίδα» μέσα στο απόσταγμα, που να την σταθεροποιεί. Αυτό το ρόλο παίζει το βορικό οξύ, σύμφωνα με την αντίδραση: $3\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$. Κατόπιν το $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ αντιδρά με το αραιό H_2SO_4 (όπως φαίνεται στην παρακάτω αντίδραση) σαν να ήταν αμμωνία. Όσο αφορά τους υπολογισμούς, το βορικό οξύ δεν παίζει κανένα απολύτως ρόλο στην ανάλυση. Απλώς διασφαλίζει την συγκράτηση της αμμωνίας στο απόσταγμα.]

Τέλος η αμμωνία (που είναι βάση) εξουδετερώνεται με ογκομέτρηση με οξύ (0.1103 N H_2SO_4) για την παραγωγή άλατος (θειικής αμμωνίας), ως εξής:



Τα mol του θεικού οξέος που αντιδρούν είναι ίσα με $M_A * V_A * 10^{-3}$, όπου M_A = η μοριακότητα (molarity) του οξέος σε mol l^{-1} και V_A = ο όγκος σε mL του οξέος που καταναλώθηκε στην ογκομέτρηση.¹

Από την τελευταία αντίδραση προκύπτει ότι 1 mol H_2SO_4 εξουδετερώνει 2 mol NH_3 . Άρα στην αντίδραση συμμετέχουν $2 * M_A * V_A * 10^{-3}$ mol NH_3 . Όμως

1 mol NH_3 περιέχει 14.01 γραμμάρια αζώτου (γιατί ο ατομικός αριθμός του αζώτου είναι 14.01, δηλαδή 14.01 g mol^{-1})

Άρα το βάρος του αζώτου σε γραμμάρια που περιέχεται στο απόσταγμα είναι: Βάρος αζώτου = $14.01 * 2 * M_A * V_A * 10^{-3}$. Όμως αυτή η ποσότητα αζώτου προήλθε από S γραμμάρια φυτικού (ή εδαφικού) υλικού. Αν το εκφράσουμε επί τοις εκατό, γίνεται:

Σε S γραμμάρια υλικού περιέχονται $14.01 * 2 * M_A * V_A * 10^{-3}$ γραμμάρια αζώτου

Στα 100 γραμμάρια υλικού περιέχονται X γραμμάρια αζώτου

Άρα

$$X = (100 * 14.01 * 2 * M_A * V_A * 10^{-3}) / S$$

Οι μετατροπές που απαιτούνται είναι: (α) Για το θεικό οξύ, που είναι δισθενές, 2 μοριακότητες ισούνται με μία κανονικότητα ή $2 * M_A = N_A$. (β) Επίσης $100 * 14.01 * 10^{-3} = 1.401$. (γ) Για την ακρίβεια, από τον όγκο του οξέος που καταναλώθηκε για το άγνωστο δείγμα, πρέπει να αφαιρέσουμε τον όγκο του οξέος που καταναλώθηκε για το «λευκό», V_B .

Άρα ο τύπος υπολογισμού του ολικού αζώτου που χρησιμοποιήθηκε είναι ο εξής:

$$\text{N\%} = [1.401 * N_A * (V_A - V_B)] / S$$

όπου V_A = ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος,

V_B = ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του «λευκού» δείγματος,

N_A = η κανονικότητα του διαλύματος ογκομέτρησης (εδώ ίσο με 0,1103)

S = το βάρος σε γραμμάρια του δείγματος που προστέθηκε στους σωλήνες πέψης

¹ Απόδειξη: (molarity) = (mol) / (όγκος σε L) => (mol) = (molarity σε mol L^{-1}) * (όγκος σε L) => (mol) = (molarity σε mol L^{-1}) * (όγκος σε mL) * 10^{-3} (L mL^{-1}).

4.3 Στατιστική ανάλυση

Για τον καθορισμό και την περιγραφή των σχέσεων μεταξύ της βιομάζας και επιλεγμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων (οργανική ουσία, pH, N, C/N, άμμος, ιλύς, άργιλος) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA).

Για την εύρεση στατιστικώς σημαντικών διαφορών μεταξύ των περιβαλλοντικών μεταβλητών που μελετήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διασποράς One-way ANOVA και τα κατάλληλα post hoc-tests (Tukey's test).

Για την εφαρμογή της μεθόδου One-way ANOVA, του συντελεστή συσχέτισης Pearson και της PCA(principal components analysis), χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο IBM SPSS v.21 και Canoco for windows 4.5.

Για να διερευνηθεί η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των φυσικοχημικών παραμέτρων του εδάφους χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, ο οποίος παίρνει τιμές από -1 έως +1.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Φυσικοχημικές παράμετροι του εδάφους σε καμένα και άκαφτα αγροτεμάχια

Στον πίνακα δίνονται οι συντελεστές συσχέτισης Pearson των εδαφικών παραμέτρων στο σύνολο των δειγματοληπτικών επιφανειών. Όσο πλησιέστερα στο +1 βρίσκεται η τιμή του συντελεστή, τόσο υψηλότερη θετική συσχέτιση εμφανίζουν οι δύο παράμετροι μεταξύ τους, ενώ όσο πλησιέστερα είναι στο -1, τόσο πιο αρνητική συσχέτιση παρουσιάζουν.

Παρατηρήθηκε ότι το pH παρουσιάζει υψηλή αρνητική συσχέτιση με την ιλύ και το ολικό άζωτο και μικρότερη αρνητική συσχέτιση με την οργανική ουσία. Επίσης παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση του pH με την άργιλο.

Η άμμος συσχετίζεται αρνητικά σημαντικά με την άργιλο. Η οργανική ουσία συσχετίζεται θετικά σημαντικά με το ολικό άζωτο.

Η άμμος παρουσιάζει υψηλή αρνητική συσχέτιση με την άργιλο, ενώ η οργανική ουσία παρουσιάζει υψηλή θετική συσχέτιση με το ολικό άζωτο.

Το ολικό άζωτο παρουσιάζει υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον λόγο άνθρακα προς άζωτο.

Πίνακας 3. Συντελεστές συσχέτισης των φυσικοχημικών παραμέτρων του εδάφους στις άκαυτες εκτάσεις (Pearson).

	pH	Άμμος	Ιλύς	Άργιλος	Οργανική Ουσία	Ολικό Άζωτο	C_N_
pH	1	-,192 ,417 20	-,576** ,008 20	,484* ,030 20	-,515* ,020 20	-,689** ,001 20	,330 ,155 20
Άμμος		1	-,168 ,479 20	-,855** ,000 20	-,175 ,461 20	-,081 ,735 20	-,062 ,796 20
Ιλύς			1	-,368 ,110 20	,186 ,433 20	,334 ,150 20	-,257 ,275 20
Άργιλος				1	,067	-,100	,193

					,779	,675	,414
					20	20	20
Οργανική Ουσία					1	,687**	,079
						,001	,739
						20	20
Ολικό Άζωτο						1	-,590**
							,006
							20
Άνθρακας/Άζωτο							1

** . Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο του 0.01 (2-tailed).

* . Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο του 0.05 (2-tailed).

Η σύγκριση μέσων όρων των εδαφικών παραμέτρων που μελετήθηκαν παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Οι μέσοι όροι στο pH δεν δείχνουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα καμένα και μη καμένα αγροτεμάχια με μια ελάχιστη υπεροχή του pH στα μη καμένα αγροτεμάχια.

Το ποσοστό της άμμου ήταν ελαφρά υψηλότερο στα καμένα αγροτεμάχια, όπως και το ποσοστό της ιλύος, ενώ το ποσοστό της αργίλου ήταν υψηλότερο στα μη καμένα αγροτεμάχια.

Η οργανική ουσία υπερτερεί αλλά με ελάχιστη διαφορά στα καμένα αγροτεμάχια.

Το Ολικό άζωτο παρουσιάζει μια ελάχιστη διαφορά και είναι λίγο περισσότερο στα μη καμένα αγροτεμάχια.

Πίνακας 4. Μέσοι όροι των εδαφικών παραμέτρων που μελετήθηκαν σε καμένα και άκαφτα αγροτεμάχια

Μέσοι Όροι	Καμένα	Μη Καμένα	Διαφορές
pH	7,7425	7,76925	0,02675
Άμμος	24,92737	22,30814	-2,61923
Ιλύς	30,39063	29,79677	-0,59386
Άργιλος	44,7	47,9	3,2
Οργανική Ουσία	2,021	1,931	-0,09
Ολικό Άζωτο	0,174	0,177	0,003

Διαπιστώθηκε ότι το ποσοστό της άμμου παρουσιάζει υψηλή αρνητική συσχέτιση με την άργιλο, η οργανική ουσία υψηλή θετική συσχέτιση με το ολικό άζωτο και το ολικό άζωτο υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον λόγο άνθρακα προς άζωτο.

Πίνακας 5. Συντελεστές συσχέτισης των φυσικοχημικών παραμέτρων του εδάφους στις καμένες εκτάσεις (Pearson)

	pH	Άμμος	Ιλύς	Άργιλος	Οργανική Ουσία	Ολικό Άζωτο	Ανθρακας/Άζωτο
pH	1	,079 ,741 20	-,067 ,778 20	-,034 ,888 20	-,021 ,930 20	-,102 ,668 20	,156 ,512 20
Άμμος		1	-,270 ,250 20	-,795** ,000 20	-,108 ,651 20	-,061 ,797 20	,112 ,638 20
Ιλύς			1	-,370 ,109 20	-,187 ,430 20	-,236 ,316 20	-,041 ,864 20
Άργιλος				1	,222 ,348 20	,208 ,379 20	-,082 ,730 20
Οργανική					1	,723** ,000	-,087 ,714

Ουσία %						20	20
Ολικό Αζωτ ο						1	-,643** ,002 20
Άνθρα κας/Αζ ωτο							1

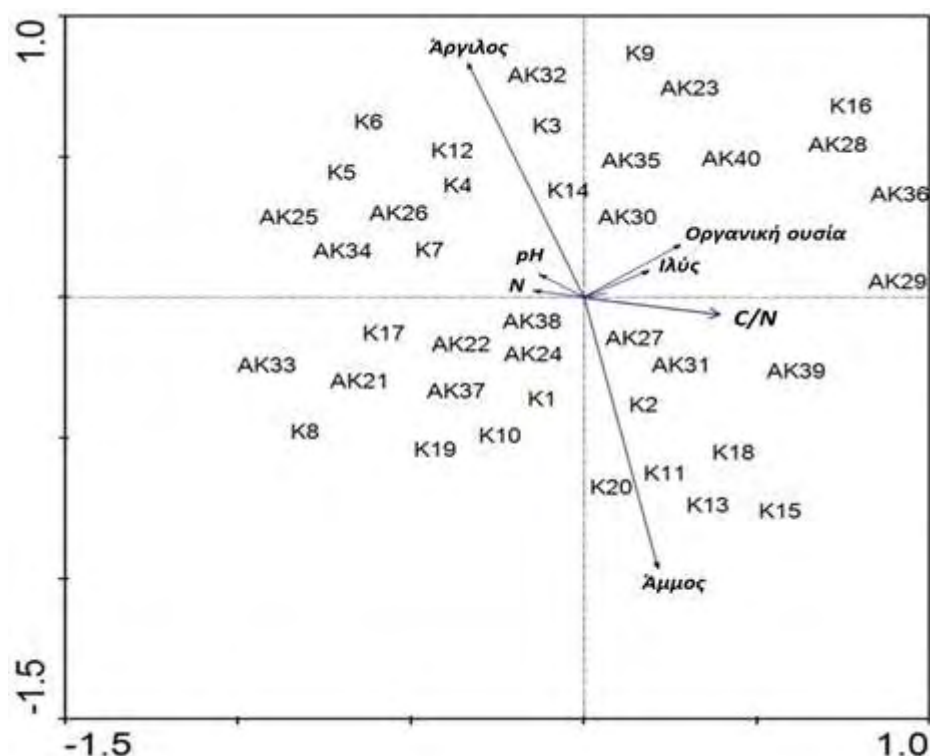
** . Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο του 0.01 (2-tailed).

5.2 Επίδραση των περιβαλλοντικών μεταβλητών στη βιομάζα της καλαμιάς

Σύμφωνα με την PCA, οι δυο πρώτες συνιστώσες εξηγούν μαζί το 96,5% της διακύμανσης της σχέσης βιομάζας και περιβαλλοντικών παραμέτρων (συνιστώσα 1=81,1%, συνιστώσα 2=15,4%) (Πίνακας 1).

Πίνακας 6. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) για τη σχέση της βιομάζας και των περιβαλλοντικών παραγόντων.

Άξονες	1	2	Συνολική διακύμανση
Ιδιοτιμές:	81,1	15,4	1,00
Αθροιστικό ποσοστό διακύμανσης των δεδομένων:	81,1	96,5	
Άθροισμα όλων των φυσικών ιδιοτιμών:			1,00



Σχήμα 3. Διάγραμμα ταξινότησης (PCA) βιομάζας καλαμιάς και περιβαλλοντικών παραγόντων σε καμένους και άκαφτους σιταγρούς (K=καμένοι σιταγροί, AK=άκαφτοι σιταγροί).

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αυτή η έρευνα έδειξε ότι η πρακτική της καύσης της καλαμιάς δεν προκάλεσε κάποια αλλαγή στις υπό μελέτη παραμέτρους του εδάφους. Η καύση της καλαμιάς μειώνει τις εισροές οργανικής ουσίας στο έδαφος. Εκεί όπου κριθεί ότι η καύση της καλαμιάς είναι απαραίτητη, όπως στη συγκέντρωση υπερβολικής βιομάζας καλαμιάς ή έντονης προσβολής από παθογόνα, η απώλεια οργανικού άνθρακα μπορεί να αποφευχθεί με την καθυστέρηση της καύσης έως νωρίς το φθινόπωρο ή με την εφαρμογή ελαφράς καύσης (Chan et al 1992).

Αναφορικά με το pH του εδάφους, η διατήρηση της καλαμιάς μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της οξύτητας στο επιφανειακό έδαφος. Οι Brennan et al. (2004) παρατήρησαν ότι το pH των αδρών εδαφών στα (0-10) cm μπορεί να αυξηθεί περίπου κατά 0,7 κάτω από σωρούς καμένης καλαμιάς, εξαιτίας του ότι η αλκαλικότητα επιστρέφεται και συγκεντρώνεται στην συγκεκριμένη περιοχή. Η ενσωμάτωση καλαμιών μπορεί να αυξήσει τον ρυθμό του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων και να βοηθήσει στη μείωση της οξύτητας του εδάφους γιατί οι καλαμιές (οι οποίες είναι αλκαλικές) επιστρέφουν εκεί που παρήχθησαν.

Σε αντίστοιχα πειράματα με μεγαλύτερη διάρκεια (τουλάχιστον 5 ετών), δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στον οργανικό άνθρακα του εδάφους. Συγκεκριμένα, σε περιοχή της Αυστραλίας ο οργανικός άνθρακας βρέθηκε υψηλότερος όταν η καλαμιά διατηρήθηκε σε σύγκριση με αγρούς όπου κήκε, αλλά οι περισσότερες διαφορές βρέθηκαν σε βάθος εδάφους (0-5)cm. Στην άλλη περιοχή η αποθήκευση συνολικού άνθρακα βρέθηκε ίδια μεταξύ αγροτεμαχίων με καμένη και διατηρημένη καλαμιά. Οι διαφορές ανάμεσα στις δύο περιοχές μπορεί να οφείλονταν στη διάρκεια της μελέτης, καθώς το πείραμα στην πρώτη περιοχή διήρκεσε 19 χρόνια ενώ στη δεύτερη 5 χρόνια. Η μέθοδος της μη κατεργασίας του εδάφους και διατήρησης της καλαμιάς, σε σύγκριση με την μέθοδο της κατεργασίας του εδάφους και της καύσης της καλαμιάς είχε ελάχιστη επίδραση στον οργανικό άνθρακα του εδάφους στις εύκρατες περιοχές της Αυστραλίας, τουλάχιστον όταν η μέση ετήσια βροχόπτωση ήταν περίπου 500 χιλιοστά ή λιγότερο (Chan et al. 2003). Διατυπώθηκε ότι η χαμηλή παραγωγή βιομάζας ίσως είναι ένα εμπόδιο στην αύξηση του οργανικού άνθρακα του εδάφους.

Μακροπρόθεσμα πειράματα κάτω από συνεχή αροτραία καλλιέργεια συνήθως δείχνουν ότι η οργανική ουσία μειώνεται λιγότερο όταν οι καλαμιές διατηρούνται στο έδαφος από ότι όταν καίγονται. Ωστόσο, αυτές οι διαφορές είναι μικρές και περίπου γύρω στο 0,2% έως 0,4% ακόμα και μετά από περίοδο 58 ετών (Powlson et al. 1987, Heenan et al. 1995, Johnson and Chambers 1996). Τέτοια αποτελέσματα είναι εφικτά εξαιτίας πολλών παραγόντων όπως ο βαθμός της καύσης που επετεύχθη, το βάθος δειγματοληψίας και ο τύπος της άροσης που εφαρμόστηκε Prasad & Power (1991).

Τα πειραματικά δεδομένα, που αποδεικνύουν την επίδραση των πρακτικών διαχείρισης του αγροτεμαχίου στον άνθρακα του εδάφους είναι ποικίλα, εξαιτίας της δυσκολίας του ελέγχου των παραγόντων που επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονται η παρελθοντική διαχείριση του αγροτεμαχίου η οποία συνήθως δεν είναι γνωστή, το σύστημα εναλλαγής καλλιεργειών, το σύστημα άροσης του αγροτεμαχίου, η χρήση λιπασμάτων, ο τύπος εδάφους κ.α.

Γενικά, απώλειες στοιχείων μέσω της φωτιάς είναι οι εξής: $N > Ca > S > K > Mg > P > Na$. Αυτές οι απώλειες εξαρτώνται από τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Ωστόσο, αυτές οι θερμοκρασίες μπορεί να μην επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια της καύσης.

Σε άλλη έρευνα διάρκειας ενός έτους που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε ότι η καύση υπολειμμάτων καλαμιάς στο χωράφι είχε ελάχιστη επίδραση στο άζωτο του εδάφους, στον οργανικό άνθρακα και στο pH και συγκεκριμένα (Huggins et al. 2012). Διαφορά 0,01 στο εδαφικό άζωτο στο control χωράφι 0,15 στο ανοιξιάτικο κάψιμο 0,16. Διαφορά 0,04 στον εδαφικό άνθρακα, περισσότερος στο control χωράφι 1,84 με 1,80 και τέλος 0,01 διαφορά στο εδαφικό pH με τη διαφορά στο 6,04 στο control χωράφι και 6,03 στο ανοιξιάτικο κάψιμο.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων της παρούσας έρευνας δεν μπορούμε να εξάγουμε σαφή συμπεράσματα για το κατά πόσο επιβαρυντική είναι η καύση της καλαμιάς στο έδαφος και τα στοιχεία του.

- Ο οργανικός άνθρακας (C%) παρέμεινε σχεδόν ίδιος και στις δύο μεταχειρίσεις (καμένα, άκαφτα) έχοντας μια πολύ μικρή υπεροχή στα καμένα αγροτεμάχια.
- Το pH παρέμεινε και αυτό στα ίδια επίπεδα και στις δύο μεταχειρίσεις με μια ελαφρά υπεροχή στα άκαφτα.
- Το ολικό άζωτο είχε μια μικρή υπεροχή στα άκαφτα αγροτεμάχια, αλλά περίπου στα ίδια επίπεδα και στις δύο μεταχειρίσεις.

Το γεγονός ότι η δειγματοληψία έγινε στο βάθος των 0-10cm πιθανόν δεν αφήνει περιθώριο αισθητών διαφορών όσο αναφορά τα επίπεδα των στοιχείων του εδάφους σε καμένα και άκαφτα σιταροχώραφα. Ίσως οι διαφοροποιήσεις να είναι εντονότερες σε βάθος μέχρι 3-5cm.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andrade FH, 1998. Es posible satisfacer la creciente demanda de alimentos de la humanidad? *Interciencia*, 23: 266-274.

Bescansa P, Imaz MJ, Virto I, Enrique A, Hoogmoed WB (2006) Soil water retention capacity as affected by tillage systems under semiarid conditions in Navarra (NE Spain) *Soil and Tillage Research*, 87: 19-27.

Dean G and Smith A, 2009. Long term comparison of stubble management strategies. Project summary for Grains Research and Development Corporation. Tasmanian Institute of Agricultural Research.

Fernández-Ugalde O, Virto I, Bescansa P, Imaz MJ, Enrique A, Karlen DL (2009) No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil and Tillage Research*, 106: 29–35.

Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Huggins, D., Paulitz, T., Painter, K., 2012. Straw Management and Crop Rotation Alternatives to Burning Wheat Stubble: Assessing Environmental Trade-Offs :3-4.

Khan H.R., Rahman K., Abdur Rouf A. J. M., Sattar G. S., Oki Y., Adachi T. 2007. Assessment of degradation of agricultural soils arising from brick burning in selected soil profiles. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (4): 471-480.

Kirkby C.A. & Fattore A. 2006. Effect of Rice Stubble Burning on Soil Health. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, 195: 5-18.

Leonard (1993) Managing for stubble retention. Department of Agriculture Western Australia Bulletin 4271.

Leonard F. 1990. The Effect of Fire on Soil Properties. Symposium on Management and Productivity of Western-Montane Forest Soils, Boise, ID, April 10-12.

Moreno F, Pelegrín F, Fernández JE, Murillo JM (1997) Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil and Tillage Research*, 41: 25-42.

Nikolov N., 2011. Current European Policies and Experience on Burning of the Stubble Fields and Organic Residues in Agriculture and Forestry Sectors, 1-5.

Pantami A., Voncir N., Babaji G. A. and Mustapha S. 2010. Effect Of Burning On Soil Chemical Properties In The Dry Sub-Humid Savanna Zone Of Nigeria. *Researcher*, 2(7): 64-68.

Southorn N., Packer I., Murphy B. & Lawrie J. 2004. Future Directions for Dryland Soil Management Under Direct Seeding Techniques - an Australian Perspective: Part 1.

Virto I., Imaz M., Mijangos I., Hernández-Allica J., Fernández-Ugalde O., Garbisu C., Bescansa P., and Enrique A. 2010. Soil quality in a semi-arid Mediterranean soil as affected by tillage system and residue burning. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*: 99-102.

Virto, I, Bescansa, P, Imaz, MJ, Enrique, A, Hoogmoed, W (2007) Burning crop residues under no-till in semi arid land, Northern Spain. Effects on soil organic matter, aggregation and earthworm populations. *Australian Journal of Soil Research*, 45: 414-421.

Geoffrey Anderson, 2009. The impact of tillage practices and crop residue (stubble) retention in the cropping system of Western Australia: 47-58

Roger Williams, Nick Poole, Trish Fraser, Dave Grant, Nick Hanson, Jim Orson, Phil Rolston, Jim Sim (2012) Review of the role and practices of stubble burning in New Zealand, including alternative options and possible improvements. A report prepared for the Canterbury Regional Council: 23-35.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεωργιάδης Α., 2012. Η Καύση των Φυτικών Υπολειμμάτων και οι Αρνητικές Επιπτώσεις της στο Έδαφος, στο Υδάτινο & Αέριο Περιβάλλον.

ΕΚ 1259/1999. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1259/1999 ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 17ης Μαΐου 1999 σχετικά με τη θέσπιση κοινών κανόνων για τα καθεστώτα άμεσης στήριξης στα πλαίσια της κοινής γεωργικής πολιτικής (ΕΕ L 160 της 26.6.1999, σ. 113).

Μπουσμουκίλια Σ., 2012. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω της καύσης των καλαμιών.

Σεϊλόπουλος 1991. Επίδραση Δασικών Πυρκαγιών στις Εδαφικές Ιδιότητες. Διδακτορική Διατριβή Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος.

Τσαντήλας Χ., 2008. Η Γενικευμένη Πρακτική Των Παραγωγών Και Οι Συνέπειες: Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από το κάψιμο των φυτικών υπολειμμάτων. Εφημερίδα Ελευθερία Λάρισας.

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

[http1:http://gkps.agrotikianaptixi.gr/_data/documents/____568_04____.pdf](http://gkps.agrotikianaptixi.gr/_data/documents/____568_04____.pdf)