

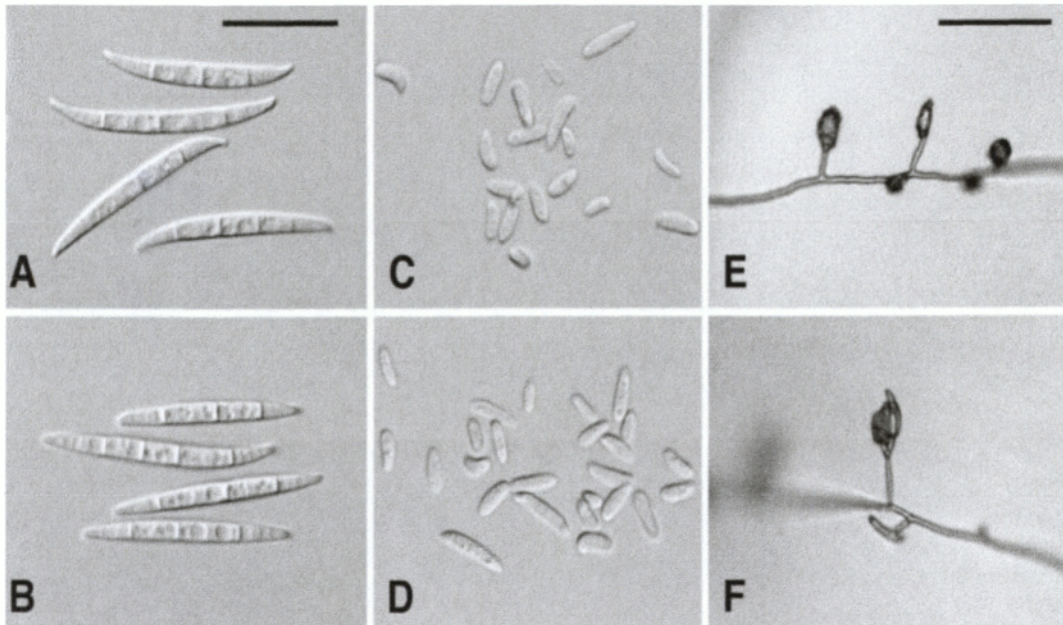


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

« ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΑΠΟ
ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ *FUSARIUM* »

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΑΚΛΑΜΑΝΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

**« ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΑΠΟ
ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ *FUSARIUM*»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΚΑΚΛΑΜΑΝΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ : ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ, Ph. D.

Εξεταστική Επιτροπή : Παπαδοπούλου Μαρία (Επιβλέπων)

..... (Μέλος)

..... (Μέλος)

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

**ΓΙΑ ΟΣΟΥΣ ΜΕ
ΣΤΗΡΙΞΑΝ..**

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κας. Παπαδοπούλου Μ. την οποία ευχαριστώ θερμά τόσο για την πολύτιμη βοήθειά της όσο και για την αμέριστη συμπαράσταση.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Αγριοπούλου Σ. από την οποία διδάχτηκα πολλά από τα οποία αναφέρονται στην παρούσα πτυχιακή εργασία καθώς και την κα. Παπαδέλη Μ.

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την βοήθεια τους και την ηθική υποστήριξη, καθώς και τους φίλους μου Μαρίνα, Παύλο και Κική που με βοήθησαν με την συμπαράσταση τους σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	10
ABSTRACT	11
Εισαγωγή	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Τα δημητριακά	14
1.1 Μορφολογικά και ταξινομικά χαρακτηριστικά.	14
1.1.1 Κατηγορίες δημητριακών	15
1.2 Τροφική αξία των δημητριακών και η χρησιμότητά τους.....	27
1.3 Τα δημητριακά στην Ελλάδα.....	31
1.4 Μεταφορά των δημητριακών.....	32
Κεφάλαιο 2: Οι μύκητες του γένους <i>Fusarium</i>	34
2.1 Γνικά στοιχεία και ταξινομική κατάταξη των ειδών του γένους <i>Fusarium</i>	34
2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του μύκητα <i>Fusarium</i>	37
2.3 Προσβολές των δημητριακών από τα είδη του γένους <i>Fusarium</i>	39
2.3.1 Φουζαρίωση των στελεχών	39
2.3.2 Φουζαρίωση των στάχτων	41
2.3.3 <i>Fusarium</i> επί κεφαλής σήψη.....	43
2.3.4 Σηψιρριζίες.....	44
2.3.5 Αδρομυκώσεις.....	46

Κεφάλαιο 3: Οι μυκοτοξίνες του γένους <i>Fusarium</i>	48
3.1 Είδη μυκοτοξινών	48
3.2 Επιπτώσεις από προσβολή μυκοτοξινών	50
3.3 Φουμονισίνες	52
3.4 Τριχοθηκίνες	54
3.4.1 Δεοξυνιβαλενόνη (DON).....	58
3.4.2 Νιβαλενόνη	61
3.4.3 Τοξίνη T-2.....	62
3.5 Ζερεαλενόνη (ZEA)	62
3.5.1 Μέθοδοι προσδιορισμού δεοξυνιβαλενόνης - ζερεαλενόνης	65
3.6 Ωχρατοξίνη Α.....	67
Κεφάλαιο 4: Ζημιές – προβλήματα που προκαλούν στα δημητριακά οι μυκοτοξίνες <i>Fusarium</i> και η αντιμετώπισή τους	72
4.1 Αντιμετώπιση των προβλημάτων από μυκοτοξίνες <i>Fusarium</i>	72
4.2 Πρόληψη προσβολής από μυκοτοξίνες <i>Fusarium</i>	83
4.3 Απομάκρυνση και εξουδετέρωση μυκοτοξινών	84
4.4 Επίδραση στην υγεία του ανθρώπου και των ζώων	87
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	93

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σπόροι δημητριακών.....	14
Εικόνα 2: Σπόροι από σκληρό σιτάρι.....	16
Εικόνα 3: Αλεύρι από μαλακό σιτάρι	17
Εικόνα 4: Σιλό αποθήκευσης του σιταριού.....	18
Εικόνα 5: Το φυτό της σίκαλης.....	19
Εικόνα 6 Διάφοροι τύποι καλαμποκιού.....	21
Εικόνα 7: Σπόροι κριθαριού.....	22
Εικόνα 8 : Δημιουργία μύρας από κριθάρι.....	23
Εικόνα 9: Καλλιέργεια κριθαριού.....	24
Εικόνα 10: Βλαστός και κόκκοι ρυζιού.....	25
Εικόνα 11: Βρώμη και Πίτουρο βρώμης.....	26
Εικόνα 12 : Σύγχρονος τρόπος θέρισης της βρώμης.....	26
Εικόνα 13: Θερισμός στα παλαιότερα χρόνια.....	27
Εικόνα 14: Δημιουργία τροφίμων από την επεξεργασία των δημητριακών.....	28
Εικόνα 15 : Διατροφικές συνήθειες των αρχαίων.....	32
Εικόνα 16 : Τα δημητριακά και τα προϊόντα τους.....	33

Εικόνα 17 : Τα αγενή σπόρια των μυκήτων του γένους <i>Fusarium</i>	34
Εικόνα 18 : Μακροκονίδια του <i>Fusarium oxysporum</i>	35
Εικόνα 19: <i>Fusarium solani</i> . Από αριστερά προς τα δεξιά, μακροκονίδια, μικροκονίδια και γλαμυδοσπόρια.....	38
Εικόνα 20: Πορφυρός μεταχρωματισμός στη βάση του στελέχους.....	40
Εικόνα 21: Μυκηλιακοί δακτύλιοι στα γόνατα.....	41
Εικόνα 22 : Προσβολή καλαμποκιού από φουζαρίωση.....	42
Εικόνα 23: Ένα κεφάλι σιτάρι προσβεβλημένο από τον μύκητα <i>Fusarium</i> σήψη κεφάλι.....	43
Εικόνα 24 : Μυκοτοξίνες - Το κιτρινωπό αποικίες είναι <i>Aspergillus flavus</i> , ένας παραγωγός της αφλατοξίνης. Οι πράσινες αποικίες είναι <i>Penicillium</i> , ένα άλλο που παράγουν μυκοτοξίνες γένους (ωχρατοξίνη, πατουλίνη και άλλες τοξίνες).....	49
Εικόνα 25 : Φουμονισίνη παραγωγή μύκητα <i>Fusarium verticillioides</i>	53
Εικόνα 26: Χημικός τύπος φουμονισίνης.....	54
Εικόνα 27 : Χημική δομή των μυκοτοξινών τριχοθηκινών.....	55
Εικόνα 28: Προσβολή του καλαμποκιού από την δεοξυνιβαλενόνη και ζεαραλενόνη.....	59
Εικόνα 29 : Χημική δομή της δεοξυνιβαλενόνης.....	60
Εικόνα 30 : Χημικός τύπος ζεαραλενόνης.....	62

Εικόνα 31 : Καλαμπόκι επίθεση από <i>Fusarium graminearum</i> , πηγή της ζεαραλενόνης και της δεοξυνιβαλενόνη.....	64
Εικόνα 32 : Μεταφορά στο χώρο αποθήκευσης.....	68
Εικόνα 33: Σιλό, Αποθήκες	69
Εικόνα 34: Τα κονίδια του <i>Penicillium verrucosum</i> στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.....	70

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εποχή μας παρατηρείται μια ευρεία κατανάλωση δημητριακών σχεδόν από όλες τις ομάδες πληθυσμού ανά τον κόσμο. Παράλληλα, η αύξηση του πληθυσμού, της θερμοκρασίας του πλανήτη αλλά και γενικότερα οι κλιματολογικές αλλαγές βοηθούν στην ανάπτυξη διάφορων μυκήτων οι οποίοι βρίσκουν πρόσφορο έδαφος και παρασιτούν στα γεωργικά προϊόντα και ειδικότερα, όπως θα δούμε παρακάτω, στα δημητριακά. Η κατάσταση επιδεινώνεται με την παρουσία τοξικών ουσιών που παράγονται από την ανάπτυξη των μυκήτων αυτών σε τροφές και ζωοτροφές.

Οι μυκοτοξίνες έχουν διάφορες χημικές δομές και συνεπώς προκαλούν διάφορες δυσάρεστες βιολογικές επιπτώσεις τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσων και των ζώων. Θεωρείται παγκοσμίως ότι είναι εξαιρετικά επικίνδυνες ενώσεις, που παραμένουν δραστικές για μεγάλο χρονικό διάστημα και μετά την καταστροφή των μυκήτων από τους οποίους προήλθαν. Το πρόβλημα με τις μυκοτοξίνες είναι σημαντικό και δικαιολογημένα προκαλεί ανησυχίες, είναι παγκοσμίως μία από τις πλέον σοβαρές προκλήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων, την υγεία των ανθρώπων, των ζώων, και για τη σύγχρονη τοξικολογία. Για αυτό το λόγο ασχολήθηκα με την παρούσα πτυχιακή μελέτη όπου αναλύει τα παρακάτω:

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής παρουσιάζονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των δημητριακών, η καλλιέργεια στον Ελλαδικό χώρο, καθώς και η διατροφική τους αξία. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι μύκητες του γένους *Fusarium*, η ταξινομική τους κατάταξη και τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά για τις ασθένειες που προκαλούν στα δημητριακά. Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με τις μυκοτοξίνες του γένους *Fusarium* και τα είδη τους. Επιπροσθέτως γίνεται ανάλυση των επιπτώσεων που επιφέρει η προσβολή των δημητριακών στις μυκοτοξίνες. Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται οι επιπτώσεις στα δημητριακά από τις μυκοτοξίνες *Fusarium*, καθώς επίσης και η αντιμετώπιση, η πρόληψη, η απομάκρυνση και η εξουδετέρωσή τους. Τέλος, γίνεται αναφορά της επίδρασης της συγκεκριμένης μυκοτοξίνης στα ζώα και τον άνθρωπο.

ABSTRACT

In our time there is wide grain consumption nearly by all population groups in the world. At the same time, population growth, global warming and climate change are helping to develop various fungi who find fertile ground and parasitize on agricultural products and in particular, as we will see below, in cereals.

Mycotoxins are toxic compounds produced by fungi growing in foods and feeds. They have different chemical structures and thus causing various unpleasant biological effects both on human health and those of animals. World that is considered highly dangerous compounds that remain active for a long time and after the destruction of fungi from which they came. The problem with mycotoxins is important and legitimate cause for concern. For this reason it is globally one of the most serious challenges for food safety and modern toxicology. For this reason I dealt with this study which analyzes the following:

In the first chapter of this study presented the morphological characteristics of cereal cultivation in Greece, as well as the nutritional value. The second chapter analyses the fungi of the genus *Fusarium*, the taxonomic classification and morphological characteristics for diseases that cause in cereals. The third chapter deals with the mycotoxins of the genus *Fusarium* and their types. In addition to analyzing the effects the infestation of cereals to mycotoxins. In the last chapter the impact in cereals by *Fusarium* mycotoxins, as well as the treatment, prevention, removal and neutralize them. Finally, reference is made to the effect of the limit in animals and humans.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μυκοτοξίνες είναι μια "οικογένεια" χημικών ενώσεων που σχηματίζονται και εκκρίνονται από τους μύκητες στην λογαριθμική και στατική φάση ανάπτυξής τους. Είναι ετεροκυκλικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους με συγγενείς μεταξύ τους χημικές ιδιότητες. Για την επιστήμη της ασφάλειας τροφίμων ενδιαφέρον παρουσιάζει η υψηλή τοξικότητά τους, αλλά και η ανθεκτικότητά τους σε υψηλές θερμοκρασίες.

Σύμφωνα με μια μέτρηση του F.A.O.(Food and Agriculture Organization), το 25% των ζωοτροφών παγκοσμίως μολύνονται με μυκοτοξίνες κάθε χρόνο. Σε πολλές χώρες οι μυκοτοξίνες δεν αποτελούν μόνο ένα πρόβλημα υγείας αλλά και ένα σημαντικό οικονομικό πρόβλημα εάν ληφθούν υπόψη οι δαπάνες που επιφέρουν οι απώλειες των ύποπτων ζωοτροφών, καθώς και το κόστος που υπεισέρχεται από το πλήθος των αναλύσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο των ζωοτροφών.

Ο αριθμός των ειδών των μυκήτων έχει υπολογιστεί ότι είναι πάνω από 100.000, ενώ τα είδη των μυκήτων που παράγουν μυκοτοξίνες στις ζωοτροφές είναι σχετικά λίγα, περίπου 220. Ο γνωστός αριθμός των μυκοτοξινών, ανέρχεται στις 60. Οι πιο γνωστές μυκοτοξίνες είναι οι αφλατοξίνες, η T2 τοξίνη, η Diacetoxyscirpenol, η ζεαραλενόνη και η ωχρατοξίνη.(Βαλαβανίδης Θ., 2007)

Τα είδη μυκήτων του γένους *Fusarium* παράγουν ορισμένες μυκοτοξίνες της τάξης των τριχοθηκινών όπως τη δεοξυνιβαλενόλη (DON), τη νιβαλενόλη (NIV), τις τοξίνες T-2 καθώς και ορισμένες άλλες τοξίνες (ζεαραλενόνη και φουμονισίνες).

Οι μύκητες του γένους *Fusarium* ανιχνεύονται στα δημητριακά που καλλιεργούνται στις εύκρατες ζώνες της Αμερικής, της Ευρώπης και της Ασίας. Πολλοί από τους μύκητες του γένους *Fusarium* που παράγουν τοξίνες είναι σε θέση να παράγουν, σε διαφορετικό βαθμό, δύο περισσότερες από τις προαναφερόμενες τοξίνες. Οι κυριότερες πηγές πρόσληψης των μυκοτοξινών μέσω της διατροφής, είναι το σιτάρι και το καλαμπόκι.

Με βάση επιστημονικές γνωμοδοτήσεις και την αξιολόγηση της διατροφικής πρόσληψης, ο παρών κανονισμός θεσπίζει μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα για τη δεοξυνιβαλενόλη, τη ζεαραλενόνη και τις φουμονισίνες. Επιπλέον, όπως υποδεικνύεται στον κανονισμό, η παρουσία των τοξινών T-2 μπορεί να εγείρει ανησυχίες για τη δημόσια υγεία. (Ευαγγέλου Κ., 2012)

Για τους λόγους αυτούς τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ένα συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον από την πλευρά των καταναλωτών για την ποιότητα, την ασφάλεια και τη διατροφική αξία των τροφίμων. Ταυτόχρονα, μια μεγάλη μερίδα των καταναλωτών είναι πολύ καλά ενημερωμένη σχετικά με την ευεργετική επίδραση που μπορεί να έχουν τα τρόφιμα ή κάποια συστατικά αυτών στην ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με τις τάσεις αυτές είναι δεδομένη η πρόκληση τόσο για τους ερευνητές που ασχολούνται με τον τομέα της επιστήμης και τεχνολογίας τροφίμων και διατροφής όσο και για τη βιομηχανία τροφίμων να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των καιρών για οικονομικότερη και αποδοτικότερη διεξαγωγή χημικών διεργασιών.

Η παραγωγή τροφίμων υψηλής οργανοληπτικής ποιότητας, υψηλής χημικής και μικροβιολογικής ασφάλειας, με ελάχιστη φυσικοχημική επεξεργασία και βελτιωμένες φυσικοχημικές ιδιότητες, υψηλής διατροφικής αξίας, με συγκεκριμένες ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου, απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση της διατροφικής αλυσίδας, όπου ο άνθρωπος, το περιβάλλον, και τα τρόφιμα θα πρέπει να θεωρηθούν ισοδύναμοι κρίκοι.

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ανάλυση των μυκοτοξινών, μιας οικογένειας μυκήτων που προσβάλλει τα δημητριακά.. Σκοπός της είναι να πετύχει μια πλήρη ενημέρωση για την προσβολή τους από έναν συγκεκριμένο μύκητα που ονομάζεται μυκοτοξίνη *Fusarium*.(Ευαγγέλου Κ., 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΤΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ

1. 1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ

Τα δημητριακά στη μεγάλη τους πλειοψηφία ανήκουν στην οικογένεια των αγρωστωδών και τα περισσότερα κατάγονται από την περιοχή της Δυτικής Ασίας. Τα δημητριακά αποτελούν τη βάση της φυτικής παραγωγής κάθε χώρας και στις πιο πολλές χώρες η καλλιέργειά τους κατέχει την πρώτη θέση της γεωργικής παραγωγής. Γενικά τα δημητριακά είναι μονοετή φυτά που σπέρνονται και θερίζονται μέσα σε ένα χρόνο.



Εικόνα 1: Σπόροι δημητριακών (Watermark J., 2012)

Στην κατηγορία των δημητριακών ανήκουν το σιτάρι, η σίκαλη, το καλαμπόκι, το κριθάρι, το ρύζι και η βρώμη. Τα ταξινομικά χαρακτηριστικά τους είναι κοινά εκτός από το γένος και το είδος όπου είναι τα εξής:

- Βασίλειο: Φυτά (Plantae)
- Συνομοταξία : Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
- Ομοταξία: Μονοκοτυλήδονα(Liliopsida)
- Τάξη: Κυπειρώδη (Cyperales)
- Οικογένεια: Ποοειδή (Poaceae)

(Ναούμ Π., 2010) (wikipedia, 2008)

Πίνακας 1. Ταξινομικά χαρακτηριστικά των δημητριακών

Κοινή ονομασία	Γένος	Είδος
Σιτάρι	Σίτος (<i>Triticum</i>)	<i>Triticum durum, aestivum</i>
Σίκαλη	Σίκαλις (<i>Secale</i>)	Σίκαλις η σιτηρά (<i>Secale cereale</i>)
Καλαμπόκι	Αραβόσιτος (<i>Zea</i>) ή Ζέα	Αραβόσιτος ο κοινός ή Ζέα η μαύς (<i>Z. mays</i>)
Κριθάρι	Κριθή (<i>Hordeum</i>)	Κριθή η κοινή (<i>Hordeum vulgare</i>)
Ρύζι	Όρυζα (<i>Oryza</i>) L.	<i>O. sativa, O. Glaberrima</i>
Βρώμη	Αβένα (<i>Avena</i>)	<i>A. Sativa</i>

Πηγή: Προσωπική ταξινόμηση πίνακα (wikipedia, 2008)

1.1.1 Κατηγορίες δημητριακών

Σιτάρι

Το σιτάρι ή στάρι ή σίτος (*Triticum* spp.), είναι ένα φυτό που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο. Είναι το δεύτερο παγκοσμίως σε συγκομιδή δημητριακό, μετά τον αραβόσιτο, με τρίτο το ρύζι.

Το σιτάρι αντέχει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, γι' αυτό και αναπτύσσεται μέχρι την πολική ζώνη. Η μεγάλη, όμως, θερμοκρασία και η φωτεινότητα της ατμόσφαιρας ευνοούν περισσότερο την ανάπτυξη του. Το έδαφος προετοιμάζεται καλά και σπέρνεται κατά το φθινόπωρο. Μερικές ποικιλίες σιταριού σπέρνονται την άνοιξη. Ανάλογα με την ποικιλία, τον τόπο και την εποχή, το σιτάρι ανθεί από τον Μάη μέχρι τον Αύγουστο. Η βλάστηση του σιταριού διακόπτεται τον χειμώνα. Μετά την ωρίμανση των σπερμάτων, γίνεται ο θερισμός, το αλώνισμα και τέλος η αποθήκευση του σιταριού. Από τα σπέρματά του, αφού αλεστούν, παράγεται αλεύρι.

Οι ρίζες του είναι λεπτές και ινώδεις. Οι βλαστοί είναι καλαμώδεις, απλοί, εύκαμπτοι, όρθιοι, κυλινδρικοί και λείοι, κιτρινωποί και κοίλοι. Το ύψος του φτάνει μέχρι 1,30 μ. Ο βλαστός είναι ο κύριος άξονας του σταχίου. Κάθε άνθος έχει τρία

σέπαλα, που αποτελούν το έλυτρο και στο κέντρο υπάρχουν τα γόνιμα όργανα. (Παλάτος Γ., 2006)

Από τα τρία ή τέσσερα άνθη κάθε σταχυδίου, τα δύο χαμηλότερα, σπανιότερα τα τρία, είναι γόνιμα και τα άλλα στείρα. Σε κάθε τομή του κόκκου του σιταριού, παρατηρούμε ογκώδη κεντρική μάζα, που είναι το λεύκωμα, αποταμίευμα θρεπτικών ουσιών, που προορίζεται για τροφή του εμβρύου κατά την βλάστηση. Το έμβρυο είναι κίτρινο μικρό σώμα, στο κάτω μέρος του κόκκου, τόσο μικρό κι ελαφρύ, ώστε 1.200 έμβρυα ζυγίζουν ένα γραμμάριο. (Νασούμ , 2010)

Ένα από τα σπουδαιότερα σιτηρά είναι το σιτάρι. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται δύο είδη. Το *Triticum durum* ή σκληρό σιτάρι που χρησιμοποιείται στη μακαρονοποιία και το *Triticum aestivum* ή μαλακό σιτάρι που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού. Το είδος σίτος ο σκληρός αποτελεί το κυρίως καλλιεργούμενο σκληρό σιτάρι. Έχει συμπαγείς, συνήθως αγανοφόρους στάχεις, με πλατυσμένες πλευρές και στενότερες όψεις. Κάθε σταχύδιο φέρει 5-7 άνθη από τα οποία παράγονται 2-4 σπόροι. Η τομή του κόκκου παρουσιάζει όψη γυαλιστερή λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε αλευρόκοκκους. Είναι το πλέον εξαπλωμένο είδος και καλλιεργείται κυρίως στην Β.Αμερική, Ρωσία, Ινδία και παραμεσόγειες χώρες. Το αλεύρι του χρησιμοποιείται για παρασκευή μακαρονιών.



Εικόνα 2 : Σπόροι από σκληρό σιτάρι (Ταγκαλάκη Ε.,2012)

Το είδος *Triticum aestivum* ή μαλακό σιτάρι (σίτος ο μαλακός) φέρει σε κάθε σταχύδιο 5-9 άνθη, που δίνουν 3-4 σπόρους. Αποτελεί το πιο διαδεδομένο μαλακό σιτάρι και έχει χιλιάδες ποικιλίες. Είναι το πλέον κατάλληλο για την αρτοποιία, λόγω της ποιότητας της γλοιίνης, που δίνουν οι πρωτεΐνες του εξωτερικού στρώματος του ενδοσπερμίου. Ενδιαφέρει η πρωιμότητα της ποικιλίας επειδή εξασφαλίζει καλύτερα την παραγωγή (κίνδυνος ξηρασίας, σκωριάσεων κλπ.). Η ποιότητα του προϊόντος, η

καταλληλότητα για αρτοποιήση, μακαρονοποιία, κλπ. είναι γνωρίσματα πρώτου ενδιαφέροντος για τον παραγωγό.(Παπακώστα Δ., 2008)



Εικόνα 3: Αλεύρι από μαλακό σιτάρι (Γεωργόπουλος Θ.,2009)

Το σιτάρι δεν ευδοκμεί στα θερμά ή υγρά κλίματα εκτός εάν διαθέτουν μια περίοδο σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να επιβραδύνει τη δράση των παρασιτικών ασθενειών. Η κύρια καλλιέργεια του σιταριού βρίσκεται στην Εύκρατη ζώνη. Στην τροπική ζώνη μπορεί να καλλιεργηθεί μόνο σε μεγάλα υψόμετρα, στα δε βόρεια πλάτη ως εαρινή καλλιέργεια. Τη μεγαλύτερη αντοχή στο ψύχος έχει το μαλακό σιτάρι, που είναι και πιο διαδεδομένο. Τα σκληρά σιτάρια καλλιεργούνται σχεδόν αποκλειστικά την άνοιξη στις ψυχρές περιοχές. Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες, όπου φαίνεται να προσαρμόζεται στο ξηροθερμικό τους περιβάλλον. (Παλάτος Γ. 2006)

Η άριστη θερμοκρασία βλαστήσεως του σίτου είναι 20-22°C, η ελάχιστη 3-4°C και η μέγιστη 35°C. Στις υψηλές θερμοκρασίες το ενδοσπέρμιο υφίσταται αποσύνθεση από μικροβιακή δράση και το έμβρυο πεθαίνει. Οι εαρινές ποικιλίες αντέχουν στο ψύχος μέχρι -10°C, οι χειμερινές ως -20°C ή μετά από σκληραγώγηση ως -30°C και κάτω από χιόνι ως -40°C. Αν και καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαρεία αργιλώδη), το σιτάρι ευδοκμεί κυρίως σε εδάφη μέσης σύστασης μέχρι βαρεία (αμμοπηλώδη, πηλώδη, αργιλώδη), βαθειά και καλά στραγγιζόμενα. Δεν ευδοκμεί σε εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα. (Παλάτος Γ. 2006)

Ως προς την υφή του εδάφους, ο σπουδαιότερος ρόλος της, που επηρεάζει τις αποδόσεις του σιταριού, είναι η συγκράτηση της υγρασίας, ιδίως κατά την περίοδο

των αυξημένων αναγκών των φυτών. Η σπορά γίνεται σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους από 14 έως 20 cm και οι αποστάσεις επί της γραμμής κυμαίνονται από 2,5 έως 5 cm. Το σύνηθες βάθος σποράς είναι 2,5-5 cm.

Το μεγαλύτερο βάθος εφαρμόζεται σε ελαφρά χωράφια, πρόωπη σπορά και συνθήκες ελλείψεως υγρασίας. Οι γραμμές σποράς θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν παράλληλες με την κίνηση του ήλιου και κάθετες προς τους επικρατέστερους ανέμους της περιοχής για να εξασφαλιστούν αφενός πλουσιότερος φωτισμός και αφετέρου να μειωθούν οι επιπτώσεις από το ψύχος. Το σιτάρι θερίζεται όταν το ενδοσπέρμιο είναι σκληρό και έχει υγρασία 25-35%. Σύγχρονος θεριζοαλωνισμός γίνεται 6-10 ημέρες αργότερα, ώστε να περιορισθεί το ποσοστό της υγρασίας, που δυσκολεύει τον αλωνισμό. Η αποθήκευση γίνεται με υγρασία καρπού κάτω του 14%, σε ξηρές και δροσερές αποθήκες μέσα σε μεταλλικά δοχεία ή σάκκους ή χύμα, καθώς και σε μεγάλα σιλό. (Παπακώστα Δ., 2008)



Εικόνα 4: Σιλό αποθήκευσης του σιταριού (Allbiz L., 2010)

Σίκαλη

Αγγειόσπερμο, μονοκότυλο φυτό η σίκαλη ανήκει στην τάξη ποώδη και στην οικογένεια αγρωστώδη. Είναι μονοετές, ποώδες φυτό με καταγωγή από τη νοτιοανατολική Ευρώπη και την Ασία και καλλιεργείται σήμερα σαν σιτηρό για τον καρπό του. Οι πρώτες καλλιέργειες σίκαλης άρχισαν στην Ασία και στις νοτιοδυτικές περιοχές το 6500 π.Χ. Στη συνέχεια έφτασε στα Βαλκάνια και στην υπόλοιπη

Ευρώπη. Η σίκαλη μοιάζει πολύ με το σιτάρι και άλλα σιτηρά, έχει πολύ δυνατό ριζικό σύστημα αντέχει δε περισσότερο από αυτά, σε φτωχά εδάφη και στην ξηρασία. Τα φύλλα της είναι στενόμακρα, τραχιά, χνουδωτά και έχουν ερυθρωπό χρώμα. Το κάθε στάχυ έχει σχήμα στρογγυλό και κυλινδρικό και φέρει πολύ μικρά στάχυα που έχουν 3 άνθη από τα οποία τα 2 είναι γόνιμα. (Ναούμ , 2010)

Ο καρπός της σίκαλης είναι πιο μακρύς και πιο μυτερός από αυτόν του σιταριού έχει δε χρώμα λαδί, σκούρο πράσινο, κίτρινο ή κυανοπράσινο. Η σίκαλη ευδοκμεί περισσότερο σε ψυχρά κλίματα και είναι ανθεκτική σε δύσκολες συνθήκες, ενώ ταλαιπωρείται πολύ σε υψηλές θερμοκρασίες. Ποικιλίες που φυτεύονται τους φθινοπωρινούς μήνες μπορούν να αντέξουν και σε θερμοκρασίες 30 βαθμών υπό το μηδέν. Έτσι σίκαλη φυτεύεται σε βόρειες ψυχρές περιοχές, όπου άλλα σιτηρά δεν θα μπορούσαν να ευδοκιμήσουν. Προτιμά τις αμμώδεις περιοχές, ενώ προσβάλλεται από τον άνθρακα κι από διάφορους μύκητες.

Η Πολωνία είναι πρώτη στον κόσμο σε παραγωγή σίκαλης. Μάλιστα ελέγχει το 25% της παγκόσμιας παραγωγής. Ακολουθούν η Γερμανία, η Ρωσία, η Ουκρανία, η Λευκορωσία και η Αργεντινή. (Παλάτος Γ. 2006)



Εικόνα 5 : Το φυτό της σίκαλης (wikimedia, 2009)

Καλαμπόκι

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος είναι σιτηρό της οικογένειας των Αγρωστωδών και κατάγεται από την Αμερικάνικη ήπειρο όπου ήδη πριν από 5.500 χρόνια το καλλιεργούσαν οι Ίνκας, οι Μάγια και οι Αζτέκοι. Η Ελληνική ονομασία του, «αραβόσιτος», σημαίνει «η σίτος (σιτάρι) των Αράβων» και εισήχθη στην Ελλάδα το 1600 από τη Βόρεια Αφρική. (Παπακώστα Δ., 2008)

Είναι ετήσιο, ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα σπαθιού και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο, έχει δε την ονομασία *φάβη*. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται *σπάδικας*. Στη συνέχεια τη θέση των ανθών παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στη κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές μακριές τριχοειδείς κλωστές. . Ο καρπός του, εξαιτίας του σχήματός του, λέγεται κώνος ή κορύνη, καλυμμένος από τους κόκκους του αραβόσιτου και περιτυλιγμένος από φύλλα, που παίρνουν μεμβρανώδη σύσταση κατά την ωρίμανση.

Ο αραβόσιτος μπορεί να καλλιεργηθεί σχεδόν σε όλα τα εδάφη, ωστόσο έχει υψηλές απαιτήσεις όσον αφορά στην θερμοκρασία(κατά την βλάστησή του έχει ανάγκη από μέση θερμοκρασία 19° C) και στην αποφυγή πάγου κατά την σπορά. Όταν αναπτύσσεται το καλοκαίρι απαιτεί άφθονο νερό και πολλές ευδιάλυτες θρεπτικές ουσίες. Έχει ανάγκη από συχνό πότισμα. Η σπορά στην Ελλάδα γίνεται κατά τον Απρίλιο-Μάιο κατά γραμμές ή στα πεταχιά. Όταν αναπτυχθεί λίγα εκατοστά, παραχώνεται και μετά σκαλίζεται και ποτίζεται. Η ιδιαιτερότητα του αραβόσιτου είναι ότι υπάρχει ένα είδος αλλά πολλές ποικιλίες. Το καλαμπόκι κατατάσσεται σε 7 τύπους, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των σπόρων του: σε σκληρό, οδοντωτό, αλευρώδη, σακχαρώδη, κηρώδη, μικρό και «ντυμένο». (Παπακώστα Δ., 2008)



Εικόνα 6 : Διάφοροι τύποι καλαμποκιού (Αγέλαος Π.2012)

- Ο αλευρώδης τύπος χρησιμοποιείται για την παρασκευή κυρίως αλευριού, οι δε κόκκοι του αποτελούν μία αμυλώδη μάζα.
- Ο κηρώδης τύπος έχει κόκκινη απόχρωση και χρησιμοποιείται στη βιομηχανική παραγωγή συγκολλητικών ουσιών.
- Ο ντυμένος τύπος είναι χαμηλής ποιότητας και χρησιμοποιείται σαν ζωοτροφή.
- Ο σακχαρώδης τύπος έχει σπόρια με γλυκιά νόστιμη γεύση, συρρικνωμένα ενώ το σάκχαρο του φυτού δεν μετατρέπεται σε άμυλο όπως συμβαίνει με τους άλλους τύπους. Οι κόκκοι του τρώγονται απευθείας από το βρασμένο ή ψητό σπάδικα.
 - Στον οδοντωτό τύπο τα σπόρια είναι συρρικνωμένα στη κορυφή.
 - Στο σκληρό καλαμπόκι το εξωτερικό περίβλημα του κόκκου εμποδίζει τη συρρίκνωσή του αφού δημιουργεί ένα πέπλο σκληρού φλοιού. Ο συγκεκριμένος τύπος προτιμάται στη κονσερβοποιία.
 - Τέλος ο μικρός τύπος χαρακτηρίζεται από σπόρους μικρούς και πολύ σκληρούς. Όταν θερμανθούν διαστέλλονται και σκάνε παράγοντας το γνωστό ποπ κορν. (Παλάτος Γ. 2006)

Οι Η.Π.Α έχουν τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο με 285 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Ακολουθούν η Κίνα, η Βραζιλία και το Μεξικό. (Ναούμ , 2010)

Κριθάρι

Το κριθάρι είναι δημητριακός καρπός του αγγειόσπερμου, μονοκοτυλήδονου φυτού Κριθή η κοινή (*Hordeum vulgare*) της οικογένειας των Ποσειδών ή Αγρωστωδών, Καλλιεργείται και χρησιμοποιείται από τα πολύ παλιά χρόνια και σε μεγάλη ποικιλία κλιμάτων.



Εικόνα 7 : Σπόροι κριθαριού (Agromills, 2013)

Το κριθάρι καλλιεργείται σε πολλές χώρες του κόσμου. Η μεγάλη εξάπλωση του οφείλεται στο ότι διαθέτει διαφόρους τύπους που το κάνουν ικανό να χαρακτηριστεί ως το φυτό με τη μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα από όλα τα άλλα σιτηρά. Στην Ελλάδα καταλαμβάνει την τρίτη θέση σε έκταση μετά το μαλακό και σκληρό σιτάρι. Θέλει έδαφος άνυδρο και ασβεστούχο. Αναπτύσσεται καλύτερα από το σιτάρι στα φτωχά εδάφη. Το κριθάρι σπέρνεται το φθινόπωρο ή την άνοιξη. Η προπαρασκευή του εδάφους, η σπορά, οι καλλιεργητικές φροντίδες κι ο τρόπος συγκομιδής είναι όμοια με αυτά του σιταριού. Όταν καλλιεργείται για σανό, σπέρνεται πυκνότερα και θερίζεται πριν την ωρίμανση του καρπού, αμέσως μετά την γονιμοποίηση. (Ναούμ , 2010)

Η καλλιέργεια του εκτείνεται από τις βόρειες μέχρι τις νότιες και νησιωτικές περιοχές της χώρας μας. Η προσαρμοστικότητα του αυτή οφείλεται στους πρώιμους τύπους του, που ωριμάζουν σχετικά νωρίς ώστε κατά ένα μέρος αποφεύγουν τις δυσάρεστες επιπτώσεις που προκαλεί η απότομη άνοδος της θερμοκρασίας και η

ξηρασία στην απόδοση και την ποιότητα του καρπού . Εξ' άλλου χάρις σ' αυτούς τους πρώιμους τύπους αξιοποιούνται μερικές χρονιές χωράφια που δεν μπόρεσαν να σπαρούν έγκαιρα το φθινόπωρο - χειμώνα εξ' αιτίας μιας βαρυχειμωνιάς ή που η σπορά τους κατά την περίοδο αυτή απέτυχε. Οι ανοιξιάτικοι τύποι, επειδή συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο μέσα σε διάστημα ολίγων μηνών από τη σπορά δίνουν τη λύση με την ανοιξιάτικη σπορά των χωραφιών. (Παλάτος Γ. 2006)

Τα κριθάρια αυτά, αν και δεν είναι ανθεκτικά στον παγετό, στη χώρα μας που χαρακτηρίζεται μάλλον από ήπιο κλίμα κατά το χειμώνα, εκτός της Δυτικής Μακεδονίας και Θράκης, είναι προτιμότερο να σπέρνονται το Νοέμβριο - Δεκέμβριο, ώστε να προλάβει να αναπτυχθεί το ριζικό τους σύστημα πριν από την ταχεία ανάπτυξη του φυτού. Φυσικά σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από βαρύ χειμώνα (Δυτικής Μακεδονίας - Θράκης) η φθινοπωρινή σπορά με ανοιξιάτικου τύπου κριθάρια θα πρέπει να αποφεύγεται. (Παπακώστα Δ, 2008)

Οι κλιματικές συνθήκες της χώρας μας ιδιαίτερα κατά τον μήνα Μάιο, επηρεάζουν πάρα πολύ τόσο την απόδοση όσο και την ποιότητα του προϊόντος. Ξηρασία και απότομη άνοδος της θερμοκρασίας συντομεύουν το βιολογικό κύκλο των φυτών που στην περίπτωση αυτή ξηραίνονται χωρίς να μπορέσουν οι κόκκοι να ωριμάσουν φυσιολογικά.

Ιδιαίτερα στην Νότια Ελλάδα που η ξηρασία και θερμοκρασία είναι εντονότερες, οι επιπτώσεις είναι πιο έκδηλες. Αλλά και στη Βόρεια Ελλάδα οι όψιμες ποικιλίες, που με κανονικές κλιματικές συνθήκες θα απέδιδαν περισσότερο, παρουσιάζουν μια αστάθεια αποδόσεων λόγω της μεγάλης εξάρτησης τους από τις καιρικές συνθήκες κατά την περίοδο Μαΐου - Ιουνίου. (Παλάτος Γ. 2006)



Εικόνα 8 : Δημιουργία μπίρας από κριθάρι (Κολωνάς Χ.,2013)

Σήμερα η καλλιεργούμενη έκταση είναι περίπου 1-1,3 περίπου εκατ. στρεμ. Το μεγαλύτερο μέρος καλλιεργείται σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές. Από την ετήσια παραγωγή κριθαριού, που είναι περίπου 300 χιλ. τόνοι η μεγαλύτερη ποσότητα απορροφάται από την κτηνοτροφία και μόνον ένα μικρό μέρος (5%) αυτής διατίθεται στην ζυθοποιία και αυτό γιατί οι περισσότερες βιομηχανίες ζυθοποιίας εισάγουν βύνη. (Παπακώστα Δ, 2008)

Η καλλιέργεια κριθαριού με την πάροδο των ετών μειώνεται η δε μείωση είναι ιδιαίτερα αισθητή τα τελευταία χρόνια. Ο περιορισμός αυτός της έκτασης είχε σαν αποτέλεσμα όχι μόνον τη μείωση της συνολικής παραγωγής αλλά και σε έναν βαθμό τη μείωση της στρεμματικής απόδοσης δεδομένου ότι τα καλύτερα χωράφια της ζώνης του κριθαριού χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια άλλων καλλιεργειών περισσότερο προσοδοφόρων ή επιδοτούμενων.

Η καλλιέργεια του κριθαριού έχει μετατοπισθεί και περιορισθεί στα πιο φτωχά για τα σιτηρά εδάφη με τις καταφανείς επιπτώσεις στην απόδοση κατά τις ξηρικές χρονιές που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια. (Παπακώστα Δ, 2008)



Εικόνα 9: Καλλιέργεια κριθαριού (Κολωνάς Χ.,2013)

Ρύζι

Το ρύζι είναι μονοκοτυλήδονο φυτό της οικογένειας Poaceae, που απαντάται σε δυο είδη (*Oryza sativa* και *Oryza glaberrima*) με καταγωγή από την τροπική και υποτροπική Νότια Ασία και την Αφρική. Ο όρος "άγριο ρύζι" μπορεί να αναφέρεται σε άγρια είδη *Oryza*, αλλά κατά σύμβαση αναφέρεται σε είδη του συγγενούς είδους *Zizania*, τόσο άγρια όσο και καλλιεργούμενα.

Το ρύζι συνήθως αναπτύσσεται σε ύψος 1-1,8 μέτρα, με μακριά λεία φύλλα 50-100 εκατοστά σε μήκος και 2-2,5 εκατοστά πλάτος. Τα μικρά του άνθη βγαίνουν σε κλαδιά 30-50 εκατοστών. Ο σπόρος είναι κοκκώδης (caryopsis) με μήκος 5-12 χιλιοστά και 2-3 χιλιοστά διατομή. (Παπακώστα, 2008)



Εικόνα 10 : Βλαστός και κόκκοι ρυζιού (Καννάκας Γ., 2010)

Βρώμη

Avena sativa, Αβένα η ήμερη είναι η κοινή ονομασία της βρώμης, η οποία επίσης ανήκει στην οικογένεια των Ποοειδών ή Αγρωστωδών. Το συνηθισμένο φυτό βρώμη (*Avena sativa*) είναι ένα είδος δημητριακού. Η βρώμη είναι φυτό ετήσιας καλλιέργειας και η σπορά της μπορεί να γίνει είτε το φθινόπωρο, για θερισμό το καλοκαίρι, είτε την άνοιξη, για θερισμό νωρίς το φθινόπωρο. Η βρώμη αν σπέρνεται την άνοιξη ή νωρίς το καλοκαίρι, όσο νωρίς μπορούν να δουλέψουν στο έδαφος. Είναι σημαντικό να αρχίζει κανείς νωρίς, για να πετύχει ο θερισμός επειδή το καλοκαίρι με τη ζέστη κάνει τη βρώμη να μην αποδίδει. (Παλάτος Γ., 2006)

Η βρώμη αντέχει στο κρύο και είναι ανεπηρέαστο από αργότερα παγετό ή χιόνι. Για την ανάπτυξη της βρώμης δεν απαιτούνται ιδιαίτερα θερμά κλίματα και μεγάλη ηλιοφάνεια και γενικά το φυτό είναι περισσότερο ανθεκτικό σε υγρό περιβάλλον σε σχέση με τα άλλα δημητριακά, το σιτάρι, το κριθάρι και την σίκαλη.

Έτσι η καλλιέργειά της είναι ιδιαίτερα σημαντική σε χώρες με σχετικά ψυχρό κλίμα και υψηλή συχνότητα βροχών κατά τους θερινούς μήνες, όπως είναι οι χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης. (Παπακώστα Δ, 2008)



Εικόνα 11: Βρώμη και Πίτουρο βρώμης (Καραμάνος Α., 2012)

Μοντέρνες τεχνικές θερισμού βασίζονται στον εξοπλισμό, τοπική παράδοση και προτεραιότητες. Η καλύτερη σοδιά γίνεται με τη βοήθεια Swathing(τρακτέρ) που κόβει τα φυτά γύρω στα 10 εκατοστά πάνω από το έδαφος και βάζοντας τα μέσα σε παράθυρα με τους κόκκους οργανωμένα σε σειρά.

Αυτό το κάνουν όταν ο πυρήνας έχει φτάσει 35% υγρασία ή όταν οι πιο πράσινοι πυρήνες παίρνουν το χρώμα "Cream (colour)".

Τα παράθυρα του τρακτέρ τα αφήνουν να στεγνώσουν στον ήλιο για αρκετές ημέρες πριν τα συνδυάζουν με ένα εργαλείο. Μετά το άχυρο μαζεύεται σε δέματα. (Παλάτος Γ., 2006)



Εικόνα 12 : Σύγχρονος τρόπος θέρισης της βρώμης (Καψάλης Κ, 2008)

Ιστορικά ο θερισμός γινόταν με το να κόβουν με ένα δρεπάνι και αλωνίζοντας τα κάτω από τα πόδια των βοοειδή. Αργά τον 20ο και 21ο αιώνα ο θερισμός γινόταν μέσω αλωνισμού. Μάζευαν τη βρώμη σε μπουκέτα, και μετά τα μάζευαν για να τα βάλουν σε μια αλωνιστική μηχανή.

Για τη μεταφορά προς το μύλο ξεχωρίζεται η ήρα(Σίκαλη), οι πέτρες, άλλους κόκκους και άλλα ξένα υλικά τα βγάζουν από τη βρώμη. (Παπακώστα Δ, 2008)



Εικόνα 13: Θερισμός στα παλαιότερα χρόνια (Καψάλης Κ., 2008)

1.2 Τροφική αξία των δημητριακών

Τα δημητριακά είναι η σπουδαιότερη κατηγορία φυτών που καλλιεργούνται για τη διατροφή του ανθρώπου. Από τα δημητριακά παράγεται ένα από τα βασικά είδη της ανθρώπινης διατροφής, το ψωμί, ζωοτροφές, πρώτες ύλες για τη βιομηχανία τροφίμων, για τη βιομηχανία χαρτιού, καθώς και για άλλους βιομηχανικούς κλάδους.

Μεγάλο ποσοστό από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία που απαιτούνται για την διατροφή του ανθρώπου, βρίσκεται στους σπόρους του σιταριού, οι οποίοι περιέχουν: υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπος, μέταλλα, βιταμίνες συμπλέγματος Α, Ε. Ο καρπός του σίτου είναι μια βασική τροφή, που χρησιμοποιείται στην παρασκευή αλευριού, ζωοτροφών και ως πρώτη ύλη στην παρασκευή αλκοολούχων ποτών και καυσίμων. Ο φλοιός του μπορεί να αποσπαστεί από τον καρπό και να αλεστεί, δίνοντας το λεγόμενο πίτουρο. Ο σίτος καλλιεργείται επίσης για τη βοσκή των ζώων, καθώς και για το άχυρο, τον κορμό του φυτού, που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή ή υλικό κατασκευών. (Παπακώστα Δ., 2008)

Το σιτάρι, όπως και τα άλλα δημητριακά, η βρώμη, η σίκαλη, το κριθάρι, περιέχουν μια πρωτεΐνη, τη γλουτένη, στην οποία πολλοί άνθρωποι είναι δυσανεκτικοί (αλλεργικοί κατά κάποιο τρόπο), εκδηλώνοντας τη λεγόμενη κοιλιοκάκη, ένα είδος εντεροπάθειας.

Το καλαμπόκι είναι βασική πηγή διατροφής σε πολλές χώρες. Η θρεπτική αξία του είναι μεγάλη για αυτό χρησιμοποιείται ως βάση για τις παιδικές τροφές. Πρόκειται για αμυλούχα τροφή, η οποία αναπληρώνει τις αποθήκες γλυκόζης του οργανισμού, που έχουν εξαντληθεί μέσα στη νύχτα, και τροφοδοτεί το άτομο με ενέργεια.(Παλάτος Γ., 2006)



Εικόνα 14: Δημιουργία τροφίμων από την επεξεργασία των δημητριακών (Καραμάνος Θ., 2012)

Το καλαμπόκι είναι επίσης πλούσιο σε βιταμίνες, κυρίως του συμπλέγματος Β και μαγνήσιο, συμβάλλοντας στην καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος και στην σωστή ανάπτυξη των οστών. Ενδείκνυται για άτομα με δυσανεξία στην γλουτένη. (Παπακώστα Δ.,2008)

Παρότι το καλαμπόκι είναι βασική πηγή διατροφής σε πολλές χώρες, η θρεπτική του αξία είναι μικρότερη απ' ό τι στα άλλα σιτηρά. Επίσης το ψωμί που παράγεται από το καλαμπόκι , γνωστό με το όνομα μπομπότα, δεν είναι καλής ποιότητας.

Το άμυλο καλαμποκιού (γνωστό και ως κορν φλάουρ ή άνθος αραβοσίτου) χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική, στην παραγωγή αμυλούχων προϊόντων και στην αλλαντοποιεία. Στη διατροφή επίσης χρησιμοποιείται και το λάδι του καλαμποκιού, το γνωστό αραβοσιτέλαιο. (Παλάτος Γ., 2006)

Οι κόκκοι του καλαμποκιού, με κατάλληλη επεξεργασία, μπορεί να γίνουν και αλκοόλη βιομηχανικής χρήσης. Όμως χρήσιμα είναι και τα μη φαγώσιμα μέρη. Έτσι

από το καλάμι φτιάχνεται χαρτί και χαρτόνι. Οι άξονες των σπαδικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο (συνήθως σε φωτιά) και στην παραγωγή διαφόρων διαλυτών χρήσιμων στη βιομηχανία.

Τα υπολείμματα από την κατεργασία του καλαμποκιού αποτελούν και μια από τις σημαντικότερες πηγές βιομάζας. Το καλαμπόκι και η καλλιέργειά του είναι διαδεδομένη παγκοσμίως.

Η σίκαλη ξεχωρίζει για την καλή ποιότητα της πρωτεΐνης της. Πρόκειται για δημητριακό πλούσιο σε ιχνοστοιχεία και αντιοξειδωτικά, κυρίως μάλιστα σε σελήνιο, γι' αυτό και θεωρείται πολύτιμο για την προστασία του αγγειακού συστήματος. Ο κόκκος της σίκαλης είναι θρεπτικός περιέχοντας έλαια, άμυλο, αρκετές πρωτεΐνες, βιταμίνες της ομάδας Β και κάλιο. Στη βόρεια Ευρώπη η χρήση ψωμιού από σίκαλη είναι μεγάλη γιατί προτιμάται από μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Συνήθως στο ψωμί αυτό προστίθεται και σιτάρι έτσι ώστε να βοηθήσει στο φούσκωμα καθώς τα άλευρα από σίκαλη δεν βοηθούν σε αυτό. (Παπακώστα Δ., 2008)

Η σίκαλη εκτός από την παραγωγή αλεύρων και ψωμιού χρησιμοποιείται στην παρασκευή οиноπνευματωδών ποτών καθώς και αναμεμιγμένη με άλλες τροφές στην παρασκευή ζωοτροφών. Το σκληρό άχυρο του βλαστού της χρησιμοποιείται στην κατασκευή σκεπών σε πρόχειρα καταλύματα και καλύβες, στην κατασκευή ψάθινων καπέλων, χαρτιού και διαφόρων στρωμάτων.

Σε αντίθεση με το σιτάρι, το κριθάρι περιέχει και τις δύο μορφές φυτικών ινών (διαλυτές και αδιάλυτες).

Οι διαλυτές φυτικές ίνες διαλύονται σε νερό και δημιουργούν κάτι σαν ζελέ, το οποίο βοηθά στην ελάττωση της χοληστερόλης και τον έλεγχο του σακχάρου στο αίμα. Οι αδιάλυτες φυτικές ίνες αυξάνουν την κίνηση στο γαστρεντερικό σύστημα και είναι ιδιαίτερα ευεργετικές σε άτομα που είναι δυσκοίλια. Είναι αντισκορβουτικό και ακόμη συνιστάται στην χρόνια βρογχίτιδα. Επίσης είναι καλή πηγή τοκοτριενολών, ουσίες που έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες και την ικανότητα να ελαττώνουν την κακή χοληστερόλη. Αποτελεί δε, πηγή β-γλυκάνης, ένα είδος υδατάνθρακα, ο οποίος ελέγχει τα επίπεδα σακχάρου και χοληστερόλης στο αίμα. Τέλος το κριθάρι είναι πλούσιο σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β, βιταμίνη Β1 (θειαμίνη) και βιταμίνη Β3 (νιασίνη) και μέταλλα όπως κάλιο, σίδηρο, θείο και φωσφορικά οξέα, επιπλέον περιέχει ασβέστιο και πρωτεΐνη. (Παλάτος Γ., 2006)

Το ρύζι είναι ένα από τα βασικά διατροφικά είδη της ανθρωπότητας. Οι φυτικές ίνες του ρυζιού μειώνουν τα επίπεδα της χοληστερόλης, βελτιώνουν τα επίπεδα των λιπιδίων και αυξάνουν την κινητικότητα του εντέρου. Επίσης το κάλιο που περιέχει συμβάλλει στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, της ισορροπίας υγρών, καθώς και στην καλύτερη νεφρική και νευρομυϊκή λειτουργία του οργανισμού μας. Σημαντικό ρόλο στη μυϊκή λειτουργία διαδραματίζει και το μαγνήσιο του ρυζιού, που σε συνδυασμό με το φώσφορο προάγει και την υγεία των οστών.

Η τεράστια διατροφική αξία του ρυζιού όμως δεν σταματά εδώ. Μέσω του σιδήρου συμβάλλει στη σύνθεση αιμοσφαιρίνης και την πρόληψη της αναιμίας, ενώ οι βιταμίνες της ομάδας Β που επίσης περιέχει χαρίζουν στον οργανισμό επιπλέον μεταβολικά, εγκεφαλικά και καρδιαγγειακά οφέλη. Τέλος, η βιταμίνη Ε ενισχύει την αντιοξειδωτική μας άμυνα, προστατεύει τις μεμβράνες των κυττάρων, εμποδίζει την οξείδωση της «κακής» χοληστερόλης LDL και μειώνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. (Παπακώστα Δ., 2008)

Η βρώμη θεωρείται ιδιαίτερα υγιεινή τροφή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διατροφή του ανθρώπου με πολλούς τρόπους. Συνήθως παρασκευάζεται ως πηλούρι μετά από τεμαχισμό των καρπών, ο οποίος είναι θρεπτικότερος και τονωτικός για τον άνθρωπο και συνιστάται για τα παιδιά και τους αρρώστους ή ως αλεύρι βρώμης μετά από άλεση. Το αλεύρι σπάνια χρησιμοποιείται στην αρτοποιία, περιέχει γλουτένη και είναι πολύ όξινο. Η βρώμη τρώγεται κυρίως σε μορφή χυλού. Πρόκειται για σπόρο εύπεπτο όταν υγρανθεί. Είναι πλούσια σε διαλυτές ίνες, που διευκολύνουν το αδυνάτισμα, επειδή αυξάνουν το αίσθημα του κορεσμού.

Η ανακάλυψη μετά από κλινικές έρευνες, ότι η βρώμη μειώνει τις ποσότητες της "κακής" χοληστερίνης στο αίμα την έκανε ιδιαίτερα δημοφιλή τα τελευταία χρόνια. (Παλάτος Γ., 2006)

Η μοναδική θρεπτική αξία της, έγκειται στην πλούσια περιεκτικότητα της σε βιταμίνες του συμπλέγματος Β, μεταλλικά στοιχεία, ιχνοστοιχεία και φυσικά σε φυτικές ίνες (β-γλυκάνες), των οποίων η ευεργετική δράση «αγκαλιάζει» το καρδιαγγειακό και το πεπτικό σύστημα. Επιπλέον είναι πλούσια σε βιταμίνη Ε, Κ, βιοτίνη και φολικό οξύ.

Τα μέταλλα που περιέχει είναι: ασβέστιο, χαλκός, σίδηρος, μαγνήσιο, μαγγάνιο, φώσφορος, κάλιο, σελήνιο, πυρίτιο, ψευδάργυρος και κοβάλτιο, στοιχεία τα οποία δυναμώνουν το νευρικό σύστημα. (Παπακώστα, 2008)

Η βρώμη δεν θεωρείται ηρεμιστική, γιατί τονώνει το νευρικό σύστημα, ωστόσο αποτελεί ιδανική τροφή για το άτομο το οποίο δεν μπορεί να κοιμηθεί ή βρίσκεται σε υπερένταση εξαιτίας έντονης πνευματικής δραστηριότητας. Επίσης ενδείκνυται για τους αθλητές, τους μαθητές και για όλους εκείνους που έχουν ανάγκη συγκεντρώσεως. (Παλάτος Γ., 2006)

1.3 Μεταφορά των δημητριακών

Γενικά οι μεταφορές δημητριακών αποτελούν σήμερα τα κατεξοχήν χύδη φορτία, που μεταφέρονται δηλαδή "χύμα", κυρίως με τρένα και σε μεγαλύτερες ποσότητες με ειδικά φορτηγά πλοία, καλούμενα μπαλκ κάριερς. Τα περισσότερα φορτία εξ αυτών περιλαμβάνουν καρπούς σε κόκκους όπως σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, ρύζι, φασόλια, κ.λπ. Τα δημητριακά, καλούμενα και σιτηρά, (grain), αποτελούν ιδιαίτερο φορτίο μεταφορών, (special cargo), με δύο κύρια χαρακτηριστικά: η εύκολη μετατόπισή τους καθώς και η αυτοθέρμανσή τους, (κοινώς: άναμμα), για τα οποία και χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και επιμέλειας κατά τη φόρτωση, μεταφορά και εκφόρτωσή τους ιδίως από τα πλοία λόγω της μεγάλης μεταφερόμενης ποσότητας.

Για τις μεταφορές δημητριακών με πλοία ισχύουν επί τούτου "διεθνείς κανονισμοί" που έχουν θεσπίσει γνώμονες και που προβλέπουν μεταξύ άλλων ακόμη και την κατασκευή πρόσθετων ξύλινων χωρισμάτων στο μέσον των κυτών των πλοίων, (των αμπαριών), ειδικότερα σε περιπτώσεις μη πλήρους φόρτου, προς αποφυγή μετατόπισης αλλά και τροφοδοτικών στομιών συνεχούς εξαερισμού των κυτών. Η μη πλήρης κάλυψη της χωρητικότητας αποφεύγεται. (Παλάτος Γ., 2006)

Οι φορτοεκφορτώσεις των δημητριακών γίνονται από ειδικές πυργωτές εγκαταστάσεις που λέγονται σιλό. Στις εγκαταστάσεις αυτές προσέρχονται τα μέσα μεταφοράς οχήματα, τρένα ή πλοία όπου η μεν φόρτωση γίνεται με μεταφορικές ταινίες και δια της βαρύτητας, η δε εκφόρτωση με αναρροφητικούς σωλήνες ή με ηλεκτροκίνητους ατέρμονες κοχλίες.

Το 1969 οι θαλάσσιες μεταφορές δημητριακών ήταν 59,5 εκατομμύρια τόνοι, το 1970 έφθασαν τους 73 εκ. τόνους, το 1973 τους 116 εκ. τον. και το 1974 τους 107 εκ. τον. Κύριες περιοχές φόρτωσης αυτών ήταν οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Αυστραλία

και η Αργεντινή. Κυριότεροι δε προορισμοί ήταν η Ασία, η Μεσόγειος, και η Δυτική Ευρώπη, κυρίως η Αγγλία. (Παπακώστα, 2008)

1.4 Τα δημητριακά στην Ελλάδα.

Τα δημητριακά αποτελούσαν τη βάση της διατροφής των αρχαίων Ελλήνων, κατά τη μινωική, τη μυκηναϊκή και την κλασική περίοδο. Χαρακτηριστικό είναι πως η Αθήνα του Περικλή, αποτελούσε το μεγαλύτερο εισαγωγέα σιτηρών του αρχαίου κόσμου: τα φορτία που κατέφθαναν από τη Μαύρη Θάλασσα και τον Ελλήσποντο ανέρχονταν κατά μέσο όρο σε 17.000 τόνους ετησίως. Τα δημητριακά κατείχαν εξέχουσα θέση στη διατροφή των Αρχαίων Ελλήνων. Ήδη από την ομηρική εποχή ήταν γνωστός ο τρόπος καλλιέργειας σίτου, κριθαριού. Κύρια προϊόντα ήταν το σκληρό σιτάρι (πύρος) και το κριθάρι (κριθαί). (Παλάτος Γ., 2006)



Εικόνα 15 : Διατροφικές συνήθειες των αρχαίων (Κολωνάς Χ.,2013)

Στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως στη Μακεδονία, τη Θράκη, τη Στερεά και την Πελοπόννησο. Η ετήσια παραγωγή φτάνει το 1,5 εκατομμύριο τόνους. Τα δημητριακά είναι η σπουδαιότερη κατηγορία φυτών που καλλιεργούνται για τη διατροφή του ανθρώπου.

Τα δημητριακά στη μεγάλη τους πλειοψηφία ανήκουν στην οικογένεια των αγρωστιδών και τα περισσότερα κατάγονται από την περιοχή της Δυτικής Ασίας. Αποτελούν τη βάση της φυτικής παραγωγής κάθε χώρας και στις πιο πολλές χώρες η καλλιέργειά τους κατέχει την πρώτη θέση της γεωργικής παραγωγής. (Παλάτος Γ., 2006)

Κυρίως εκπρόσωπος τους το σιτάρι που είναι η περισσότερο διαδομένη καλλιέργεια σε όλες σχεδόν τις περιοχές της Ελλάδας. Από παλιά η οικονομική μας πολιτική απέβλεπε στη σιτάρκεια, γιατί το σιτάρι και τα παράγωγά του και κυρίως το ψωμί, αποτελούν βασικό στοιχείο στη διατροφή του Έλληνα.

Από συνολική καλλιεργούμενη επιφάνεια, 40 εκατομμύρια στρέμματα, η σιτοκαλλιέργεια φτάνει το 35% περίπου. (Παπακώστα,2008)

Η στρεμματική απόδοση γίνεται όλο και μεγαλύτερη, χάρη στη χρησιμοποίηση βελτιωμένων ποικιλιών σιτόσπορου, στη χρήση λιπασμάτων και στη μηχανική καλλιέργεια. Η σημερινή παραγωγή σιταριού υπερκαλύπτει τις εσωτερικές μας ανάγκες. Η στρεμματική όμως απόδοση της ελληνικής γης σε σιτάρι παραμένει ακόμα χαμηλή, σε σύγκριση με την ευρωπαϊκή ή την παγκόσμια στρεμματική απόδοση.

Δύο βασικά είδη σιταριού καλλιεργούνται: το κοινό σιτάρι ή μαλακό, που χρησιμοποιείται κυρίως στην αρτοποιία και το σκληρό σιτάρι, που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ζυμαρικών, γλυκών κ.ά. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 25 περίπου ποικιλίες σιταριού. (Ναούμ Π., 2010)

Εκτός από το σιτάρι καλλιεργούνται ακόμα, αραβόσιτος, για κτηνοτροφικές και βιομηχανικές ανάγκες, η παραγωγή του όμως δεν καλύπτει τις ανάγκες και γι' αυτό κάνουμε εισαγωγή από το εξωτερικό. Επίσης καλλιεργούνται κριθάρι, βρώμη, και σίκαλη. Το ρύζι ανήκει στις καινούργιες ελληνικές καλλιέργειες. Προπολεμικά η καλλιέργειά του ήταν περιορισμένη. Σήμερα η καλλιέργεια έχει επεκταθεί και η παραγωγή είναι σημαντική. Καλλιεργείται στο νομό Σερρών, Θεσσαλονίκης, Αιτωλοακαρνανίας, στη Θεσπρωτία, στη Φθιώτιδα, στη Μεσσηνία και αλλού. Με την ρυζοκαλλιέργεια μπορούν να αξιοποιηθούν βαλτώδη εδάφη, που αποστραγγίζονται δύσκολα. (Παπακώστα Δ.,2008)



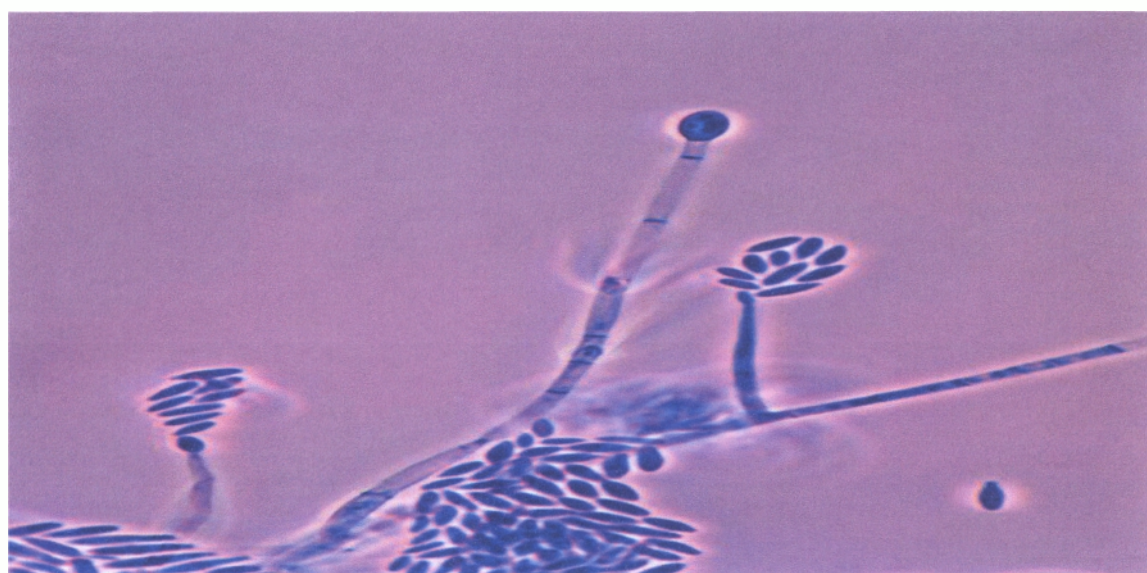
Εικόνα 16 : Τα δημητριακά και τα προϊόντα τους (Libero A., 2010)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *FUSARIUM*

2.1. Γενικά στοιχεία και ταξινομική κατάταξη των ειδών του γένους *Fusarium*.

Τα είδη του γένους *Fusarium* είναι από τα πλέον σημαντικά από οικονομικής άποψης είδη μυκήτων, εξαιτίας της ικανότητας του να προκαλεί ασθένειες στα φυτά, αλλά και της πιθανής παραγωγής τοξινών, που επηρεάζουν τα ζώα και τον άνθρωπο και θεωρούνται καρκινογόνες. Συναντώνται σε όλο τον κόσμο, ωστόσο δεν είναι όλα τα είδη κοσμοπολίτικα, αφού ορισμένα κυριαρχούν σε ψυχρότερες περιοχές και άλλα σε τροπικές και υποτροπικές.

Αποτελούν εδαφογενές προαιρετικά παράσιτα, τα οποία προκαλούν γενικά σήψεις ριζών, λαϊμού και στελέχους με σημαντικές οικονομικές απώλειες στις καλλιέργειες. (Jackson K., 2012)

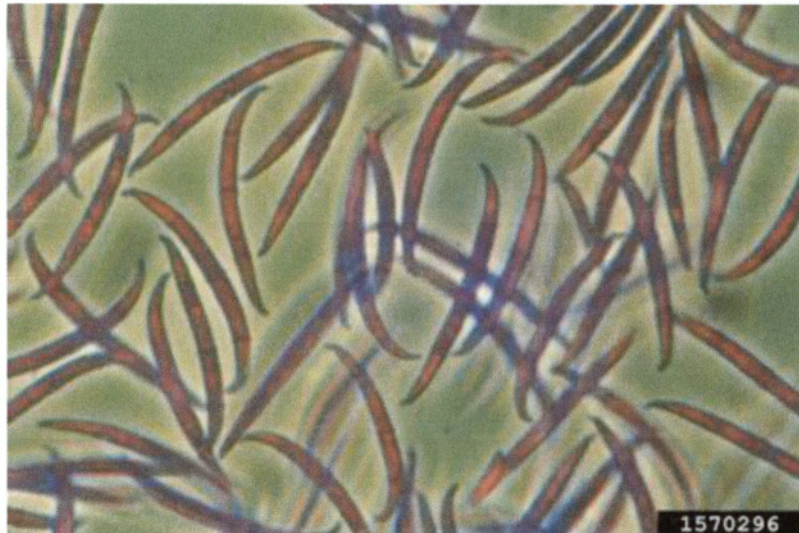


Εικόνα 17: Τα αγενή σπόρια των μυκήτων του γένους *Fusarium* (Gordon T, 1997)

Οι μύκητες του γένους *Fusarium* ανήκει στην οικογένεια *Tuberculariaceae* της τάξης *Moniliales* και κλάση των Ατελών Μυκήτων (*Adelomycetes*). Τα πρώτα χρόνια που ακολούθησαν την ταυτοποίηση του γένους από τον Link, ως μοναδικό κριτήριο για την κατάταξη ενός είδους στο γένος *Fusarium* ήταν ο σχηματισμός ή μη των χαρακτηριστικών μακροκονιδίων.

Αυτό οδήγησε στο να φτάσει το γένος να αποτελείται από περίπου 1000 είδη. Τάξη σε αυτό το χάος θέλησαν να βάλουν οι Wollenweber και Reinking στα μέσα του 1930 θέτοντας τις βάσεις των πολυάριθμων συστημάτων ταξινόμησης που ακολούθησαν. Σύμφωνα με αυτό το γένος χωρίστηκε σε 16 τμήματα και αποτελούνταν από 65 είδη και 77 υποείδη. (Χριστιάς Χ, 1999)

Κάθε τμήμα περιείχε είδη όμοια σε κρίσιμα μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως η μορφή των μακροκονιδίων και περιλάμβανε ελάχιστα είδη. Το παραπάνω σύστημα αν και μείωσε κατά πολύ τον αριθμό των ειδών στήριζε την κατάταξη τους στην πραγματικότητα στις διαφορές των ειδών παρά στις ομοιότητες. Τις δεκαετίες του 1940 και 1950 οι Snyder και Hansen μείωσαν τον αριθμό των ειδών σε μόλις 9. Τα είδη αυτά ήταν τα εξής: *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. moniliforme*, *F. roseum*, *F. lateritium*, *F. tricinctum*, *F. nivale*, *F. rigidiuscula*, και *F. episphaeria*. Έκτοτε ακολούθησαν πολλά και διαφορετικά συστήματα ταξινόμησης, τα οποία διέφεραν τόσο στα είδη που περιελάμβαναν, όσο και στα κριτήρια που χρησιμοποιούσαν. (Jackson K., 2012)



Εικόνα 18 : Μακροκονιδία του *Fusarium oxysporum*(Holmes J.,2009)

Τα τελευταία 60 χρόνια η ταξινόμηση του γένους *Fusarium* έχει επηρεαστεί από δύο σχολές: την Ευρωπαϊκή, στην οποία καταγράφηκαν πάνω από 65 είδη, με βάση λεπτομερείς μορφολογικές διαφοροποιήσεις, και την Αμερικάνικη με 9 μόνο είδη, αν και τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι τελικά ήταν περισσότερα.

Αν και οι δύο σχολές έχουν πλησιάσει πολύ η μια την άλλη υπάρχουν αρκετές δυσκολίες στην απόλυτη συμφωνία τους.

Μεταξύ των άλλων σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το *F. oxysporum*. Εξαιτίας της μεγάλης του μορφολογικής και φυσιολογικής παραλλακτικότητας, παλαιότερα ταξινομούνταν σε πολλά διαφορετικά είδη, τα οποία αργότερα ενοποιήθηκαν από τους Snyder & Hansen στο είδος *F. oxysporum*, το οποίο σήμερα περιλαμβάνει περισσότερους από 120 παθότυπους (ή ειδικές μορφές και φυλές), καθώς επίσης πολυάριθμα μη- παθογόνα στελέχη. Οι διάφοροι παθότυποι του μύκητα προκαλούν κυρίως αδρομυκώσεις και σήψη λαιμού, ριζών και στελέχους και διαφοροποιούνται μεταξύ τους στο επίπεδο του φυτικού είδους

Οι φυσιολογικές φυλές (*formae speciales*) του μύκητα *F. Oxysporum* είναι οι εξής:

1. *F. oxysporum* f. sp. lycopersici → τομάτα
2. *F. oxysporum* f. sp. cucumerinum → αγγούρι
3. *F. oxysporum* f. sp. melonis → πεπόνι, καρπούζι
4. *F. oxysporum* f. sp. niveum → καρπούζι, κολοκύθι
5. *F. oxysporum* f. sp. phaseoli → φασόλι
6. *F. oxysporum* f. sp. pisi → μπιζέλια
7. *F. oxysporum* f. sp. vasinfectum → μπάμια
8. *F. oxysporum* f. sp. asparagi → σπαράγγι
9. *F. oxysporum* f. sp. cepae → κρεμμύδι
10. *F. oxysporum* f. sp. dianthi → γαριφαλιά
11. *F. oxysporum* f. sp. gladioli → γλαδίοιο κ' φρέζια, ίριδα
12. *F. oxysporum* f. sp. gerberae → ζέρμπερα
13. *F. oxysporum* f. sp. tulipae → τουλίπα
14. *F. oxysporum* f. sp. chrysanthemi → χρυσάνθεμο
15. *F. oxysporum* f. sp. matthiolae → βιολέτα

(Gordon T, 1997)

Όπως αποδεικνύεται τα φυτοπαθογόνα στελέχη παρουσιάζουν εξειδίκευση σε ένα ξενιστή ή σε μία μικρή ομάδα ξενιστών που συνήθως ανήκουν στην ίδια οικογένεια. Τα στελέχη αυτά ονομάζονται ειδικές μορφές (*formae speciales*), οι οποίες περαιτέρω περιλαμβάνουν παθογόνες φυλές. (Gordon T., 1997).

Αν και υπάρχουν ενδείξεις, εντούτοις δεν έχει αποδειχτεί η καταγωγή ενός παθογόνου από ένα μη παθογόνο στέλεχος του μύκητα. Οι περισσότερες νέες αναγνωρίσεις φυλών σε μία περιοχή είναι αποτέλεσμα πρόσφατης εισαγωγής παρά ανεξάρτητης τοπικής προέλευσης του παθογόνου .

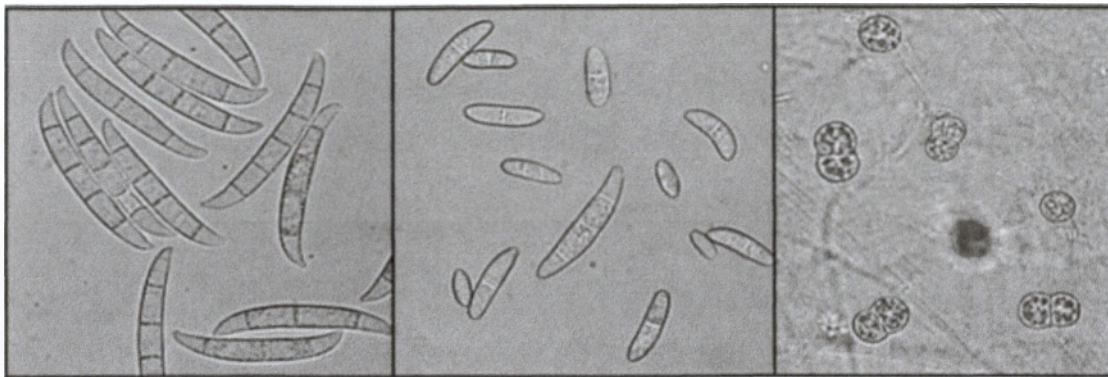
Η παραλλακτικότητα μίας ειδικής μορφής του μύκητα *F. oxysporum* έχει σε πολλές περιπτώσεις μελετηθεί με τη μέθοδο των ομάδων βλαστικής συμβατότητας VCG (Vegetative Compatibility Groups) και με διάφορες μεθόδους ανάλυσης του DNA. Στην ειδική μορφή *F. oxysporum f.sp. melonis* έχουν αναγνωριστεί μέχρι σήμερα αρκετές ομάδες βλαστικής συμβατότητας από τις οποίες η VCG 0134 είναι η περισσότερο διαδεδομένη. (Gordon T. , 1997).

2.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των μύκητα *Fusarium*

Το γένος *Fusarium* sp αναγνωρίστηκε από το Γερμανό Wollenweber (1935) , ο οποίος ανακάλυψε περίπου 1.800 είδη. Το 1954 οι Snyder και Hansen, χρησιμοποιώντας την μέθοδο της μονόσπορης καλλιέργειας, αναγνώρισαν επτά μόνο είδη *Fusarium*. Το σύστημα ταξινόμησης των Snyder και Hansen είναι αποδεκτό μέχρι σήμερα. Λόγο της μεγάλης μεταβλητότητας μέσα σε αυτό το γένος, είναι ένα από τα δυσκολότερα όλων των μυκητιακών ομάδων που διακρίνονται ταξινομικά.

Οι αποικίες του μύκητα συνήθως αυξάνονται γρήγορα, είναι λευκές ή χρωματίζονται έντονα (ανάλογα με τα είδη) και μπορεί να έχουν ή να μην έχουν βαμβακώδες εναέριο μυκήλιο. Το χρώμα του θαλλού ποικίλει από υπόλευκο σε κίτρινο , καφετί , ρόδινο, κοκκινωπό ή με ιώδες σκίαση. Τα κονίδια είναι υαλώδες και μπορεί να διαιρεθούν σε τρεις ομάδες μακροκονίδια, μικροκονίδια και χλαμυδοσπόρια.

Τα μακροκονίδια είναι υαλώδη, βρίσκονται σε δύο μορφές, κυτταρώδη ή δρεπανοειδή, συνήθως με ένα επιμηκυσμένο ακραίο κύτταρο. Οι άκρες τους ποικίλουν δεδομένου ότι κάποια προϊόντα ειδών έδειξαν αισθητά τα μακροκονίδια, ενώ άλλοι παράγουν τα σπόρια με στρογγυλές άκρες. (Φανουράκης Ν., 2007)



Εικόνα 19 : *Fusarium solani*. Από αριστερά προς τα δεξιά, μακροκονίδια, μικροκονίδια και χλαμυδοσπόρια (Geiser D., 2008)

Η μορφή αυτών των σπορίων, χρησιμοποιείται για την διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών ειδών. Η πλειοψηφία των ειδών *Fusarium* που απομονώνεται παράγει στα σποριοδοχεία τα μακροκονίδια. Εντούτοις τα μακροκονίδια μπορούν επίσης να βρεθούν σε όλο το εναέριο μυκήλιο. (Φανουράκης Ν., 2007)

Τα μικροκονίδια είναι κυτταρώδη, υαλώδη, με μορφή απιοειδή, ωοειδή με σχήμα ευθύ ή κυρτό. Αυτά τα σπόρια βρίσκονται διάσπαρτα σε όλο το εναέριο μυκήλιο. Τα μικροκονίδια είναι συνήθως μικρότερα από τα μακροκονίδια. Τα μακροκονίδια και τα μικροκονίδια παράγονται από τα *phialides*.

Τα χλαμυδοσπόρια είναι στρογγυλά ,κυτταρώδη με παχύ τοίχωμα σπόρια, παραχθέντα κατά το τέλος ή εμβόλιμα στο παλαιότερο μυκήλιο. Τα περισσότερα είδη *Fusarium* παράγουν τα σποριοδοχεία από τα οποία τα κονίδια διαμορφώνονται.

Τα μικροσκοπικά και μακροσκοπικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως το χρώμα της αποικίας , το μήκος και τη μορφή μακροκονιδίων, ο αριθμός , η μορφή και η ρύθμιση μικροκονιδίων και η παρουσία ή η απουσία χλαμυδοσπορίων είναι τα κύρια χαρακτηριστικά για την διαφοροποίηση των ειδών *Fusarium*. Η μορφολογία και η χρήση αποικιών είναι μεταβλητές στον πληθυσμό και δεν είναι, χρήσιμες στην διαφοροποίηση των ειδών. (Agiros J., 2005)

2.3. Προσβολές των δημητριακών από τα είδη του γένους *Fusarium*.

Στα φυτά τα είδη του γένους *Fusarium* μπορούν να προκαλέσουν μεγάλο εύρος ασθενειών. Θεωρείται πως όλα σχεδόν τα καλλιεργούμενα φυτά μολύνονται από ένα τουλάχιστον είδος του γένους. Μάλιστα είναι πολλές οι περιπτώσεις που οι επιδημίες που έχουν προκαλέσει αυτά τα είδη αποδείχθηκαν καταστροφικές για συγκεκριμένες καλλιέργειες ολόκληρων περιοχών. Οι ασθένειες αυτές οφείλονται στους εδαφικούς μύκητες *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme* κ.α. τα συμπτώματα είναι καφέ χρώμα στην επιφάνεια της βάσης και στο εσωτερικό ταυτίζονται με αυτά της τραχειομύκωσης γι' αυτό και είναι πιο έντονα το καλοκαίρι που έχουμε μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Οι ασθένειες αυτές προκαλούν γρήγορο θάνατο των φυτών και ίσως και όλης της φυτείας πριν την ολοκλήρωση της παραγωγής.

Για να προστατευτεί η καλλιέργεια πρέπει οι ρίζες να μην είναι τραυματισμένες και το έδαφος να στραγγίζεται καλά χωρίς πολλές συχνές αρδεύσεις. Φυσικά τα προσβεβλημένα φυτά θα πρέπει να απομακρύνονται και να καίγονται και ο χώρος που αφήνουν να απολυμαίνεται με διθειάνθρακα. Δυστυχώς οι ασθένειες αυτές δεν μπορούν να καταπολεμηθούν όσο διαρκεί η καλλιέργεια. (Παναγόπουλος Χ., 1995)

2.3. 1 Φουζαρίωση των στελεχών

Η μικροβιολογική αποσύνθεση των υπολειμμάτων στον αγρό είναι μια φυσιολογική διαδικασία. Οι μύκητες του γένους *Fusarium* είναι μέλη μιας μικροβιολογικής κοινότητας που τρέφεται με υπολείμματα. Μερικές φορές, δυστυχώς αυτοί οι μύκητες προσβάλουν υγιή φυτά ή φυτά που φαίνονται υγιή και μπορεί να προκαλέσουν και ολοκληρωτική καταστροφή των στελεχών. Αίτιο: *Fusarium spp.* (*Fusarium graminearum*), (*Fusarium culmorum*), (*Fusarium moniliforme*), (*Fusarium semitectum*) και κάποια άλλα είδη. (Παναγόπουλος, 1995)

Η φουζαρίωση είναι γνωστή σε όλο τον κόσμο όπου υπάρχουν αραβόσιτος και σιτηρά. Τα παθογόνα αυτά εμφανίζονται σχεδόν σε όλα τα εδάφη. Η μόλυνση

κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης είναι συνήθως σοβαρή. Τα στρεσαρισμένα (από παθογόνα, ξηρασία ή άλλες αιτίες) φυτά είναι πιο ευπαθή.

Τα μολυσμένα φυτά πέφτουν κάτω, αυτό μπορεί να σημαίνει μεγάλη απώλεια στην παραγωγή. Οι πρώιμες μολύνσεις είναι σπάνιες αλλά μπορούν να εξοντώσουν τα φυτά. Συνηθέστερες είναι οι όψιμες μολύνσεις το καλοκαίρι όπου ο κίνδυνος για απώλεια παραγωγής εξαρτάται από την καλλιεργούμενη ποικιλία.

Συμπτώματα και παρόμοιες ασθένειες: Οι πρώιμες προσβολές συνήθως προκαλούν πορφύρο μεταχρωματισμό στη βάση του στελέχους και στα γόνατα. Οι όψιμες προσβολές προκαλούν ανοιχτόχρωμα φυτά. Το εσωτερικό τμήμα του στελέχους είναι κατεστραμμένο και αργότερα ολόκληρο το στέλεχος διασπάται σε παράλληλα τμήματα. (Dean M., 2004)



Εικόνα 20 : Πορφύρος μεταχρωματισμός στη βάση του στελέχους. (Wrather A., 2009)

Κάτω από υγρές συνθήκες, ροζ δακτύλιοι μούχλας εμφανίζονται στα γόνατα. Αυτοί οι κύκλοι είναι ένα χαρακτηριστικό σύμπτωμα της φουζαρίωσης. Οι δακτύλιοι μπορεί να είναι άσπρο-ροζ και σπάνιοι κόκκινοι. Αυτό εξαρτάται από το είδος του παθογόνου.

Η σήψη του στελέχους μπορεί να προκληθεί και από άλλους μύκητες, αλλά ποτέ δεν εμφανίζονται μυκηλιακοί δακτύλιοι στα γόνατα, οπότε αυτή η ασθένεια είναι εύκολο να αναγνωρισθεί. (Chelkowski J.,1991)



Εικόνα 21: Μυκηλιακοί δακτύλιοι στα γόνατα (Wrather A., 2009)

Ο μύκητας διαχειμάζει στο έδαφος ή στα υπολείμματα της καλλιέργειας ως μυκήλιο, γλαυδοσπόριο. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να αποφεύγονται καλλιέργειες χωρίς να γίνεται αμειψισπορά. Ο μύκητας προσβάλλει το στέλεχος ως μυκήλιο με τα σπόρια να αναπαράγονται. Οι χαλαροί ιστοί και οι πληγές είναι οι καλύτεροι δίοδοι για τη μόλυνση. Τα παθογόνα τρέφονται από το εσωτερικό τμήμα των μεσογονάτιων και το στέλεχος μπορεί να μείνει άδειο. Στο φυτικό ιστό τα μυκήλια αναπτύσσουν γλαυδοσπόρια . (Chelkowski J.,1991)

2.3. 2 Φουζαρίωση των στάχων

Η εμφάνιση μούχλας η οποία καλύπτει τους στάχους είναι ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο στην περίπτωση που έχουμε υγρό φθινόπωρο. Τότε εντοπίζονται πολλοί μύκητες στο μολυσμένο φυτό.

Διάφορα είδη του *Fusarium*:

1. *Fusarium graminearum*

Fusarium culmorum

2. *Fusarium moniliforme*

Fusarium moniliforme v.subglutinans

Fusarium polyferatum

(Chelkowski J., 1991)

Η ομάδα 1 προκαλεί μεταχρωματισμούς. Τα είδη αυτής της ομάδας προσβάλλουν το φυτό όπως τα κλασικά παθογόνα, η σχέση μεταξύ παθογόνου και φυτού είναι πολύ στενή. Ο χρόνος μόλυνσης είναι εύκολο να καθοριστεί, συνήθως προσβάλλεται μόνο η νεαρή επιδερμίδα και η μόλυνση προχωράει από την επιδερμίδα στον σπάδικα και στους σπόρους.

Τα μέλη της ομάδας 2 είναι κλασικά παράσιτα των πληγών και απαιτούν στρεσαρισμένα, πληγωμένα φυτά. Ο χρόνος μόλυνσης εξαρτάται από τον χρόνο δημιουργίας των πληγών. Η φουζαρίωση αυτή συναντάται όπου καλλιεργείται αραβόσιτος. Οι στάχεις οι οποίοι έχουν μολυνθεί από τον μύκητα είναι ακατάλληλοι για κατανάλωση από τον άνθρωπο, η παραγωγή είναι λίγο μικρότερη και μπορεί να είναι μολυσμένη από μυκοτοξίνες, οι οποίες παράγονται από τους μύκητες αυτούς και είναι τα πιο επικίνδυνα φυτικά δηλητήρια. (Chelkowski J., 1991)

Συμπτώματα και παρόμοιες ασθένειες: Τα συμπτώματα που προκαλούνται από τις διάφορες ομάδες ποικίλουν. Η ομάδα του μεταχρωματισμού μολύνει την κορυφή του στάχου και τα συμπτώματα εξαπλώνονται προς τα κάτω. Ολόκληρος ο στάχης μπορεί να μολυνθεί. Η διάμετρος του σπάδικα μειώνεται, οι καρποί γίνονται ξανθοί και εμφανίζεται ένα παχύ μυκηλιακό στρώμα ανάμεσα στους καρπούς, το οποίο είναι σκούρο κόκκινο ή πορφυρό.) Η ομάδα 2 προσβάλλει τις πληγές, οπότε συμπτώματα εμφανίζονται στις πληγές (από υψηλή θερμοκρασία, έντομα κτλ). Ο σπάδικας δεν προσβάλλεται, διατηρεί το κανονικό του μέγεθος αλλά οι σπόροι καλύπτονται από παχύ στρώμα μούχλας, χρώματος λευκού ή ροζ. (Chelkowski J., 1991)



Εικόνα 22: Προσβολή καλαμποκιού από φουζαρίωση (Wrather A., 2009)

Άλλοι μύκητες προκαλούν σήψεις με άλλα χρώματα. Η ζημιά από τις προνύμφες του πράσινου σκουληκιού μπορεί να επιφέρουν αλλαγές στη σήψη των στάχων, αλλά τα υπολείμματα από το μάσημα μεταξύ των καρπών είναι λευκά και όχι πορφυρά.

Κύκλος ασθένειας : Οι μύκητες αυτοί διαχειμάζουν στο έδαφος ή στα υπολείμματα των καλλιεργειών. Η μόλυνση εξαπλώνεται με τα σπόρια τα οποία αναπαράγονται εγγενώς ή αγενώς. Τα φυτικά υπολείμματα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον κύκλο της ασθένειας, επειδή τα σπόρια μπορούν να αναπτυχθούν μόνο μέσα σε αυτά. (Chelkowski J., 1991)

2.3. 3 *Fusarium* η επικεφαλής σήψη (FHB)

Fusarium η επί κεφαλής σήψη (FHB) *Fusarium blight head* επίσης γνωστό ως κρούστα ή ως ψώρα που προκαλείται από *Fusarium graminearum*, είναι μια σοβαρή μυκητιακή ασθένεια του σιταριού, κριθαριού, βρώμης και άλλων μικρών κόκκων δημητριακών και καλαμποκιού. Η ασθένεια αυτή προκαλείται από τον μύκητα *Fusarium graminearum* , μπορεί να παράγει σημαντικές απώλειες απόδοσης, καθώς και σοβαρά προβλήματα ποιότητας κόκκων λόγω της παρουσίας της μυκοτοξίνης που είναι γνωστή ως "DON" (δεοξυνιβαλενόλη). (Salem N., 2009)



Εικόνα 23: Ένα κεφάλι σιτάρι προσβεβλημένο από τον μύκητα *Fusarium* σήψη κεφάλι.(Bradley C., 2008)

Το σύμπτωμα που είναι πιο εύκολα να δει κανείς είναι η πρόωρη λεύκανση των πολλών ή όλων των ανθέων σε ένα κεφάλι του σιταριού, εμφανίζονται ως λευκαμένα κεφάλια ή κεφάλια και με τις πράσινες και με λευκαμένες περιοχές. (Salem N., 2009)

Ο καιρός είναι εξαιρετικά σημαντικός στην ανάπτυξη FHB, ειδικά από το άνθισμα μέσω της ανάπτυξης πυρήνων. Οι μέτριες θερμοκρασίες (75 σε 85°F), παρατεταμένοι περίοδοι υψηλής υγρασίας, και παρατεταμένες υγρές περίοδοι ευνοούν FHB. Η ασθένεια αυτή τροφοδοτείται από καιρικές συνθήκες την άνοιξη όπου είναι πολύ ευνοϊκό για τη μόλυνση του FHB, δηλαδή, σημαντικές βροχοπτώσεις κατά την περίοδο ανθοφορίας στο σιτάρι. (Chelkowski J., 1991)

2.3.4 ΞΕΡΗ ΣΗΨΙΡΡΙΖΙΑ

Παθογόνο αίτιο: *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch. Το *Fusarium graminearum* (ονομάζεται επίσης *Gibberella zeae*). Κατά τη διάρκεια της ασθένειας δεν παρατηρείται παραγωγή μικροκονιδίων και γλαμυδοσπορίων. Μακροκονίδια και περιθήκια υπάρχουν και παίζουν σημαντικό ρόλο στο βιολογικό κύκλο της ασθένειας. Ξενιστές: Το *G.Zeae* είναι ένας πολύ σημαντικός μύκητας για το κριθάρι, το καλαμπόκι, το ρύζι, τη βρώμη και το σιτάρι. (Γεωπόνοι, 2008)

Διάδοση και σημασία: Ο *G.Zeae* απαντάται σε όλο τον κόσμο και συνήθως στα θερμά κλίματα. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι τα μολυσμένα φυτά παράγουν λιγότερους σπόρους, Επίσης ο θερισμός γίνεται πολύ δύσκολα λόγω του πλαγιάσματος και οι σπόροι έχουν μικρό μέγεθος. Η ασθένεια καταστρέφει τις ρίζες, το σταυρό και άλλα υπόγεια μέρη του φυτού. Τα συμπτώματα είναι πολύ εμφανή στο διάστημα κάτω από το σταυρό και στην κολεοπτίλη και λιγότερο στο σταυρό και τις ρίζες. (Chelkowski J., 1991)

Συμπτώματα: Η ασθένεια είναι πολύ εμφανής σε στάχες που εκπτύσσονται ανώριμοι. Εκεί μπορούμε να διακρίνουμε ένα ή περισσότερα σταχύδια με λευκό χρώμα. Μικρά μαύρα καρποφόρα όργανα (περιθήκια), επιφανειακό μυκήλιο και μάζες σπορίων μπορούν να διακριθούν στη βάση των μολυσμένων σταχυδίων. Τα ξασπρισμένα σταχύδια είναι συνήθως άγονα και περιέχουν ζαρωμένους και / ή αποχρωματισμένους σπόρους.

Η προσβολή στο στάχυ γίνεται κατά τη διάρκεια της άνθησης και από σπόρια μεταδιδόμενα με τον αέρα που προέρχονται από τα υπολείμματα της καλλιέργειας. Δύο εβδομάδες αργότερα εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα στους προσβεβλημένους στάχους. Υγρές συνθήκες λόγω υψηλής σχετικής υγρασίας, δροσιάς, βροχής ή άρδευσης και κανονικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της άνθησης είναι κρίσιμες για τη δημιουργία μόλυνσης. Το πρώτο σύμπτωμα είναι η εμφάνιση νεκρών πρώιμα ωριμασμένων σταχυδίων επάνω στους στάχους. Σε έντονες προσβολές όλος ο στάχυς ωριμάζει πρόωρα και εμφανίζεται ένας καφέ μεταχρωματισμός στον βλαστό κάτω από τον στάχυ. (Chelkowski J., 1991) Ο στάχυς μπορεί επίσης να αποκτήσει έναν καφέ ή ροζ μεταχρωματισμό λόγω της παραγωγής σπορίων του μύκητα. Μετά το θερισμό οι σπόροι μπορεί να ποικίλουν στην εμφάνιση. Οι σπόροι που μολύνθηκαν αργά δεν εμφανίζουν συμπτώματα ενώ αυτοί που μολύνθηκαν πιο νωρίς μπορεί να είναι ζαρωμένοι με άσπρο χρώμα.

Βιολογικός κύκλος: Η προσβολή στο βλαστό μπορεί να προκαλέσει πλάγιασμα. Ο *G.Zae* είναι ασθενές παθογόνο για τα γερασμένα φυτά και το μόνο που κάνει είναι να επιταχύνει τη γήρανσή τους. Ο μύκητας επιβιώνει ως χλαμυδοσπόριο στο έδαφος ή στα υπολείμματα της καλλιέργειας. Είναι σαπροφυτικός οργανισμός και μπορεί να αναπαράγεται γρήγορα επάνω στα υπολείμματα. Τα χλαμυδοσπόρια μπορεί να διατηρηθούν στο έδαφος για μήνες. Αυτά βλαστάνουν και οι μολυσματικές τους υφές προσβάλλουν τα φυτά στο σταυρό και στις πληγές που δημιουργούνται στο φυτό λόγω της ριζικής ανάπτυξης. Το παθογόνο κατόπιν προσβάλλει τους ιστούς στα μεσογονάτια διαστήματα. Με ζεστό και υγρό καιρό τα σπόρια βλαστάνουν και προσβάλλουν τα λουλούδια, τα λέπυρα και άλλα μέρη του στάχυ. Οι μολύνσεις γίνονται συνήθως κατά την ανθοφορία. Τα συμπτώματα διαφέρουν ανάλογα με το χρόνο μόλυνσης. Αν το φυτό μολυνθεί την περίοδο που γίνεται η αύξηση βάρους του σπόρου τότε έχουμε σημαντικές απώλειες λόγω της διακοπής της ροής του νερού. Αν η μόλυνση γίνει αργότερα τα συμπτώματα είναι πολύ σοβαρά.). (Salem N., 2009)

Καταπολέμηση: Ο *G.Zae* για να επιβιώσει πρέπει να δημιουργήσει περιθήκια και μπορεί να καταπολεμηθεί ως ένα βαθμό με το όργωμα των υπολειμμάτων. Η επεξεργασία των σπόρων με μυκητοκτόνα είναι πολύ χρήσιμη για την αποφυγή τήξεων στα νεαρά στάδια του φυτού. Το καλό όργωμα μειώνει τον αριθμό των

ζιζανίων και επιταχύνει την αποικοδόμηση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας. Η αμειψισπορά με φυτά που δεν είναι ξενιστές του παθογόνου και η αποφυγή της βρώμης, μειώνει τον πληθυσμό τους στο έδαφος. (Chelkowski J., 1991)

2.3.5 ΑΝΔΡΟΜΥΚΩΣΕΙΣ

Οι ασθένειες των αδρομυκώσεων είναι ασθένειες των φυτών που παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση και είναι πολύ καταστροφικές για τους ξενιστές τους. Τα συμπτώματά τους εμφανίζονται συνήθως με την μορφή μάρανσης, χλώρωσης και νέκρωσης των φύλλων που ακολουθείται από τη νέκρωση όλου του φυτού. Οι αδρομυκώσεις εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της παρουσίας και της δραστηριότητας των παθογόνων στα αγγεία του ξύλου των φυτών. Η νέκρωση των φυτών μπορεί να συμβεί μέσα σε μερικές εβδομάδες, ωστόσο στις δενδρώδεις καλλιέργειες η νέκρωση μπορεί να επέλθει μετά από αρκετούς μήνες ή και χρόνια μετά την προσβολή. Όσο το φυτό είναι ζωντανό, οι μύκητες βρίσκονται στους αγγειακούς ιστούς (ξύλο) και σε μερικά περιβάλλοντα κύτταρα. Μόνο μετά το θάνατο των φυτών μετακινούνται σε άλλους ιστούς και σχηματίζουν σπόρια κοντά στην επιφάνεια των νεκρών φυτών (Χριστιάς 1999., Agrios 2005., Τζάμος 2007).

Το γένος *Fusarium* προκαλεί αδρομυκώσεις σε λαχανικά και ανθοκομικά φυτά, σε πολυετή και ποώδη, σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας και στο βαμβάκι. Οι περισσότεροι από τους μύκητες του γένους *Fusarium* που προκαλούν αδρομυκώσεις ανήκουν στο είδος *Fusarium oxysporum*. Οι διάφοροι ξενιστές προσβάλλονται από ειδικές μορφές ή φυλές του μύκητα. Ο μύκητας μπορεί να προσβάλλει πάνω από 100 είδη φυτών (Χριστιάς Χ.,1999).

Οι αδρομυκώσεις που προκαλούν οι μύκητες του γένους *Fusarium* είναι πιο σοβαρές σε περιοχές με θερμά κλίματα και σε θερμοκήπια. Ως εδαφογενές παθογόνο ο μύκητας *F. Oxysporum* μπορεί να επιβιώσει για μεγάλες περιόδους, απουσία ξενιστή, κυρίως με τη μορφή χλαμυδοσπορίων, που είναι μονοκύτταρα ή δικύτταρα σπόρια με χοντρό κυτταρικό τοίχωμα. Όταν οι ρίζες προσεγγίζουν τα χλαμυδοσπόρια, αυτά βλαστάνουν και αναπτυσσόμενες υφές προσκολλούνται στις ρίζες των φυτών (Bishop και Cooper,1983α' Di Pietro et al., 2001) στις οποίες εισχωρεί είτε άμεσα ή έμμεσα μέσω πληγών και στα σημεία έκπτυξης των δευτερευουσών ριζών (Agrios, 2005).

Το μυκήλιο προχωρά από τους μεσοκυττάριους χώρους μέχρι να φτάσει τα αγγεία του ξύλου στα οποία εισέρχεται μέσω των βοθρίων. Σε αυτό το σημείο ο μύκητας μπαίνει σε μια ιδιαίτερη φάση μόλυνσης κατά την οποία παραμένει αποκλειστικά στα αγγεία του ξύλου, μέσω των οποίων απεικονίζει τον ξενιστή. Αυτό επιτυγχάνεται με την παραγωγή μικροκονιδίων, τα οποία μεταφέρονται προς τα πάνω μέσω τη ροής του ανιόντος χυμού. Τα μικροκονίδια τελικά βλαστάνουν και το μυκήλιο διαπερνά τα άνω τοιχώματα των αγγείων παράγοντας περισσότερα μικροκονίδια μέσα στο επόμενο αγγείο. Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα μάρανσης εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της σημαντικής υδατικής καταπόνησης, κυρίως λόγω απόφραξης των αγγείων. Η μάρανση προκαλείται από έναν συνδυασμό δραστηριοτήτων του μύκητα, όπως η συσσώρευση μυκηλίου και η παραγωγή τοξινών καθώς και από τις αντιδράσεις της άμυνας του ξενιστή, όπως είναι ο σχηματισμός πηγμάτων, τυλώσεων και η κατάρρευση των αγγείων από τον πολλαπλασιασμό των γειτονικών παρεγχυματικών κυττάρων. (Τζάμος Ε.,2007)

Όσο το φυτό είναι ζωντανό ο μύκητας παραμένει αυστηρά μέσα στα αγγεία του ξύλου και σε μερικά γειτονικά κύτταρα. Μόνο μετά τη νέκρωση του ξενιστή εισβάλλει στον παρεγχυματικό ιστό και πολλαπλασιάζεται στην επιφάνεια των φυτών. Αυτή η εξειδικευμένη συμπεριφορά του *F. Oxysporum* είναι κοινή μόνο σε μερικά άλλα παθογόνα όπως οι μύκητες *Verticillium dahliae* και *Ceratocystis ulmi* και *Phoma tracheiphila* (Agrios, 2005).

Η αντιμετώπιση της ασθένειας που προκαλεί ο *F. Oxysporum* στηρίζεται κυρίως σε ανθεκτικές ποικιλίες και σε εμβολιασμό σε ανθεκτικά υποκείμενα. Ο μύκητας είναι πολύ διαδεδομένος και πολύ επίμονος και η εναλλαγή καλλιεργειών και η απολύμανση των εδαφών έχει περιορισμένα αποτελέσματα. Η χρήση υγιούς σπόρου και φυτικού υλικού είναι απαραίτητη και η θερμική επεξεργασία ύποπτων σπόρων πρέπει αν προηγείται της σποράς (Agrios, 2005).

Τα τελευταία χρόνια ο βιολογικός έλεγχος του *F. Oxysporum* έδωσε ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Τέτοιες εφαρμογές αποτελούν τον εμβολιασμό των φυτών με μη παθογόνα στελέχη του *F. Oxysporum* ή άλλων ανταγωνιστικών μυκήτων, όπως οι *Trichoderma* και *Gliogladium*, και βακτηριδίων όπως τα *Pseudomonas fluorescens* και *Burkholderia cepacia*. Ωστόσο κανένα από αυτά δεν έχει εφαρμοστεί στην πράξη με επιτυχία μέχρι σήμερα. Σε αρκετές περιπτώσεις πάντως, η ηλιοαπολύμανση μείωσε σημαντικά την εμφάνιση της ασθένειας (Agrios, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΟΙ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ FUSARIUM.

3. 1. ΕΙΔΗ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ

Οι μυκοτοξίνες είναι μια "οικογένεια" χημικών ενώσεων που σχηματίζονται και εκκρίνονται από τους μύκητες στην λογαριθμική και στατική φάση ανάπτυξής τους. Είναι ετεροκυκλικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους με συγγενείς μεταξύ τους χημικές ιδιότητες. Οι μυκοτοξίνες λοιπόν, είναι οργανικές χημικές ουσίες, αλειφατικές ή κυκλικές, απλής σχετικά δομής με σχετικά απλό αριθμό ατόμων άνθρακα και χαμηλού μοριακού βάρους με παρόμοιες μεταξύ τους χημικές ιδιότητες. Είναι παράγωγα ή συγγενείς ενώσεις με την κουμαρίνη, τα τερπενοειδή, ανθρακινόνες, μακρολίδια, στεροειδή, και τετρονικά οξέα. Έχουν υψηλή τοξικότητα και ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες. (Kagia V., 2012)

Οι σπουδαιότερες μυκοτοξίνες και οι μύκητες που τις παράγουν:

Μυκοτοξίνη	<i>Μύκητες</i>
Αφλατοξίνες	<i>Aspergillus flavus , Aspergillus parasiticus, Penecillium sp.</i>
Ζεαραλενόνη	<i>Fusarium graminearum, Fusarium tricinctum, Fusarium culmorum</i>
Στεριγματοκυστίνη	<i>Aspergillus versicolor, Aspergillus nidulans, Aspergillus flavus , Aspergillus parasiticus</i>
Ωχροτοξίνες	<i>Penecillium viridicatum, Penecillium ochraceus, Penecillium verrucosum</i>
Πατουλίνη	<i>Penecillium patulum, Penecillium expansum, Aspergillus clavatus</i>
Κιτρινίνη	<i>Penecillium citrinum, Penecillium viridicatum</i>
Πενικιλλικό οξύ	<i>Penecillium martensii, Penecillium viridicatum, Penecillium cyclopium</i>
Ρουμπατοξίνη	<i>Penecillium rubrum</i>
Αλκαλοειδή	<i>Claviceps purpurea</i>

εργοπισμού

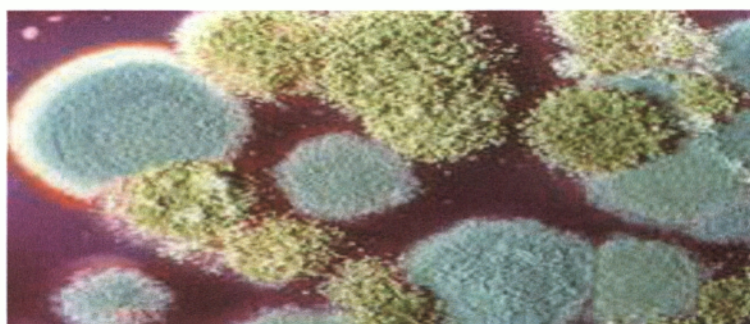
T-Z τοξίνη *Fusarium tricinctum*

Τριχοθισίνες *Fusarium graminearum, Fusarium roseum*

Πηγή: Γδοντέλης Ν., 2008

Οι αφλατοξίνες (aflatoxins) αποτελούν μια ομάδα από τις πιο τοξικές ουσίες που βρίσκονται στη φύση. Οι ισχυρότατα τοξικές και καρκινογόνες αφλατοξίνες παράγονται από μύκητες (μούχλα), που αναπτύσσονται κυρίως σε ξηρά φρούτα, ξηρούς καρπούς (ιδιαίτερα στα αράπικα φυστίκια και αμύγδαλα), μπαχαρικά, σιτηρά και σε τυριά, όταν υπάρξουν κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Επίσης μπορεί να εμφανισθούν στο γάλα ζώων που έχουν τραφεί με ζωοτροφές (καλαμπόκι κ.λπ.), στα οποία είχαν αναπτυχθεί μύκητες (ευρωτίαση, μούχλα). (Steiner W.,1985)

Η πατουλίνη είναι μυκοτοξίνη παραγόμενη από διάφορα είδη μυκήτων. Ανιχνεύεται στους χυμούς φρούτων, ειδικότερα στο χυμό μήλου. Citrinin είναι μια μυκοτοξίνη που αρχικά απομονώθηκε από το *Penicillium citrinum*. Έχει βρεθεί από τότε που παράγεται από μια ποικιλία άλλων μυκήτων που βρίσκονται ή χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ανθρώπινου τροφίμου, όπως κόκκους, τυρί και χρωστικές ουσίες. Citrinin έχει βρεθεί επίσης σε εμπορική μαγιά κόκκινο ρύζι και συμπληρώματα. (Steiner W., 1985)



Εικόνα 24 : Μυκοτοξίνες - Το κιτρινωπό αποικίες είναι *Aspergillus flavus* , ένας παραγωγός της αφλατοξίνης. Οι πράσινες αποικίες είναι *Penicillium* , ένα άλλο που παράγουν μυκοτοξίνες γένους (ωχρατοξίνη, πατουλίνη και άλλες τοξίνες). (Libero A.,2010)

Οι μυκοτοξίνες από την οικογένεια των τοξικών λακτονών (Πατουλίνη και Πενικιλλικό οξύ), καθώς και οι μυκοτοξίνες, Στεριγματοκυστίνη, Κιτρινίνη, και Ρουμπρατοξίνη Β, αποτελούν μια ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών που παράγονται από τη μούχλα και τους μύκητες όπου μολύνουν μια πληθώρα από πρωτογενή αγροτικά προϊόντα και αποτελούν κίνδυνο για τον άνθρωπο και τα ζώα. (Steiner W.,1985)

3.2 Επιπτώσεις από προσβολή μυκοτοξινών

Οι μυκοτοξίνες είναι εξαιρετικά επικίνδυνες ενώσεις, που παραμένουν δραστικές για μεγάλο χρονικό διάστημα και μετά την καταστροφή των μυκήτων από τους οποίους προήλθαν. Επιπλέον, επειδή πολλές από αυτές είναι θερμοανθεκτικές, δεν καταστρέφονται σε συνήθεις συνθήκες θερμικής κατεργασίας τροφίμων. Μυκοτοξίνες μπορούν να παραχθούν και αναπτυχθούν τόσο στις καλλιέργειες στα χωράφια, όσο συνηθέστερα στις ζωοτροφές οι οποίες είναι αποθηκευμένες διότι το οξυγόνο που υπάρχει σε συνθήκες αποθήκευσης είναι μειωμένο, ευνοώντας την μυκητιακή ανάπτυξη. Επίσης η ανάπτυξη των μυκήτων λαμβάνει μέρος και σε βιομηχανικά επεξεργασμένες τροφές. (Kagia V., 2012)

Είναι δύσκολο να αμφισβητήσει κανείς το γεγονός ότι το ποσοστό των μυκοτοξινών που περιέχονταν σε τροφές παλιότερα, ήταν σε υψηλότερα επίπεδα από αυτό σήμερα, εξαιτίας της συντελούμενης τεχνολογικής ανάπτυξης η οποία επέφερε καταλληλότερες μεθόδους καλλιέργειας, συγκομιδής και αποθήκευσης των ζωοτροφών. Ωστόσο, οι μυκοτοξίνες αποτελούν ακόμα πιθανό κίνδυνο που σχετίζεται με τρόφιμα φυτικής προέλευσης, κυρίως σιτηρά, ξηρούς καρπούς και φρούτα (καλαμπόκι, σιτηρά, φυστίκια, μπανάνα, μήλο, σταφίδες, κτλ). Μυκοτοξίνες απαντώνται όμως και σε ζωικής προέλευσης τρόφιμα όπως το γάλα, τα αυγά, το συκώτι και άλλα, γεγονός που οφείλεται στην κατανάλωση μολυσμένων ζωοτροφών από τα ζώα. (Ζεφυριδής Γ., 1982)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μυκήτων και κατ' επέκταση των μυκοτοξινών είναι η υγρασία, η θερμοκρασία, ο αερισμός, οι γενετικές διαφορές και το μέγεθος της μόλυνσης. Έτσι οι ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης τους είναι όταν η υγρασία είναι υψηλή (πάνω από 70%), η θερμοκρασία μεταξύ 20°C με 30°C, ενώ μπορούν να επιζήσουν και σε θερμοκρασίες μεταξύ 0-60°C.

Επίσης ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης τους, δημιουργεί το αναερόβιο περιβάλλον, ενώ συντελεί σε μεγάλο βαθμό και το είδος του μύκητα αφού υπάρχουν και μύκητες που χρειάζονται ειδικές συνθήκες για να αναπτυχθούν. Τέλος ο αριθμός των μυκήτων επηρεάζει και το βαθμό ανάπτυξης τους, έτσι ώστε όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τους τόσο μεγαλύτερη και η ανάπτυξη που παρουσιάζεται.

Η δράση τους στους ζώντες οργανισμούς είναι ηπατοτοξική, νεφροτοξική, αιμοτοξική, νευροτοξική, δερματοτοξική και πολλές έχουν καρκινογόνες ή οιστρογόνες ιδιότητες. Μερικές φορές έχουν αντιβιοτική δράση κατά των μικροβίων και καταστρέφουν την μικροβιακή χλωρίδα λ.χ. η πενικιλίνη είναι η μυκοτοξίνη του μύκητα *Penicillium chrysogenum* (δηλαδή της χλωραμφενικόλης). (Ζεφυρίδη Γ., 1982)

Ένα πρόβλημα που δεν έχει μελετηθεί αρκετά είναι η δράση, λόγω ενδεχόμενης συνεργίας, δυο μυκοτοξινών που υπάρχουν μαζί στην ίδια ζωοτροφή. Πιθανώς οι μυκοτοξίνες που υπάρχουν σε μη τοξικές ποσότητες στις τροφές όταν είναι μόνες, να γίνονται τοξικές όταν δρουν μαζί όπως συμβαίνει με πολλά αντιβιοτικά. Οι συγκεντρώσεις των μυκοτοξινών οι οποίες είναι σημαντικές για την υγεία των ζώων και των ανθρώπων, μετριούνται συνήθως σε $\mu\text{g}/\text{Kg}$ τροφής (ppb). Η ευαισθησία των ζώων στις μυκοτοξίνες, ποικίλει, αναλόγως του είδους του ζώου, της ηλικίας, του φύλου, της θρεπτικής κατάστασης, και της φυλής. Οι μυκοτοξίνες, οι οποίες όπως προαναφέρθηκε σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της αναπτύξεως ορισμένων μυκήτων, είτε απεκκρίνονται μέσα στο υλικό που αναπτύσσεται ο μύκητας, είτε κατακρατούνται στο εσωτερικό του κυττάρου των μυκήτων και ελευθερώνονται μετά τη θραύση του μυκηλίου. (Δημητρίου Χ., 2009)

Η ανάπτυξη των μυκήτων και η παραγωγή μυκοτοξινών είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μύκητα, φυτικού υποστρώματος και περιβαλλοντικών συνθηκών (υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας, μεγαλύτερα του 70%, ευνοούν την ανάπτυξη των μυκήτων). Η παρουσία μύκητα σε μια ζωοτροφή δεν συνεπάγεται αυτομάτως και την παρουσία μυκοτοξινών, καθώς η ανάπτυξη του μύκητα και η παραγωγή μυκοτοξινών είναι δυο διαφορετικές διεργασίες που ευνοούνται από διαφορετικές συνθήκες.

Επίσης, μια ζωοτροφή η οποία δε φαίνεται προσβεβλημένη από μύκητα ή όταν έχει καταστραφεί ο μύκητας (εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών) δεν συνεπάγεται ότι είναι απαλλαγμένη από μυκοτοξίνες.

Πιστεύεται ότι οι μύκητες παράγουν μυκοτοξίνες όταν βρίσκονται σε συγκεκριμένα στάδια της ανάπτυξής τους κάτω από συνθήκες στρες (απότομες αλλαγές θερμοκρασίας & υγρασίας), αλλά και για να αμυνθούν σε ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς. Η επιμόλυνση μιας ζωοτροφής με μυκοτοξίνες μπορεί να λάβει χώρα κατά την καλλιέργεια στο χωράφι, στην συγκομιδή, τη μεταφορά, την αποθήκευση ή την επεξεργασία αυτής. (Ζεφυρίδη Γ., 1982)

Οι πιο κοινές μυκοτοξίνες όσον αφορά τα δημητριακά που παράγονται είναι οι μυκοτοξίνες του γένους *Fusarium*: Φουμονισίνες, Τριχοθικένια που είναι η Δεοξυνιβαλενόνη (DON), η T-2 τοξίνη και η Ζεαραλενόνη, οι οποίες παράγονται σε καλλιέργειες δημητριακών κατά τη διάρκεια που βρίσκονται στο χωράφι και η Ωχρατοξίνη Α η οποία παράγεται στους καρπούς των δημητριακών κατά την αποθήκευση. (Δημητρίου Χ., 2009)

3.3 ΦΟΥΜΟΝΙΣΙΝΕΣ

Αυτή η μυκοτοξίνη (fumonisins) παράγεται από τα παθογόνα στελέχη των μικροοργανισμών *Fusarium verticillioides* και *Fusarium proliferatum*. Οι Φουμονισίνες είναι ιδιαίτερα υδατοδιαλυτές, πολικές ενώσεις που είναι διαλυτές στο νερό και τα διαλύματα ύδατος της μεθανόλης και του ακετονιτριλίου, αλλά δεν είναι διαλυτοί στους μη πολικούς διαλύτες και σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μυκοτοξίνες. Δεν περιέχουν αρωματικό δακτύλιο ή χρωμοφόρες περιοχές, ώστε να είναι εύκολη η ανίχνευσή τους.

Οι Φουμονισίνες παρουσιάζονται ιδιαίτερα σταθερές σε ένα πλήθος χημικών διαδικασιών και αλλαγών στη θερμοκρασία. Είναι φυσικοί μολυσματικοί παράγοντες των σιταριών και των δημητριακών παγκοσμίως και βρίσκονται συνήθως στο καλαμπόκι και τα προϊόντα που παράγονται από αυτό. Προκαλούν σοβαρές διαταραχές στα ζώα, ενώ μελέτες απέδειξαν πως ευθύνονται για ασθένειες όπως το πνευμονικό οίδημα στους χοίρους καθώς επίσης και για τον καρκίνο του ήπατος και του οισοφάγου. (Γδοντέλης Ν., 2008)

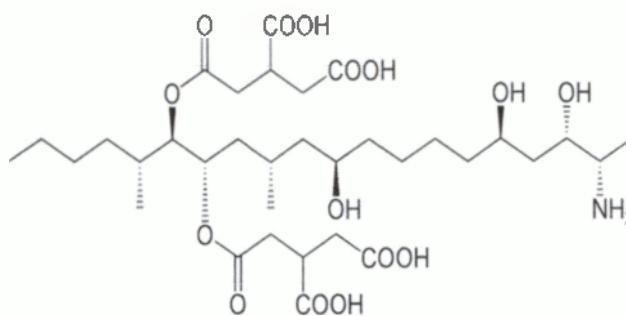
Fusarium verticillioides



Εικόνα 25 : Φουμονισίνη παραγωγή μύκητα *Fusarium verticillioides* (Brandley C., 2008)

Τρόφιμα που περιέχουν αραβόσιτο, είναι τα πιο πιθανά να περιέχουν τοξίνες αυτής της οικογένειας και έτσι σε αυτά στρέφουν τη προσοχή τους οι βιομηχανίες τροφίμων. Υψηλά ποσοστά περιεκτικότητας σε Φουμονισίνες έχουν καταγραφεί σε μικρής έκτασης (οικιακές) καλλιέργειες καλαμποκιού τόσο στη Κίνα όσο και στη Νότια Αφρική. Έτσι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε μια μέγιστη ανεκτή συνολική εισαγωγή φουμονισίνων στον οργανισμό 2 g/kg σωματικού βάρους. (Ζεφυρίδη Γ., 1982)

Οι χημικές δομές των φουμονισίνων είναι ο τύπος FumonisinB1 (FB1) που προσελκύει την περισσότερη προσοχή δεδομένου ότι απαντάται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 70% της συνολικής περιεκτικότητας σε φουμονισίνες *Fusarium* στα μολυσμένα δείγματα καλαμποκιού και εκθέτει τον άνθρωπο σε υψηλό κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Προωθώντας τη δραστηριότητα όλων των φουμονισίνων. Το γεγονός αυτό συνδέθηκε με τον μεταβολισμό της μυκοτοξίνης κατά τη διάρκεια επεξεργασίας των τροφίμων, που στηρίζεται κυρίως στη μερική ή πλήρη υδρόλυση της μίας ή και των δύο εστερομάδων. Εκτός αυτού, η μερική υδρόλυση έχει παρατηρηθεί και παρουσία υγρασίας κάτω από τις υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 26 : Χημικός τύπος φουμονισίνης (Γδοντέλης Ν.,2008)

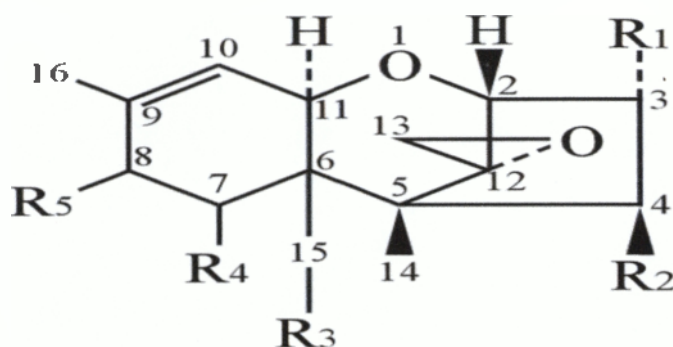
Αυτή η αλυσίδα γεγονότων έθεσε το στάδιο ώστε να πολλαπλασιαστούν τα ερευνητικά προγράμματα ανά τον κόσμο, έχοντας ως στόχο τα ακόλουθα:

- 1) Τον προσδιορισμό και τον χαρακτηρισμό των διαφόρων ειδών φουμονισίνης που μολύνουν τα τρόφιμα.
- 2) Τον καθορισμό των παραγόντων που ευνοούν τον σχηματισμό φουμονισίνης.
- 3) Τον έλεγχο μόλυνσης των τροφίμων και τον προσδιορισμό των επιτρεπτών ορίων στα τρόφιμα.
- 4) Την ανάπτυξη των αναλυτικών μεθόδων για τη φουμονισίνη.
- 5) Την κατανόηση της βιολογικής δραστηριότητας των φουμονισινών στα ζώα και στους ανθρώπους.(Χριστιάς Χ., 1999)

3. 4. ΤΡΙΧΟΘΗΚΙΝΕΣ

Τα Τριχοθυκένια (trichothecenes) αποτελούν ένα είδος μυκοτοξινών που παράγονται από την μούχλα που προκαλούν οι μύκητες του γένους *Fusarium*. Μέχρι σήμερα έχουν ανακαλυφτεί περίπου 190. Τα Τριχοθυκένια εμφανίζονται συνήθως σε δημητριακά, όπως ρύζι, κριθάρι, βρώμη και άλλα τα οποία και μολύνουν. Έχει διαπιστωθεί ότι ορισμένα νοσήματα έχουν άμεση σύνδεση με την έκθεση του ανθρώπου σε τριχοθυκένια ή και παράγωγα αυτών όπως σε δεοξυνιβαλενόλη (DON).

Οι τριχοθηκίνες αποτελούν τη σημαντικότερη ομάδα μυκοτοξινών που παράγονται από μύκητες του γένους *Fusarium*. Πέραν του γένους αυτού όμως, δύνανται να παράγουν τριχοθηκίνες και άλλα γένη μυκήτων όπως είναι τα *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, και *Verticimonosporium*. (Ακρίδα Τ.,1981)



Εικόνα 27 : Χημική δομή των μυκοτοξινών τριχοθηκινών (Γδοντέλης Ν., 2008)

Αποτελούν μια ομάδα μη πτητικών, μικρού μοριακού βάρους (Μ.Β.= 250-550), εποξειδικών σεσκιτερπενίων (τερπένια με 15 άτομα άνθρακα), που φέρουν τον εποξειδικό τους δακτύλιο στους άνθρακες 12-13, ένα διπλό δεσμό μεταξύ των ανθράκων 9-10, ενώ αναλόγως των υπολοίπων υποκαταστατών τους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 4 υποομάδες:

- 1) Τύπου Α: με υποκαταστάτη διαφορετικό αυτού της κετόνης στον άνθρακα 8.
- 2) Τύπου Β: με υποκαταστάτη καρβονύλιο στον άνθρακα 8.
- 3) Τύπου Γ: με δεύτερο εποξειδικό δακτύλιο στους άνθρακες 7-8 ή 9-10.
- 4) Τύπου Δ: με μακροκυκλικό δακτύλιο μεταξύ των ανθράκων 4-15 με δύο εστερικούς δεσμούς. (Ακρίδα Κ., 1981)

Από μυκοτοξικολογική άποψη ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τριχοθηκίνες τύπου Α που είναι και οι τοξικότερες και οι τριχοθηκίνες τύπου Β που είναι και οι πολυπληθέστερες. Κύριοι εκπρόσωποι των τύπου Α τριχοθηκινών αποτελούν η Τ-2 τοξίνη ενώ αντίστοιχα κύριοι εκπρόσωποι των τύπου Β τριχοθηκινών αποτελούν η δεοξυνιβαλενόλη (DON) και η νιβαλενόλη (NIV). Έχει βρεθεί ότι τα διάφορα είδη φουζαρίων εμφανίζουν εκλεκτικότητα όσον αφορά το είδος της παραγόμενης τριχοθηκίνης. Κύριοι παραγωγοί τύπου Α τριχοθηκινών είναι κυρίως τα είδη *Fusarium sporotricoides* και *Fusarium poe*, ενώ τύπου Β τριχοθηκίνες παράγονται κυρίως από τα είδη *Fusarium graminearum* και *Fusarium culmorum*. (Larsen J., 2004)

Η πρώτη τριχοθηκίνη που ανακαλύφθηκε ονομάστηκε τριχοθεσίνη, δίνοντας το όνομα σε ολόκληρη την κατηγορία αυτών των μυκοτοξινών. Απομονώθηκε από το παθογόνο *Trichothecium roseum*, από το οποίο και πήρε το όνομά της και περιγράφηκε το 1949 από τους Freeman and Morrison. Έπειτα άνω των 180 τριχοθηκινών και παραγώγων τους έχουν ανακαλυφθεί έως σήμερα.

Οι τριχοθηκίνες είναι αδιάλυτες στο νερό, αλλά με υψηλή διαλυτότητα σε οργανικούς διαλύτες όπως η ακετόνη, το χλωροφόρμιο, η αιθανόλη, η μεθανόλη, ο αιθυλεστέρας και το διμεθυλικό σουλφοξύδιο. Είναι σταθερές σε υψηλές θερμοκρασίες και δύσκολα αποδομούνται κατά την επεξεργασία των τροφίμων. Είναι σταθερές και σε συνθήκες ουδέτερου και οξικού pH, ενώ ταυτόχρονα δεν υδρολύονται στο στομάχι μετά την κατάποση. (Αλλαλάς Β., 1974)

Αντίθετα μπορούν να απενεργοποιηθούν υπό ισχυρά αλκαλικές συνθήκες, συνθήκες κατάλληλες να διασπάσουν τον εποξειδικό δακτύλιο των τριχοθηκινών.

Όσον αφορά την τοξικότητα των τριχοθηκινών έχουμε ότι η τοξική δράση των τριχοθηκινών οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη του χαρακτηριστικού εποξειδικού δακτυλίου, και δευτερευόντως στην ύπαρξη του διπλού δεσμού στους άνθρακες 9-10, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι το σπάσιμο του εποξειδικού δακτυλίου έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της μυκοτοξικογόνου ικανότητας των μορίων.

Η τοξικογόνος δράση των τριχοθηκινών αν και δεν είναι ακόμη απόλυτα κατανοητή, φαίνεται να σχετίζεται με την παρεμπόδιση της βιοσύνθεσης πρωτεϊνών, της βιοσύνθεσης του DNA και του RNA, στην παρεμπόδιση διαφόρων μιτοχονδριακών λειτουργιών, καθώς και στην παρεμπόδιση διαφόρων λειτουργιών του κυττάρου και των μεμβρανών.

Νεότερες έρευνες έχουν δείξει ότι αυτή η παρεμπόδιση των πρωτεϊνών οφείλεται στη σύνδεση της τοξίνης με το ένζυμο πεπτιδική τρανσφεράση, το οποίο αποτελεί τμήμα της ριβοσωματικής υπομονάδος των ριβοσωμάτων των θηλαστικών. Ειδικότερα οι τριχοθηκίνες επάγουν την παραγωγή τρυπτοφάνης, που με τη σειρά της αυξάνει την παραγωγή σεροτονίνης. Διαταράσσουν κατα αυτόν τον τρόπο τη δράση της τελευταίας στο κεντρικό νευρικό σύστημα, η οποία φαίνεται να συσχετίζεται με τα προβλήματα στην ορθή διατροφή των ζώων που παρουσιάζουν όταν καταναλώσουν τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε τριχοθηκίνες. (Eriksen & Pettersson, 2004; Technology, 2003)

Σε πειράματα διατροφής, τρωκτικά στα οποία χορηγήθηκαν τρόφιμα υψηλής περιεκτικότητας σε τριχοθηκίνες βρέθηκε ότι οι τριχοθηκίνες έχουν και τερατογόνο δράση, δεν παρατηρήθηκε όμως τυχόν ογκογόνος δράση. Τα συμπτώματα αλλά και η ευαισθησία των διαφόρων οργανισμών στην επίδραση των τριχοθηκινών εξαρτώνται τόσο από το είδος της τριχοθηκίνης, όσο και από τον οργανισμό. Σε γενικές γραμμές η πορεία της βιοσύνθεσης των τριχοθηκινών έχει ως εξής:

Αρχικά τρία μόρια οξικού οξέος συμπυκνώνονται και δίνουν μεβαλονικό. Από αυτό και μέσω σειράς βιοχημικών αντιδράσεων παράγεται το πυροφωσφορικό φαρνεσύλιο. Με την κυκλοποίηση του μορίου αυτού βιοσυντίθεται το τριχοδιένιο, το πρόδρομο μόριο των τριχοθηκινών, διαδικασία που καταλύεται από το ένζυμο συνθετάση του τριχοδιενίου.

Μετά από μια σειρά οξυγονώσεων, ισομεριώσεων, κυκλοποιήσεων, και εστεροποιήσεων των διαφόρων ενδιάμεσων προϊόντων, παράγεται το μόριο της 15-δεκαλονεκτρίνης. Από το στάδιο αυτό και έπειτα η βιοσυνθετική οδός των τριχοθηκινών διαχωρίζεται, αναλόγως της ομάδας των παραγόμενων τριχοθηκινών.

Από το μόριο της 15-δεκαλονεκτρίνης η βιοσύνθεση δύναται να ακολουθηθεί δύο μονοπάτια, αυτό που θα δώσει το μόριο της 3,15-Διδεκαλονεκτρίνης, το πρόδρομο μόριο της δεοξυνιβαλενόνης και των λοιπών τύπου-B τριχοθηκινών, καθώς και αυτό που θα δώσει το μόριο 3,15-Διακετοξυσκιρπενόλη, το πρόδρομο μόριο των τύπου-A τριχοθηκινών. Το πιο από τα δύο αυτά στάδια της βιοσύνθεσης θα ακολουθηθεί, σχετίζεται αποκλειστικά με το είδος του μύκητα, αν και η όλη διαδικασία δεν είναι απολύτως γνωστή. (Larsen J., 2004)

Τα ένζυμα τα οποία συμμετέχουν στη βιοσύνθεση των τριχοθηκινών, πέραν αυτού της συνθετάσης του τριχοδιενίου, δεν είναι γνωστά, καθώς πρόκειται για μόρια ασταθή και δύσκολα όσον αφορά την απομόνωσή τους. Παρ' όλα αυτά σύμφωνα με αποτελέσματα πειραμάτων χρήσης ενεργού οξυγόνου, υποστηρίζεται ότι τα ένζυμα που συμμετέχουν στις οξυγονώσεις κατά τη βιοσύνθεση των τριχοθηκινών, είναι μονοξυγενάσες ή διοξυγενάσες και συγκεκριμένα μονοξυγενάσες του κυτοχρώματος P-450. Πειράματα δε, με παρεμποδιστές του κυτοχρώματος P-450 παρεμπόδισαν σε σημαντικό βαθμό και τη βιοσύνθεση των τριχοθηκινών, ενισχύοντας την εικασία αυτή. (Desjardinis A., 1993).

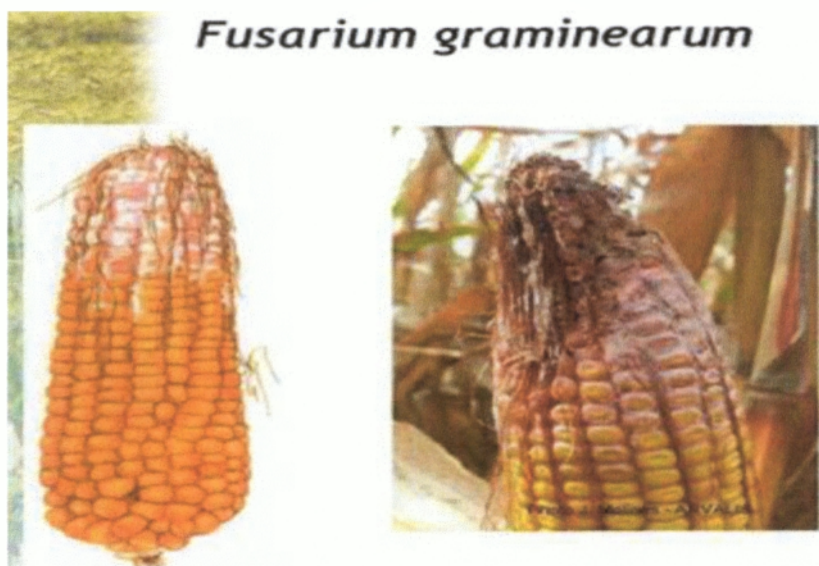
Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι τα καθοριστικά στάδια για την παραγωγή των τριχοθηκινών είναι αφενός η παραγωγή του τριχοδιενίου, το οποίο αποτελεί και το πρόδρομο μόριο για τη βιοσύνθεση των τριχοθηκινών, καθώς και αυτό της παραγωγής 15-δεκαλονεκτρίνης, από το οποίο θα εξαρτηθεί ποια ομάδα τριχοθηκινών θα παραχθεί από τον οργανισμό.) (Larsen J., 2004)

3. 4.1 ΔΕΟΞΥΝΙΒΑΛΕΝΟΝΗ (DON)

Η DON είναι πιθανόν το πιο συχνά ανιχνεύσιμο τριχοθηκένιο και η τοξίνη παράγεται κατά κύριο λόγο από το *F. graminearum* και το *F. culmorum*. Τα δύο είδη *Fusarium* είναι παθογόνα για τα φυτά και προκαλούν ξεσπάσματα *Fusarium* ερυσίβη (καλείται επίσης και σκωρία σιταριού). Τα πιο σοβαρά ξεσπάσματα της ασθένειας αυτής εμφανίζονται στα έτη με έντονες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια των εποχών άνθισης. Σε παγκόσμια κλίμακα, η DON έχει βρεθεί στο 57% των δειγμάτων σιταριού, στο 40% των δειγμάτων αραβοσίτου, στο 68% των δειγμάτων βρώμης, στο 59% των δειγμάτων κριθαριού, στο 49% των δειγμάτων σίκαλης και στο 27% των δειγμάτων του ρυζιού που έχουν αναλυθεί.

Η DON έχει βρεθεί, επίσης, σε προϊόντα σιταριού και αραβοσίτου όπως, παραδείγματος χάριν, στο αλεύρι, το ψωμί και τα δημητριακά πρωινού. Οι συγκεντρώσεις της DON σε τυχαία δείγματα δημητριακών παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία σε ετήσια βάση. Οι συγκεντρώσεις ποικίλουν από τιμές χαμηλότερες των ορίων ανίχνευσης (5-50 μg/kg) έως τιμές υψηλότερες και από τα 30 mg/kg. (Samar M.,2007).

Η δεοξυνιβαλενόνη (DON) αποτελεί τον κυριότερο εκπρόσωπο των τύπου B τριχοθηκινών, καθώς είναι η συχνότερη που απαντάται στα προϊόντα των σιτηρών, τα οποία προορίζονται τόσο για ανθρώπινη κατανάλωση, όσο και για την κτηνοτροφία. Είναι ευρύτερα γνωστή και ως βομιτοξίνη (vomitoxin), εξαιτίας του κυρίου συμπτώματος (εμετός) που προκαλείται στα οικόσιτα ζώα και κυρίως στους χοίρους, από την κατανάλωση τροφών που περιείχαν τη μυκοτοξίνη. (Kagia V., 2012)



Εικόνα 28: Προσβολή του καλαμποκιού από την δεοξυνιβαλενόνη και ζεαραλενόνη (Holmes G., 2009)

Κύριοι παραγωγοί της δεοξυνιβαλενόνης είναι τα είδη *Fusarium graminearum* και *Fusarium culmorum*, με το *Fusarium graminearum* να ευδοκίμει σε θερμότερα κλίματα με μέση ετήσια θερμοκρασία της τάξης των 25°C, το δε *Fusarium culmorum* ευδοκίμει σε ψυχρότερα κλίματα μέσης θερμοκρασίας της τάξης των 21°C. (Moss, 2002). Χαρακτηριστικό του μορίου της δεοξυνιβαλενόνης είναι η σταθερότητά του, όσον αφορά τη διακύμανση στη θερμοκρασία, καθώς ανθίσταται σε θερμοκρασίες ως και 240°C, στην οποία παρουσιάζει μείωση της τάξης του 20% σε σχέση με την αρχική της συγκέντρωση στο δείγμα. (Samar M., 2007).

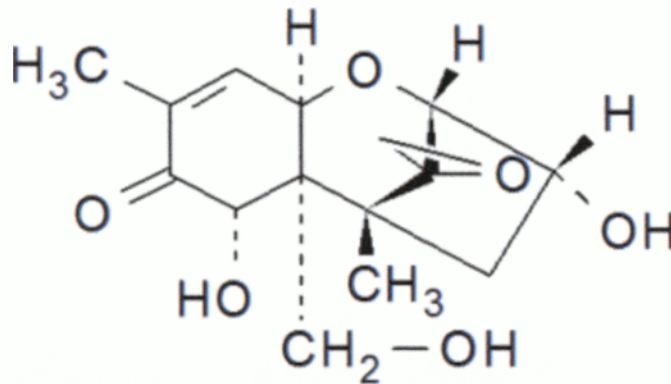
Είναι μόριο σταθερό σε ήπιο οξικό περιβάλλον, αλλά σχετικά ασταθές σε ήπιο αλκαλικό περιβάλλον. Στα προϊόντα απαντάται τόσο στην κύρια μορφή της, αυτή της δεοξυνιβαλενόνης, όσο και με τα κύρια παράγωγά της. Αναλόγως του ποια είναι τα κύρια παράγωγα που απαντώνται στα προϊόντα, τα στελέχη του παθογόνου *Fusarium graminearum* μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες-χημειότυπους.

Χημειότυπος I: Στελέχη που παράγουν δεοξυνιβαλενόνη και ως κύριο μεταβολίτη το παράγωγο 3-ακέτυλο-δεοξυνιβαλενόνη (3AcDON).

Χημειότυπος II: Στελέχη που παράγουν δεοξυνιβαλενόνη και ως κύριο μεταβολίτη το παράγωγο 15-ακέτυλο-δεοξυνιβαλενόνη (15AcDON).

Χημειότυπος III: Στελέχη που παράγουν δεοξυνιβαλενόνη και τη μυκοτοξίνη νιβαλενόνη. (Kagia V., 2012)

Η κατηγοριοποίηση των στελεχών σε αυτούς τους τρεις χημειοτύπους δεν είναι καθολικώς αποδεκτή, εξαιτίας του γεγονότος ότι το ίδιο στέλεχος σε διαφορετικές συνθήκες και ξενιστή, μπορεί να αλλάξει όσον αφορά την κύρια παραγωγή του κυρίου μεταβολίτη. Για παράδειγμα ενώ ένα στέλεχος παράγει κυρίως το μεταβολίτη 3AcDON, δύναται υπό συνθήκες να παράξει τον 15AcDON. (Samar M.,2007).



Εικόνα 29 : Χημική δομή της δεοξυनिβαλενόνης (Γδοντέλης Ν., 2008)

Η τοξική δράση της δεοξυनिβαλενόνης αν και δεν είναι πλήρως γνωστή, φαίνεται να οφείλεται στη πρόσδεσή της στις ριβοσωμικές υπομονάδες, προκαλώντας κατ' αυτόν τον τρόπο παρεμπόδιση της πρωτεϊνοσύνθεσης, καθώς και της έκφρασης πρωτεϊνικών κινασών που εμπλέκονται στη διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης, της διαφοροποίησης και της απόπτωσης. Διαδικασίες που με τη σειρά τους εμπλέκονται στη σεροτονεργική δραστηριότητα του περιφερειακού και κεντρικού νευρικού συστήματος, έχοντας ως αποτέλεσμα την εκδήλωση συμπτωμάτων που σχετίζονται με την ορθή διατροφή και θρέψη του οργανισμού. (Pestka J.,2005).

Τα κύρια συμπτώματα από την οξεία τοξικότητα στους ευαίσθητους οργανισμούς είναι γαστρικές διαταραχές, αυξημένη σιαλόρροια, αδιαθεσία, διοάρεια, έμετο και ανορεξία. Σε περιπτώσεις χρόνιας τοξικότητας τα συμπτώματα αφορούν και απώλεια βάρους, της επάρκειας σε θρεπτικά στοιχεία, της ανορεξίας και τελικώς σε ακραίες περιπτώσεις το θανάτου του οργανισμού.

Θεωρείται, όπως όλες οι τύπου Β τριχοθηκίνες, λιγότερο τοξική σε σχέση με τις τύπου Α τριχοθηκίνες (Τ-2). Παρόλα αυτά εμφανίζει αθροιστική δράση, έχοντας ως αποτέλεσμα σημαντική χρόνια τοξικότητα. (Yazar S., 2008).

Όλα τα είδη ζώων θεωρούνται ευαίσθητα στην επίδραση της δεοξυνιβαλενόνης, με την ευαισθησία να εξαρτάται κυρίως στις διαφορές μεταξύ των ειδών όσον αφορά τον τρόπο λήψης μολυσμένων με δεοξυνιβαλενόνη προϊόντων, την απορρόφηση της δεοξυνοβαλενόνης από τον οργανισμό, καθώς και το μεταβολισμό και αποδόμησή της από τους οργανισμούς. Με τις έως τώρα μελέτες, οι πλέον ευαίσθητοι οργανισμοί είναι οι χοίροι, με τα αρσενικά άτομα είναι πιο ευαίσθητα σε σχέση με τα θηλυκά.

Πέραν των δυσμενών επιπτώσεων στους οργανισμούς μελέτες έχουν δείξει και φυτοτοξική δράση της δεοξυνιβαλενόνης, συμβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο στην παθογένεια του ειδών που την παράγουν, όπως είναι το *Fusarium graminearum* και το *F. culmorum*. Τα συμπτώματα που προκαλούνται από τη δράση της δεοξυνιβαλενόνης είναι χλώρωση και νέκρωση των προσβεβλημένων ιστών καθώς και τελικά μάρανση και νέκρωσή τους. (Pestka J.,2005).

Όρια για τη δεοξυνιβαλενόνη δεν έχουν θεσπιστεί. Παρ' όλα η Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνει στα κράτη μέλη όρια για διάφορα προϊόντα, όπως (FAO/WHO, 2003). 2000 μg/kg για μη επεξεργασμένο σκληρό σίτο, κριθάρι και αραβόσιτος, 1500 μg/kg για άλλα μη επεξεργασμένα σιτηρά, 750 μg/kg για άλευρο ολικής αλέσεως, πίτουρα και ξηρά ζυμαρικά, 500 μg/kg για σιτηρά και λοιπών προϊόντων τους για άμεση ανθρώπινη κατανάλωση, 500 μg/kg για δημητριακά και σνακ αραβοσίτου και τέλος 100 μg/kg για δημητριακά και προϊόντα για τη βρεφική κατανάλωση. Το 1993 η IARC (International Agency Research Cancer) εκτίμησε τη δεοξυνιβαλενόνη ως πιθανό καρκινογόνο μόριο και την αξιολόγησε ότι ανήκει στο Group 3, δηλαδή χαρακτηρίστηκε ως μη καρκινογόνο μόριο για τους ανθρώπους. (Yazar S., 2008)

3.4.2 ΝΙΒΑΛΕΝΟΝΗ

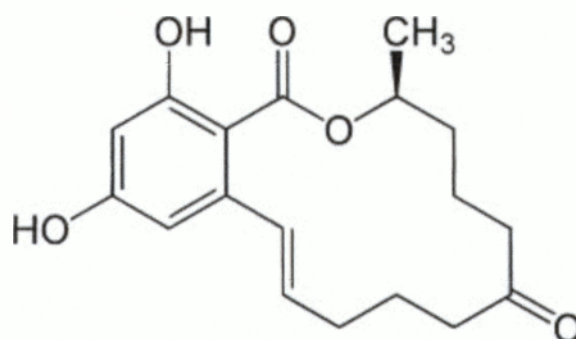
Η νιβαλενόλη είναι πιο κοινή στην Ευρώπη, την Αυστραλία και την Ασία απ' ό,τι στην Αμερική. Τόσο τα μέσα επίπεδα όσο και οι περιπτώσεις εμφάνισης των θετικών δειγμάτων της νιβαλενόλης είναι χαμηλότερες από αυτές της DON. (Ευαγγέλου Κ., 2012)

3. 4.3 ΤΟΞΙΝΗ T-2

Η τοξίνη T-2 έχει βρεθεί σε πολλά διαφορετικά προϊόντα, αλλά συχνά σε πολύ χαμηλές ποσότητες. Τα trichothecenes, όπως η τοξίνη T2, είναι μυκοτοξίνες που παράγονται από τους μύκητες του γένους *Fusarium*. Είναι συνήθως παρόντες στα τρόφιμα και την τροφή προέλευσης δημητριακών. Η τοξίνη T2 προκαλεί τη ζημία DNA και το θάνατο κυττάρων στην παρατεταμένη διοίκηση. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να εμποδιστούν μερικώς από τα αντιοξειδωτικούς, όπως το γλουταθειό, coenzyme Q10, ή το atocopherol. Αυξάνει την αιματοεγκεφαλική διαπερατότητα εμποδίων και εμποδίζει τη δραστηριότητα οξειδάσεων μονοαμίνης στον εγκέφαλο. (Βαλαβανίδης Θ., 2007)

3. 5 ΖΕΡΕΑΛΕΝΟΝΗ (ZEA)

Η ζεαραλενόνη (ZEA), παλαιότερα γνωστή ως F-2 τοξίνη και RAL τοξίνη, αποτελεί μια από τις πλέον διαδεδομένες μυκοτοξίνες. Παράγεται από διάφορα είδη του γένους *Fusarium* σε συνδυασμό με άλλες μυκοτοξίνες που παράγονται από αυτά, όπως για παράδειγμα οι τριχοθηκίνες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Ο χημικός της τύπος είναι: 3S,11E)-14,16-δωδροξυ-3-μεθυλ-3,4,5,6,9,10-εξαυδρο-1H- 2-βενζοχακυκλοτετρα-δεκίνη-1,7(8H)-διόνη. Ο συντακτικός της τύπος είναι ο C₁₈H₂₂O₅, ενώ το μοριακό της βάρος είναι 318,36. (Αναστασόπουλος Ν., 2007)



Εικόνα 30 : Χημικός τύπος ζεαραλενόνης (Γδοντέλης Ν., 2008)

Για πρώτη φορά βρέθηκε το 1927 από τον Buxton, ο οποίος δουλεύοντας με χοίρους, παρατήρησε διογκώσεις και αναστροφή του αιδοίου σε νεαρές χοιρομάνες. Μετέπειτα εργασίες φανέρωσαν, ότι το αίτιο της ασθένειας αυτής γνωστής ως

βουβοβαγκινίτιδας, ήταν η κατανάλωση τροφών που μολύνθηκαν με μύκητες του γένους *Fusarium*. (Buxton E., 1927),

Ειδικότερα η ασθένεια αυτή οφείλονταν στη δράση ουσίας που ονομάστηκε ζεαραλενόνη, παίρνοντας το όνομά της από την τέλεια μορφή του παθογόνου *Fusarium graminearum* από το οποίο απομονώθηκε για πρώτη φορά. (McEarlin B., 1952).

Ειδικότερα η ασθένεια αυτή οφείλονταν στη δράση ουσίας που ονομάστηκε ζεαραλενόνη, παίρνοντας το όνομά της από την τέλεια μορφή του παθογόνου *Fusarium graminearum* (*Giberella zea*) από το οποίο απομονώθηκε για πρώτη φορά.

Η Ζεαραλενόνη χαρακτηρίζεται ως οιστρογόνο μυκοτοξίνη εξαιτίας του τρόπου δράσης της. Έπειτα από την κατανάλωση τροφών που περιέχουν ζεαραλενόνη, η τελευταία μετατρέπεται ταχέως στα δύο ισομερή της, τη α-ζεαραλενόλη και τη β-ζεαραλενόνη. Η αντίδραση αυτή λαμβάνει χώρα κυρίως στο ήπαρ, καθώς το τελευταίο αποτελεί το όργανο μεταβολισμού των στεροϊδών. Τα ισομερή αυτά φέρουν χημική συγγένεια με το μόριο της 17β-εστραδιόλης, την κύρια φυλετική ορμόνη των θηλυκών ατόμων. Αυτή η χημική συγγένεια έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάστασή της στους οιστρογόνους υποδοχείς σε ιστούς, όπως είναι η μήτρα, το ήπαρ, ο υποθάλαμος και ο μαστικός αδένας (Ruhr L., 1983).

Για τη διερεύνηση της τοξικότητας της ζεαραλενόνης έχουν πραγματοποιηθεί σειρά πειραμάτων. Έχει βρεθεί ότι εμφανίζει χαμηλό κίνδυνο όσον αφορά στην οξεία τοξικότητά της (LD₅₀ 4000-20000 mg/kg: ουσία/βάρους ζώου), εμφανίζει όμως υψηλό κίνδυνο όσον αφορά τη χρόνια τοξικότητα, προκαλώντας αλλοιώσεις στο αναπαραγωγικό σύστημα, με ποικιλία συμπτωμάτων όπως αυξημένες αποβολές εμβρύων, μειωμένη γονιμότητα, γεγονός που σχετίζεται με την οιστρογόνο δράση της συγκεκριμένης μυκοτοξίνης.

Τα όρια τα οποία προτείνει η Ε.Ε. για τη ζεαραλενόνη είναι 50 ppb για ψωμί και ζυμαρικά, 75 ppb για προϊόντα σιτηρών ή αλεύρων εκτός του αραβοσίτου και 20 ppb τρόφιμα βασισμένα σε σιτηρά για παιδικές τροφές. Στις Η.Π.Α. εν αντιθέσει με την Ε.Ε. έχουν θεσπιστεί όρια για την ζεαραλενόνη. Στα προϊόντα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση τα θεσπισμένα όρια είναι της τάξης των 2 ppm για κονιορτοποιημένα προϊόντα αραβοσίτου, 4 ppm για ολικώς ή μερικώς αλεσμένα προϊόντα αραβοσίτου και 3 ppm στον αραβόσιτο για χρήση ως pop corn. Όσα προϊόντα προορίζονται για τη ζωική παραγωγή, τα όρια είναι 5 ppm για ίππους και

κουνέλια, 20 ppm για χοίρους και χρυσόψαρα, 30 ppm για πουλερικά και 10 ppm για όλα τα άλλα είδη και κατηγορίες ζώων. (Ruhr L., 1983)



Εικόνα 31 : Καλαμπόκι επίθεση από *Fusarium graminearum* , πηγή της ζεαραλενόνης και της δεοξονιβαλενόνη.(Brandley C.,2008)

Η βιοσύνθεση της Ζεαραλενόνης είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός μορίου ακέτυλο-συνενζύμου A (ακέτυλο-CoA) και 8 μορίων μαλονιλικού-συνενζύμου A (μάλονυλ-CoA). Αρχικώς το βιοσυνθετικό μονοπάτι καταλύεται από το ένζυμο FgPKS4, το οποίο καταλύει την συμπύκνωση ενός μορίου ακέτυλο-CoA και πέντε μορίων μάλονυλ-CoA, οπότε και προκύπτει ένα εξακετίδιο. Έπειτα στο εξακετίδιο δρα το ένζυμο FgPKS13, το οποίο είναι υπεύθυνο για την επιμήκυνση της πολυκετιδικής αλυσίδας, προσθέτοντας τρεις επιπλέον ακετιδικές μονάδες. Εν συνεχεία το μόριο υπόκειται σε δύο φάσεις ενδομοριακής κύκλωσης, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αρωματικού δακτυλίου και ενός μακρολυδικού δακτυλίου με έναν λακτονικό δεσμό, δίδοντας τελικά το μόριο της Ζεαραλενόνης. (Αποστολόπουλος N., 2007)

Τελικά η ζεαραλενόνη παράγεται μέσω της μετατροπής του μακρολυδικού δακτυλίου της ζεαραλενόλης σε μόριο ακετόνης, με τη δράση του ενζύμου ZEB2. Για τη βιοσύνθεση της Ζεαραλενόνης είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός μορίου ακέτυλο-συνενζύμου A (ακέτυλο-CoA) και 8 μορίων μαλονιλικού-συνενζύμου A (μάλονυλ-CoA).

Αρχικώς το βιοσυνθετικό μονοπάτι καταλύεται από το ένζυμο FgPKS4, το οποίο καταλύει την συμπύκνωση ενός μορίου ακέτυλο-CoA και πέντε μορίων μάλονυλ-CoA, οπότε και προκύπτει ένα εξακετίδιο. Έπειτα στο εξακετίδιο δρα το ένζυμο FgPKS13, το οποίο είναι υπεύθυνο για την επιμήκυνση της πολυκετιδικής

αλυσίδας, προσθέτοντας τρεις επιπλέον ακετιδικές μονάδες. Εν συνεχεία το μόριο υπόκειται σε δύο φάσεις ενδομοριακής κύκλωσης, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αρωματικού δακτυλίου και ενός μακρολυδικού δακτυλίου με έναν λακτονικό δεσμό, δίδοντας τελικά το μόριο της Ζεαραλενόλης. Τελικά η ζεαραλενόνη παράγεται μέσω της μετατροπής του μακρολυδικού δακτυλίου της ζεαραλενόνης σε μόριο ακετόνης, με τη δράση του ενζύμου ZEB2. (Ruhr L., 1983).

3.5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΔΕΟΞΥΝΙΒΑΛΕΝΟΝΗΣ ΖΕΡΕΑΛΕΝΟΝΗΣ

Οι μέθοδοι οι οποίες έχουν αναπτυχθεί για την ανίχνευση της δεοξυνιβαλενόνης, στηρίζονται τόσο σε κλασικές μεθόδους όπως είναι η μέθοδος της χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας, ενόργανες μέθοδοι ανάλυσης αλλά και ανοσολογικές μέθοδοι. Αρχικά για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί ανάλυση των τριχοθηκινών, και της ζεαραλενόνης χρειάζονται εκτενή στάδια συλλογής, απομόνωσης και καθαρισμού του δείγματος πριν οδηγηθεί σε ανάλυση, ώστε να απομακρυνθούν όσο το δυνατόν περισσότερες ουσίες που τυχόν μπλέκονται στην ανάλυση. Συνοπτικά τα στάδια αυτά έχουν ως εξής:

1) Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας. Πρόκειται για μια οικονομική και ταχεία μέθοδο που επιτρέπει τη διεξαγωγή αριθμού αναλύσεων σε σύντομο χρονικό διάστημα και με το μικρότερο δυνατό κόστος. Επειδή όμως οι τριχοθηκίνες απορροφούν ασθενώς στην υπεριώδη ακτινοβολία και έχει χαμηλό μήκος κύματος απορρόφησης ($\lambda_{max} = 220 \text{ nm}$) είναι απαραίτητο να ψεκάσκει με κατάλληλο παράγοντα. Τέτοιοι παράγοντες είναι για παράδειγμα η 4- παρα-νιτροβενζυλπυριδίνη, ή η νικοτιναμίδη σε συνδυασμό με 2-ακετυλοπυριδίνη, ενώ ο καλύτερος παράγοντας για την οπτικοποίηση της δεοξυνιβαλενόνης είναι ο χλωριούχος άργυρος. Αντίθετα το στάδιο αυτό δεν είναι υποχρεωτικό για τη ζεαραλενόνη. Παρά τα πλεονεκτήματά της, η μέθοδος έχει σημαντικά μειονεκτήματα. όπως το υψηλό σφάλμα της μεθόδου, όρια ανίχνευσης από 500ppb και άνω, που μόλις φτάνει τα κατώτερα όρια που έχει προτείνει η Ε.Ε., ενώ τέλος χαρακτηρίζεται και από υποκειμενικότητα στις παρατηρήσεις, καθώς τα αποτελέσματα λαμβάνονται από την χρήστη, εν ήδη ανιχνευτή. (Φραγκάκη Γ. 2007)

Αυτά τα χαρακτηριστικά αν και καθιστούν την μέθοδο πολύ καλή για ένα γρήγορο σκρινάρισμα των υπό εξέταση δειγμάτων, την καθιστούν μη επαρκή για την ακριβή ποσοτική τους ανάλυση. Έτσι καθίσταται προφανές ότι χρειάζονται πιο ακριβείς μέθοδοι για την ανάλυσή τους, διατηρώντας το κόστος στο κατά το δυνατόν πιο χαμηλό επίπεδο.

2) Τέτοιες μέθοδοι αποτελούν οι ενόργανες μέθοδοι ανάλυσης. Οι μέθοδοι ενόργανης ανάλυσης που έχουν αναπτυχθεί για την ανάλυση των τριχοθηκινών και της στηρίζεται σε μεθόδους αέριας (GC) και υγρής (LC) χρωματογραφίας. Όσον αφορά την αέρια χρωματογραφία προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι οι τριχοθηκίνες και η ζεαραλενόνη αποτελούν μη πτητικές ενώσεις. Έτσι καθίσταται απαραίτητη η παραγωγοποίησή τους ώστε να μετατραπούν σε πτητικά μόρια και να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στην αέρια χρωματογραφία. (Καλαμπόκης Ι., 2012)

Καλά αποτελέσματα λαμβάνονται όταν χρησιμοποιηθεί ως ανιχνευτής είτε ο ανιχνευτής σύλληψης ηλεκτρονίων (ECD) είτε ο ανιχνευτής μάζας (MS), καθώς και οι δύο ανιχνευτές πληρούν τα όρια ανίχνευσης που έχει προτείνει η Ε.Ε. (100 - 500 ppb). Παρά το χαμηλό όριο ανίχνευσης που επιτυγχάνεται με τη χρήση της αέριας χρωματογραφίας, το αναγκαίο στάδιο της παραγωγοποίησης των τριχοθηκινών αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα, καθώς η πιθανότητα κάποιου λάθους αυξάνει, είτε λόγω της ατελούς παραγωγοποίησης του δείγματος, είτε εξαιτίας της μη εκλεκτικής παραγωγοποίησής του, έχοντας ως αποτέλεσμα την ύπαρξη ουσιών που παρεμβάλλονται στην ανάλυση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο γίνεται προσπάθεια εύρεσης μιας μεθόδου που να μπορεί να την αντικαταστήσει. Σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση αυτή έχει επιτευχθεί με τη χρήση της υγρής χρωματογραφίας.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της υγρής χρωματογραφίας είναι η ανυπαρξία του σταδίου της παραγωγοποίησης των τριχοθηκινών ώστε να καταστούν πτητικές. Αυτό ακριβώς το πλεονέκτημα είναι και ο λόγος για τον οποίο γίνεται προσπάθεια να αντικαταστήσει τις έως τώρα μεθόδους που στηρίζονται στην αέρια χρωματογραφία. Συνήθως για τη ζεαραλενόνη χρησιμοποιείται ως ανιχνευτής ο φθοριζομετρικός, ενώ για τις τριχοθηκίνες ο ανιχνευτής UV-Vis, καθιστώντας όμως απαραίτητη προϋπόθεση την ύπαρξη χρωμοφόρου ομάδος στο μόριο, η οποία να απορροφά στο φάσμα του υπεριώδους ορατού. Τέτοια ομάδα αποτελεί η ακετυλομάδα (-C=O) που συνδέεται με τον C8 του μορίου των τύπου Β τριχοθηκινών και το οποίο δίδει φάσμα στα 220-225nm περίπου. Αντιθέτως οι type A τριχοθηκίνες δεν χαρακτηρίζονται από

την ύπαρξη κάποιας χρωμοφόρας ομάδος, οπότε και δεν μπορούν να αναλυθούν ως έχουν με την χρήση UV-vis ανιχνευτή. (Καλαμπόκης Ι., 2012)

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί μέσω της παραγωγοποίησης φθορισμού μετά τη χρωματογραφική στήλη. Παρόλα αυτά οι επιδόσεις από διάφορα τέτοια συστήματα παραγωγοποίησης είναι χαμηλά και γι' αυτό κρίνονται ως ανεπαρκή για την αντικατάσταση των GC Μεθόδων.

Με τον συνδυασμό MS ανιχνευτών σε LC συστήματα (LC-MS), έχει δοθεί μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική μέθοδος για την ανίχνευση των τριχοθικινών, έχοντας ως κύριο χαρακτηριστικό την αναγνώριση των τριχοθικινών δίχως την οποιαδήποτε παραγωγοποίηση και σε πολύ χαμηλά επίπεδα της τάξης ακόμη και μεταξύ 1 -40ppt. Σημαντικό μειονέκτημα όμως της μεθόδου LC-MS αποτελεί το έως τώρα πολύ υψηλό κόστος απόκτησης και χρήσης αυτών των μηχανημάτων. (Φραγκάκη Γ., 2007)

Από τα προηγούμενα γίνεται αντιληπτό ότι οι τριχοθικίνες αποτελούν μόρια που εμφανίζουν δυσκολίες όσον αφορά την ανίχνευση και τον προσδιορισμό τους. Αυτή η δυσκολία καθώς και η ανυπαρξία έως τώρα κάποιας αξιόπιστης μεθόδου ανάλυσής τους αποτελεί και τον λόγο για τον οποίο δεν έχουν θεσπιστεί όρια από τις Η.Π.Α. και την Ε.Ε. παρά τη σοβαρότητά τους. (Καλαμπόκης Ι., 2012)

Για πρώτη φορά βρέθηκε το 1927 από τον Buxton, ο οποίος δουλεύοντας με χοίρους, παρατήρησε διογκώσεις και αναστροφή του αιδοίου σε νεαρές χοιρομάνες. Μετέπειτα εργασίες φανέρωσαν, ότι το αίτιο της ασθένειας αυτής γνωστής ως βουβοβαγκνίτιδας, ήταν η κατανάλωση τροφών που μολύνθηκαν με μύκητες του γένους *Fusarium*. Ειδικότερα η ασθένεια αυτή οφείλονταν στη δράση ουσίας που ονομάστηκε ζεαραλενόνη, παίρνοντας το όνομά της από την τέλεια μορφή του παθογόνου *Fusarium graminearum* από το οποίο απομονώθηκε για πρώτη φορά. (Φραγκάκη Γ., 2007)

3.6 ΩΧΡΑΤΟΞΙΝΗ Α.

Η Ωχρατοξίνη Α παράγεται κατά την αποθήκευση σπόρων δημητριακών. Η κύρια πηγή πρόσληψης Ωχρατοξίνης Α είναι διαμέσου των τροφών οι οποίες παράγονται από τα δημητριακά. Η θερμοκρασία και η υγρασία του καρπού είναι οι κύριοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την παραγωγή Ωχρατοξίνης Α.

Η αποτελεσματική διαχείριση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του καρπού μπορούν να μειώσουν το κίνδυνο μόλυνσης με Ωχρατοξίνη Α. (Λιόλιου Ε., 2009)

Οι ορθές πρακτικές αποθήκευσης είναι ο βασικός μηχανισμός μείωσης της Ωχρατοξίνης Α στα δημητριακά και στα προϊόντα τους. Οι ορθές πρακτικές αποθήκευσης περιλαμβάνουν:

- Καλή συντήρηση και υγιεινή κατάσταση των αποθηκευτικών χώρων.
- Γρήγορη ξήρανση του καρπού σε επίπεδα υγρασίας κάτω του 18%.
- Διατήρηση της υγρασίας του καρπού σε χαμηλά επίπεδα.
- Συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης του καρπού.

Η Ωχρατοξίνη Α δύναται να παραχθεί από ένα αριθμό μυκήτων, όπως τα είδη του γένους *Aspergillus* και *Penicillium*, σε ένα εύρος καλλιεργειών. Οι μύκητες αυτοί συναντώνται σε αποθήκες σιτηρών και δύναται να συσσωρευτούν σε παλιούς καρπούς και σκόνη η οποία παραμένει και συσσωρεύεται σε μηχανήματα και τοίχους από προηγούμενες σοδειές. Κατά τη συγκομιδή, τη μεταφορά την είσοδο και την παραμονή του στις αποθήκες, η νέα σοδειά μπορεί να μολυνθεί από αυτό το μύκητα. (Λιόλιου Ε., 2009)



Εικόνα 32: Μεταφορά στο χώρο αποθήκευσης (AllBiz, 2013)

Όπως όλοι οι μικροοργανισμοί, έτσι και αυτοί οι μύκητες αναπτύσσονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Οι ανάγκες σε θερμοκρασία και υγρασία για την ανάπτυξη του μύκητα και παραγωγή Ωχρατοξίνης Α είναι παραπλήσιες με αυτές που αποθηκεύονται οι καρποί.

Η διαθεσιμότητα σε νερό για τους μικροοργανισμούς υπολογίζεται βάση της υδατοικανότητας. Η υδατοικανότητα του αποταγμένου νερού είναι 1,0. Σε περιβάλλον συνεχούς υγρασίας η διαθεσιμότητα του νερού μειώνεται καθώς μειώνεται και η θερμοκρασία. Βάση των παραπάνω, η διατήρηση των σπόρων σε σταθερά δροσερό περιβάλλον δεν μειώνει απλά τη δράση των μυκήτων αλλά επίσης μειώνει τη δραστηριότητα τους λόγω δυσκολίας πρόσληψης νερού. Όσο πιο δροσερό και ξηρά είναι το περιβάλλον τόσο πιο αργός είναι ο ρυθμός παραγωγής της τοξίνης. Η χαμηλότερη θερμοκρασία για παραγωγή τοξινών είναι 3°C και η ελάχιστη υγρασία είναι 18%. Μείωση για παραγωγή της ωχρατοξίνης Α. (Λιόλιου Ε., 2009)



Εικόνα 33 : Σιλό, Αποθήκες (AIBiz, 2013)

Η συγκέντρωση της Ωχρατοξίνης Α μπορεί να μειωθεί ακολουθώντας τους παρακάτω σημαντικούς κανόνες:

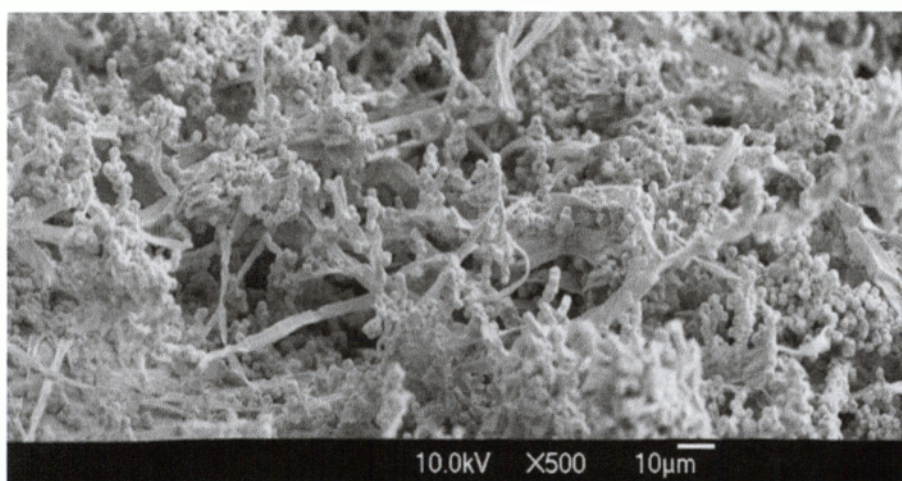
- Καλές συνθήκες υγιεινής κατά την αποθήκευση.
- Σωστή περίοδος κοπής.
- Εξασφάλιση ικανής επιφάνειας ξήρανσης
 - Γρήγορη ξήρανση
 - Δροσερό περιβάλλον.
- Συνέχιση της ξήρανσης σε δροσερές συνθήκες.
- Παρακολούθηση θερμοκρασιών και υγρασίας του καρπού.
- Έλεγχος των εντόμων. (Χριστιάς Χ., 1999)

Για τη διασφάλιση της ασφάλειας των καταναλισκόμενων τροφίμων η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2002, καθιέρωσε μέγιστα όρια για την Ωχρατοξίνη Α σε ξηρά σταφύλια, δημητριακούς καρπούς και σε προϊόντα με βάση τα δημητριακά. Ο καφές, ο χυμός σταφυλιού και το κρασί περιελήφθησαν στα προϊόντα αυτά το 2008 με τον κανονισμό 1881/2006. Τα μέγιστα όρια καθορίστηκαν βάση της έκθεσης που έχουν οι άνθρωποι στην Ωχρατοξίνη Α σε σχέση με τις οδηγίες ασφαλείας για την συγκεκριμένη τοξίνη, λαμβάνοντας υπόψη τι μπορεί να επιτευχθεί από άποψη Ορθών Πρακτικών σε όλα τα στάδια της παραγωγής. (Λιόλιου Ε., 2009)

Από τη στιγμή που οι συνθήκες αλλάζουν κατά την διάρκεια του έτους είναι πιο σωστό να γίνεται χρήση ενός υπολογιστικού μοντέλου όπου θα υπολογίζει το χρόνο ασφαλούς αποθήκευσης λαμβάνοντας υπόψη την υγρασία και τη θερμοκρασία.

Αν ο καρπός αποθηκευτεί για περισσότερη διάρκεια από ότι είχε προβλεφθεί είναι καλό να εξετάζεται για Ωχρατοξίνη Α.

Η συγκέντρωση της Ωχρατοξίνης Α σε υποθηκευμένους καρπούς εξαρτάται από τη συγκέντρωση του *Penicillium verrucosum* και τις συνθήκες αποθήκευσης. Ο καθαρισμός των αποθηκών καθώς και του εξοπλισμού μειώνει το ποσοστό του μύκητα που μπορεί να μεταφερθεί σε καινούργιο καρπό. (Λιόλιου Ε., 2009) (Χριστιάς Χ., 1999)



Εικόνα 34 :Τα κονίδια του *Penicillium verrucosum* στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Timlick B.,2013)

Αν ο καρπός ξεραθεί γρήγορα σε ποσοστά υγρασίας κάτω από 18% και μετά κάτω από 15% και διατηρηθεί σε αυτά τα επίπεδα τότε ο κίνδυνος για μόλυνση από την τοξίνη μειώνεται. Αν οι συνθήκες που επικρατούν δεν επιτρέπουν την ξήρανση του καρπού η ύπαρξη μεγάλο απόθεμα καρπού οποίος δεν έχει ξεραθεί στα επιθυμητά επίπεδα είναι καλό να διατηρείται σε δροσερό περιβάλλον μέχρι τη ξήρανση του. (Λιόλιου Ε., 2009)

Ορθές πρακτικές αποθήκευσης:

- Διασφάλιση καλού σχεδιασμού των αποθηκών και της συντήρησής τους.
- Καθαρισμός των μηχανημάτων και των αποθηκών.
- Σωστή συντήρηση του εξοπλισμού.
- Ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών.
- Γρήγορη ξήρανση σε επίπεδα κάτω από 18% υγρασία.
- Διατήρηση του καρπού σε θερμοκρασίες κάτω από 15°C.
- Ξήρανση μέχρι 15°C υγρασίας για μακρά αποθήκευση.
- Κατά τους χειμερινούς μήνες διατήρηση του καρπού κάτω από 5.
- Συνεχής παρακολούθηση της θερμοκρασία και της υγρασίας του καρπού.
- Χρήση παγίδων.
- Οι αποθήκες πρέπει να σχεδιάζονται λαμβάνοντας υπόψη την παραγόμενη ποσότητα.
- Πρέπει να έχουν επαρκές ύψος και αερισμό για αποφυγή της επαναπορρόφησης της υγρασίας από το επιφανειακό καρπό.
- Οι είσοδοι του αέρα πρέπει να διατηρούνται συνεχώς ανοιχτοί για να εξασφαλίζετε η ροή του αέρα.
- Οι αποθήκες πρέπει να παραμένουν σε καλή κατάσταση ώστε να εξασφαλίζετε η αποφυγή εισόδου νερού/ υγρασίας μέσα στη αποθήκη. Όταν υπάρχουν υψηλό ποσοστά υγρασίας ο καρπός μπορεί να μουχλιάσει. καρπός ο οποίος είναι εμφανώς προσβεβλημένος είναι πιθανόν να έχει υψηλή συγκέντρωση μυκοτοξίνης και για το λόγο αυτό πρέπει να απομακρύνεται άμεσα. (Χριστιάς Χ., 1999)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΖΗΜΙΕΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΣΤΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ ΟΙ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ *FUSARIUM*, ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

4.1. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ *FUSARIUM*

Οι τοξίνες από μύκητες του γένους *Fusarium* είναι ευρέως κατανεμημένες στην τροφική αλυσίδα. Οι κύριες πηγές πρόσληψης τοξινών από μύκητες *Fusarium* μέσω της τροφής είναι τα προϊόντα που παρασκευάζονται από δημητριακά, και ιδίως από σίτο και αραβόσιτο. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Ενώ οι τιμές πρόσληψης τοξινών από μύκητες *Fusarium* μέσω της τροφής στο σύνολο του πληθυσμού και στους ενήλικες είναι συνήθως μικρότερες από την αντίστοιχη ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (ΑΗΠ), σε ομάδες κινδύνου όπως τα βρέφη και τα μικρά παιδιά οι τιμές πρόσληψης προσεγγίζουν ή ακόμη και υπερβαίνουν την ανεκτή ημερήσια πρόσληψη σε ορισμένες περιπτώσεις. Όσον αφορά ειδικότερα τη δεσοξυνιβαλενόλη, οι τιμές της πρόσληψης μέσω της τροφής στην ομάδα των μικρών παιδιών και των εφήβων προσεγγίζουν την ανεκτή ημερήσια πρόσληψη. Για την ζεαραλενόνη, πρέπει να δοθεί προσοχή στις ομάδες πληθυσμού που δεν εντοπίζονται στο εν λόγω καθήκον και μπορεί να έχουν τακτικά υψηλή κατανάλωση προϊόντων με υψηλή επίπτωση επιμόλυνσης με ζεαραλενόνη. Όσον αφορά τις φουμονισίνες, τα αποτελέσματα του ελέγχου επί της συγκομιδής του 2003 καταδεικνύουν ότι ο αραβόσιτος και τα προϊόντα με βάση τον αραβόσιτο ενδέχεται να έχουν επιμολυνθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις φουμονισίνες.

Οι μέγιστες τιμές ανοχής για τις τοξίνες *Fusarium* στα δημητριακά και τα προϊόντα δημητριακών λαμβάνουν υπόψη την τοξικολογική αξιολόγηση που διενεργήθηκε, το πόρισμα της εκτίμησης της έκθεσης και τη δυνατότητα επίτευξης των τιμών αυτών.

Ωστόσο, αναγνωρίζεται ότι πρέπει να καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια για να μειωθεί περαιτέρω η παρουσία των τοξινών *Fusarium* στα δημητριακά και τα προϊόντα δημητριακών.

Η παρουσία τοξινών *Fusarium* σε προϊόντα για ζωοτροφές μπορεί να έχει τοξικές επιπτώσεις σε όλα τα ζωικά είδη, επηρεάζοντας την υγεία των ζώων, αν και η ευαισθησία των διαφόρων ζωικών ειδών παρουσιάζει σημαντικές διαφορές.

Με σκοπό την προστασία της υγείας των ζώων και την αποφυγή αρνητικών συνεπειών στην παραγωγή ζωικού κεφαλαίου, είναι επίσης σημαντικό να προληφθεί και να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η παρουσία τοξινών *Fusarium* σε δημητριακά και προϊόντα δημητριακών για ζωοτροφές.

Κατά συνέπεια, πρέπει να ενθαρρυνθεί η υιοθέτηση ορθών πρακτικών στην αλυσίδα των δημητριακών, έτσι ώστε να προληφθεί και να μειωθεί η επιμόλυνση με τοξίνες *Fusarium*, με την εφαρμογή ομοιόμορφων αρχών. Η πλήρης εφαρμογή των αρχών που ορίζονται στην παρούσα σύσταση εκτιμάται ότι θα συμβάλει στην πρόσθετη μείωση των τιμών επιμόλυνσης.

Τα κράτη μέλη να λαμβάνουν υπόψη τις ομοιόμορφες αρχές που ορίζονται στο παράρτημα, όταν λαμβάνουν μέτρα που απευθύνονται στους υπευθύνους επιχειρήσεων στην αλυσίδα των δημητριακών, έτσι ώστε να ελέγχουν και να διαχειρίζονται την επιμόλυνση των δημητριακών με τοξίνες *Fusarium*.

Μια ποικιλία μυκήτων του γένους *Fusarium*, οι οποίοι απαντούν συχνά στο έδαφος, μπορεί να παράγει διάφορες μυκοτοξίνες της κατηγορίας των τριχοθισινών, όπως δεσοξυνιβαλενόλη (DON), νιβαλενόλη (NIV), τοξίνη T-2 καθώς και ορισμένες άλλες τοξίνες, όπως ζεαραλενόνη και φουμονισίνες. Οι μύκητες του γένους *Fusarium* απαντούν συνήθως σε δημητριακά που καλλιεργούνται στις εύκρατες περιοχές της Αμερικής, της Ευρώπης και της Ασίας. Αρκετοί από τους τοξινογόνους μύκητες του γένους *Fusarium* είναι ικανοί να παράγουν σε διαφορετικό βαθμό δύο ή περισσότερες από αυτές τις τοξίνες. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Παρότι δεν είναι προς το παρόν εφικτή η πλήρης εξάλειψη των προϊόντων που έχουν επιμολυνθεί με μυκοτοξίνες, επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της παρουσίας των εν λόγω τοξινών με την εφαρμογή ορθών γεωργικών πρακτικών. Οι παρούσες αρχές για την πρόληψη και τη μείωση των τοξινών *Fusarium* αποσκοπούν στην παροχή ομοιόμορφης καθοδήγησης σε όλα τα κράτη μέλη, που να λαμβάνεται υπόψη κατά την προσπάθεια ελέγχου και διαχείρισης της επιμόλυνσης με τις εν λόγω μυκοτοξίνες. Για να είναι αποτελεσματικές οι αρχές αυτές, οι παραγωγοί σε κάθε κράτος μέλος πρέπει, προτού δοκιμάσουν να εφαρμόσουν τις γενικές αυτές αρχές, να τις εξετάσουν υπό το πρίσμα των τοπικών καλλιεργειών τους, του κλίματος και των αγρονομικών πρακτικών.

Είναι σημαντικό οι παραγωγοί να διαπιστώσουν ότι οι ορθές γεωργικές πρακτικές (ΟΓΠ) αποτελούν την πρωτοβάθμια γραμμή ελέγχου της μόλυνσης δημητριακών με τοξίνες *Fusarium*, ακολουθούμενες από την εφαρμογή ορθών πρακτικών παραγωγής (ΟΠΠ) κατά τη μεταχείριση, αποθήκευση, μεταποίηση και διανομή των δημητριακών για ανθρώπινη διατροφή και ζωοτροφές. Κατά την κατάρτιση εθνικών κωδίκων πρακτικής με βάση τις γενικές αρχές, η σύνταξη ειδικών κωδίκων πρακτικής για επιμέρους είδη δημητριακών θα βελτιώσει την εφαρμοσιμότητα, ιδίως για καλλιέργειες όπως ο αραβόσιτος.

Οι αρχές αυτές περιγράφουν παράγοντες που ευνοούν τη μόλυνση από τοξίνες καθώς και την ανάπτυξη και την παραγωγή τοξινών σε καλλιέργειες δημητριακών στο επίπεδο της εκμετάλλευσης καθώς και τις μεθόδους για τον έλεγχό τους. Πρέπει να τονιστεί ότι οι στρατηγικές που ακολουθούνται για τη φύτευση, πριν από τη συγκομιδή και μετά από αυτή για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα εξαρτηθούν από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και θα έχουν ως γνώμονα τις τοπικές καλλιέργειες και τις τρέχουσες μεθόδους παραγωγής σε μια συγκεκριμένη χώρα ή περιοχή.

Κατά συνέπεια, όλοι όσοι συμμετέχουν στην αλυσίδα παραγωγής πρέπει να διενεργούν τακτικά τη δική τους εκτίμηση κινδύνου για να αποφασίζουν το εύρος των μέτρων που πρέπει να λαμβάνονται με σκοπό την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση της επιμόλυνσης με τοξίνες *Fusarium*.

Οι εκτιμήσεις αυτές είναι ιδιαίτερα κατάλληλες όσον αφορά τον τύπο της καλλιέργειας, όπως είναι ο σίτος ή ο αραβόσιτος. Οι οδοί μόλυνσης και η δυναμική της δημιουργίας τοξινών διαφέρουν μεταξύ των καλλιεργειών και επηρεάζονται από αγρονομικούς παράγοντες. Τα συστήματα καλλιέργειας με αμειψισπορά στην οποία περιλαμβάνεται ο αραβόσιτος παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο.

Ο αραβόσιτος και άλλα δημητριακά που καλλιεργούνται στις αμειψισπορές αυτές ή σε μικρή απόσταση από παρόμοιες καλλιέργειες απαιτούν επίσης προσεκτική διαχείριση και επιθεώρηση.

Η επιμόλυνση δημητριακών με τοξίνες *Fusarium* μπορεί να οφείλεται σε σειρά παραγόντων. Οι ορθές πρακτικές δεν μπορούν να ελέγξουν όλους αυτούς τους παράγοντες, όπως για παράδειγμα τις κλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, δεν έχουν όλοι οι παράγοντες την ίδια σημασία και οι διαφορετικοί αυτοί παράγοντες μπορεί να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους προκαλώντας επιμόλυνση με τοξίνες *Fusarium*.

Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να υιοθετηθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αντιμετώπιση όλων των πιθανών παραγόντων κινδύνου με τεκμηριωμένο τρόπο. Συγκεκριμένα, πρέπει να αποτρέπεται η σώρευση διαφόρων παραγόντων κινδύνου δεδομένης της δυνατής αλληλεπίδρασης μεταξύ τους.

Επίσης, έχει ιδιαίτερη σημασία να αναφέρεται η εμπειρία από τα προηγούμενα έτη όσον αφορά την πρόληψη και το σχηματισμό μυκήτων και τοξινών *Fusarium*, έτσι ώστε να χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των μέτρων που πρέπει να ληφθούν με σκοπό την πρόληψη του σχηματισμού *Fusarium* κατά τα προσεχή έτη. Πρέπει να θεσπιστούν διαδικασίες για την κατάλληλη μεταχείριση των καλλιεργειών στα δημητριακά που μπορεί να απειλήσουν την υγεία του ανθρώπου ή/και των ζώων, μέσω του διαχωρισμού, της ανανέωσης, της ανάκλησης ή της τροποποίησης χρήσης τους. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Οι αρχές που καθορίζονται παρακάτω ασχολούνται με τους κύριους παράγοντες για τον έλεγχο της επιμόλυνσης με τοξίνες *Fusarium* στο έδαφος. Τα πιο σημαντικά μέτρα είναι τα ακόλουθα: αμειψισπορά, διαχείριση του εδάφους, επιλογή των ποικιλιών ή των υβριδίων και ακριβής χρήση των μυκητοκτόνων.

Η αμειψισπορά αποτελεί γενικά έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης του κινδύνου επιμόλυνσης ανάλογα με το μυκητιακό στέλεχος και την ποικιλία της καλλιέργειας. Έχει ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα για τη μείωση της επιμόλυνσης ιδίως στα χειμερινά δημητριακά.

Οι καλλιέργειες εκτός του χόρτου που δεν είναι ξενιστές ειδών *Fusarium* τα οποία προσβάλλουν τα δημητριακά, όπως τα γεώμηλα, τα ζαχαρότευτλα, το τριφύλλι, η μηδική ή τα λαχανικά, πρέπει να χρησιμοποιούνται σε αμειψισπορά με σκοπό τη μείωση του μολύσματος στο έδαφος. Η σπορά διαδοχικών καλλιεργειών δημητριακών μικρών κόκκων, όπως ο σίτος, πρέπει να γίνεται μόνον ύστερα από αξιολόγηση των κινδύνων μόλυνσης με *Fusarium*.

Η σημαντική αλληλεπίδραση που έχει διαπιστωθεί μεταξύ της προηγούμενης καλλιέργειας και της διαχείρισης του εδάφους έχει καταδείξει τη σημασία των φυτικών υπολειμμάτων ξενιστή για τον κύκλο ζωής των παθογόνων που ευθύνονται για τη φουζαρίωση του στάχυος. Όταν μετά από έναν ξενιστή *Fusarium spp.*, όπως ο αραβόσιτος ή τα δημητριακά, ακολούθησε καλλιέργεια σίτου, τα επίπεδα της DON ήταν υψηλότερα. Βρέθηκαν ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις DON, όταν η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν αραβόσιτος, καθώς αποτελεί εναλλακτικό ξενιστή του *Fusarium graminearum*, ο οποίος, ως γνωστόν, συνιστά ισχυρό παραγωγό DON.

Ωστόσο, τα επίπεδα της DON σε καλλιέργειες σίτου ύστερα από ξενιστή *Fusarium* ήταν σημαντικά χαμηλότερα όταν το έδαφος των καλλιεργειών είχε οργωθεί από ό,τι όταν είχε γίνει ελάχιστη καλλιέργεια. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Πρέπει να επιλέγονται τα υβρίδια ή οι ποικιλίες που ταιριάζουν καλύτερα στο έδαφος, τις κλιματικές συνθήκες και τις συνήθειες αγρονομικές πρακτικές. Έτσι, θα μειωθεί η πίεση (στρες) των φυτών και η καλλιέργεια θα είναι λιγότερο επιδεκτική στην προσβολή από μύκητες. Στην κάθε περιοχή πρέπει να φυτεύονται μόνον ποικιλίες που συνιστώνται για χρήση στο αντίστοιχο κράτος μέλος ή στη συγκεκριμένη περιοχή του κράτους μέλους αυτού. Όταν είναι διαθέσιμες, ενδείκνυται η καλλιέργεια ποικιλιών σπόρων ειδικά αναπτυγμένων έτσι ώστε να είναι ανθεκτικές σε μύκητες που προσβάλλουν τους σπόρους και στα επιβλαβή έντομα.

Η επιλογή ποικιλίας για την ανοχή της στη μόλυνση με *Fusarium* πρέπει επίσης να βασίζεται στον κίνδυνο που υπάρχει να σημειωθεί η μόλυνση. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Στο μέτρο των υφιστάμενων πρακτικών δυνατοτήτων, η καλλιέργεια πρέπει να προγραμματίζεται έτσι ώστε να αποφεύγονται κλιματικές συνθήκες που παρατείνουν την ωρίμανση στον αγρό πριν από τη συγκομιδή. Η πίεση της ξηρασίας πρέπει επίσης να θεωρείται ως παράγοντας κινδύνου για τη μόλυνση με *Fusarium*.

Πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολικά πυκνή διάταξη των φυτών και να τηρούνται οι σειρές και τα διαστήματα μεταξύ των φυτών που συνιστώνται για τα καλλιεργούμενα είδη/ποικιλίες. Πληροφορίες ως προς τη διάταξη των φυτών μπορούν να δοθούν από τις εταιρείες παραγωγής σπόρων.

Κατά την καλλιέργεια πρέπει να λαμβάνονται δεόντως υπόψη οι κίνδυνοι διάβρωσης και η ανάγκη σωστής διαχείρισης της γης. Οποιαδήποτε πρακτική με αποτέλεσμα την απομάκρυνση, καταστροφή ή ταφή των μολυσμένων υπολειμμάτων καλλιέργειας, όπως το όργωμα, είναι πιθανόν να μειώσει το μόλυσμα *Fusarium* για την επόμενη καλλιέργεια. Το έδαφος πρέπει να καλλιεργηθεί για να διαμορφωθεί μια ανώμαλη επιφάνεια ή μια τραχεία επιφάνεια σποράς, έτσι ώστε να βοηθηθεί η διήθηση του νερού και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους και των συναφών θρεπτικών συστατικών. Σε περίπτωση οργώματος, ο βέλτιστος χρόνος όργωσης στο πλαίσιο της αμειψισποράς είναι μεταξύ δύο ειδών που είναι ευαίσθητα σε *Fusarium*. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Όταν αυτό είναι δυνατό και εφαρμόσιμο από πρακτική άποψη, η επιφάνεια σποράς πρέπει να προετοιμάζεται για κάθε νέα καλλιέργεια με όργανο του εδάφους κάτω από τις παλιές ταξικαρπίες ή με την απομάκρυνση των παλαιών σταχυών, των στελεχών και άλλων υπολειμμάτων της συγκομιδής που μπορεί να αποτελέσαν ή μπορούν ενδεχομένως να αποτελέσουν υποστρώματα για την ανάπτυξη μυκήτων που παράγουν μυκοτοξίνες. Σε περιοχές που είναι ευάλωτες στη διάβρωση, μπορεί να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων κατεργασίας του εδάφους που προστατεύουν το περιβάλλον, έτσι ώστε να συγκρατηθεί το έδαφος.

Στην περίπτωση αυτή, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαχείριση των υπολειμμάτων συγκομιδής που μπορεί να αποτελέσουν την πηγή πιθανής επιμόλυνσης της επόμενης καλλιέργειας με μύκητες *Fusarium*: τα υπολείμματα συγκομιδής πρέπει να αλέθονται όσο το δυνατόν καλύτερα κατά ή μετά τη συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας και να ενσωματώνονται στο έδαφος έτσι ώστε να διευκολύνεται η αποσύνθεσή τους (φυτική επικάλυψη για προστασία του ριζικού συστήματος). (Επίσημη Εφημερίδα, 2006)

Τα φυτά πρέπει να υφίστανται όσο το δυνατόν μικρότερη πίεση. Πίεση μπορεί να ασκήσουν πολλοί παράγοντες, όπως η ξηρασία, το κρύο, η έλλειψη θρεπτικών συστατικών και η ανεπιθύμητη αντίδραση σε υλικά που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια. Στην προσπάθεια περιορισμού της πίεσης των φυτών, για παράδειγμα λόγω του ποτίσματος, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την ελαχιστοποίηση του επακόλουθου κινδύνου μόλυνσης με μύκητες, π.χ. με την αποφυγή του ποτίσματος με ψεκασμό κατά την άνθηση. Η άρδευση αποτελεί αξιόλογη μέθοδο μείωσης της πίεσης που ασκείται στα φυτά σε ορισμένες καταστάσεις της καλλιέργειας. Η βέλτιστη παροχή θρεπτικών συστατικών έχει καίρια σημασία για την αποφυγή αδυναμιών, οι οποίες μπορεί να ευνοήσουν τη μόλυνση με *Fusarium*, αλλά και να μειώσουν το πλάγιασμα της καλλιέργειας. Πρέπει να εξασφαλίζεται η παροχή θρεπτικών συστατικών ανάλογα με την κάθε περιοχή και τη συγκεκριμένη καλλιέργεια. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Δεν υπάρχουν αποδείξεις για τυχόν επιπτώσεις του ελέγχου των εντόμων στην ξήρανση γενικά των ταξιανθιών (σταχυών) των δημητριακών. Ωστόσο, ο έλεγχος των εντόμων στον αραβόσιτο μπορεί να μειώσει την επίπτωση της σήψης του στάχους του αραβόσιτου και την επακόλουθη περιεκτικότητα του αραβόσιτου σε φουμονισίνη.

Η επεξεργασία των σπόρων με μυκητοκτόνα είναι αποτελεσματική κατά πολλών σπορογενών και εδαφογενών τύπων ξήρανσης των σποροφύτων καθώς και σήψης του σπόρου. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Πρέπει να εφαρμόζονται, όσο το δυνατόν περισσότερο, προληπτικά μέτρα για την ελαχιστοποίηση της προσβολής από μύκητες και της βλάβης που προξενούν τα έντομα στην καλλιέργεια και, εάν κρίνεται απαραίτητο, μπορούν να χρησιμοποιούνται εγκεκριμένα και καταχωρισμένα εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα για τον έλεγχο των τοξινογόνων μυκήτων *Fusarium* σύμφωνα με τις συστάσεις των κατασκευαστών. Σε περίπτωση που δεν ενδείκνυται η χρήση παρασιτοκτόνων, πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλες πρακτικές στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου ή βιολογικού προγράμματος για τη διαχείριση των επιβλαβών οργανισμών.

Πρέπει να τονιστεί ότι η έγκαιρη χρήση μυκητοκτόνων έχει καίρια σημασία για την αντιμετώπιση της προσβολής από μύκητες και θα πρέπει να βασίζεται στα μετεωρολογικά δελτία ή/και στις έρευνες σχετικά με τις καλλιέργειες.

Συχνά η μόλυνση γίνεται κατά την ανθοφορία, κάτι που σημαίνει ότι μπορούν να παραχθούν μυκοτοξίνες. Εάν σε μεταγενέστερο στάδιο διαπιστωθούν μύκητες και μυκοτοξίνες στην καλλιέργεια, ο τρόπος χειρισμού, ανάμειξης και χρήσης του καρπού πρέπει να αντικατοπτρίζει το γεγονός αυτό.

Τα είδη *Fusarium* έχουν απομονωθεί από ένα ευρύ φάσμα χόρτων και ειδών πλατύφυλλων ζιζανίων και έχει διαπιστωθεί ότι η υψηλή πυκνότητα ζιζανίων προκαλεί αύξηση της μόλυνσης με *Fusarium*. Τα ζιζάνια στην καλλιέργεια πρέπει να καταπολεμούνται με μηχανικές μεθόδους ή με τη χρήση εγκεκριμένων ζιζανιοκτόνων ή με άλλες ασφαλείς και κατάλληλες πρακτικές καταπολέμησής τους.

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία το πλάγιασμα έχει σημαντικές επιπτώσεις στα επίπεδα τοξινών *Fusarium* στον καρπό. Κατά συνέπεια, κατά τη συγκομιδή πρέπει να αποφεύγονται τα πλαγιασμένα φυτά, ιδίως εάν ο καρπός είναι υγρός και φέρει ορατά τα πρώτα σημάδια βλάστησης. Πρέπει να αποφεύγεται το πλάγιασμα της καλλιέργειας με την προσαρμογή της αναλογίας σπόρου, την ορθή χρήση λιπασμάτων και τη χρήση ουσιών που ρυθμίζουν την ανάπτυξη των φυτών, όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο. Πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική βράχυνση του βλαστού. Εάν είναι δυνατόν, πρέπει να προσδιορίζονται οι καταστάσεις υψηλού κινδύνου με τη χρήση υπηρεσιών παρακολούθησης του καιρού και των ασθενειών. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Η ποιότητα του καρπού πρέπει να αξιολογείται πριν από τη συγκομιδή χωρίς να λησμονούνται οι περιορισμοί της αντιπροσωπευτικής δειγματοληψίας καθώς και της ταχείας επιτόπιας ανάλυσης. Όπου αυτό είναι δυνατόν, συνιστάται ο διαχωρισμός της καλλιέργειας σε τμήματα, όπως για τα πλαγιασμένα φυτά, για τα οποία είναι γνωστό ή υπάρχουν υποψίες ότι παρουσιάζουν μόλυνση με *Fusarium* σε υψηλά επίπεδα. Εάν είναι πρακτικά δυνατόν, να διαχωρίζεται ο καρπός με γνώμονα αφενός τις απαιτήσεις της ποιότητας εμπορίας, όπως ποιότητα για την παραγωγή ψωμιού ή ποιότητα για τις ζωοτροφές, και αφετέρου της ποιότητας του καρπού στον αγρό, όπως πλαγιασμένη καλλιέργεια, υγρασία, καθαρότητα ή ξηρότητα.

Όπου αυτό είναι δυνατόν, η συγκομιδή του καρπού να γίνεται όταν υπάρχει η κατάλληλη περιεκτικότητα σε υγρασία. Η καθυστερημένη συγκομιδή της καλλιέργειας που έχει ήδη μολυνθεί από είδη *Fusarium* μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας του καρπού σε μυκοτοξίνες. Πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα εφαρμογής διαδικασιών, όπως είναι η έγκαιρη διαθεσιμότητα των πόρων ξήρανσης του καρπού, σε περίπτωση που η συγκομιδή δεν μπορεί να γίνει με την ιδανική περιεκτικότητα σε υγρασία. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Πριν από τη συγκομιδή πρέπει να εξασφαλίζεται ότι το σύνολο του εξοπλισμού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη συγκομιδή και την αποθήκευση του καρπού είναι έτοιμο προς χρήση. Μια βλάβη κατά την κρίσιμη αυτή περίοδο μπορεί να προξενήσει απώλειες στην ποιότητα του καρπού και να ενισχύσει την ανάπτυξη μυκοτοξινών. Στην εκμετάλλευση πρέπει να φυλάσσονται διαθέσιμα ανταλλακτικά για να ελαχιστοποιείται ο χρόνος που απαιτούν τυχόν επισκευές. Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι ο εξοπλισμός που απαιτείται για τις μετρήσεις του ποσοστού υγρασίας είναι διαθέσιμος και έχει βαθμονομηθεί.

Κατά τη συγκομιδή πρέπει να αποφεύγονται όσο το δυνατόν περισσότερο οι μηχανικές βλάβες στον καρπό και η επαφή με το έδαφος. Οι μικροί, συρρικνωμένοι καρποί μπορεί να περιέχουν υψηλότερα ποσά μυκοτοξινών από ό,τι οι υγιείς κανονικοί καρποί. Η απομάκρυνση των συρρικνωμένων καρπών με τη σωστή ρύθμιση της θεριζοαλωνιστικής μηχανής ή ο καθαρισμός μετά από τη συγκομιδή για την αφαίρεση των κατεστραμμένων κόκκων καθώς και του ξένου υλικού μπορεί να συμβάλει στη μείωση του επιπέδου των μυκοτοξινών.

Παρότι ορισμένες διαδικασίες καθαρισμού των καρπών, όπως η διαλογή σπόρου κατά βάρος, μπορεί να απομακρύνουν ορισμένους μολυσμένους κόκκους, οι κόκκοι που δεν παρουσιάζουν συμπτώματα μόλυνσης δεν μπορούν να αφαιρεθούν με τις συνήθεις μεθόδους καθαρισμού. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Είτε κατά τη συγκομιδή ή αμέσως μετά πρέπει να καθορίζονται τα επίπεδα υγρασίας του καρπού. Τα δείγματα που λαμβάνονται για τις μετρήσεις της υγρασίας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά. Εάν κρίνεται απαραίτητο, ο καρπός πρέπει να ξηραίνεται όσο το δυνατόν συντομότερα, έτσι ώστε να προσεγγίζει την περιεκτικότητα σε υγρασία που συνιστάται για την αποθήκευση του εν λόγω καρπού.

Κατά τη συγκομιδή υγρών καρπών που πρέπει να υποστούν ξήρανση, όπως ισχύει ιδίως στην περίπτωση του αραβόσιτου, η περίοδος μεταξύ της συγκομιδής και της ξήρανσης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη. Κατά συνέπεια, σε παρόμοιες περιπτώσεις η συγκομιδή πρέπει να προγραμματίζεται ανάλογα με τις δυνατότητες των ξηραντηρίων.

Τα δημητριακά πρέπει να ξηραίνονται έτσι ώστε τα επίπεδα υγρασίας να είναι μικρότερα από τα επίπεδα που απαιτούνται για την ανάπτυξη μούχλας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Ενεργότητα του νερού κάτω του 0,65 αντιστοιχεί γενικά σε περιεκτικότητα σε υγρασία κατώτερη του 15 %. Οι εθνικοί κώδικες πρέπει να καθορίζουν ειδικότερες οδηγίες για τα επίπεδα υγρασίας ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες αποθήκευσης. Αυτό είναι απαραίτητο για την πρόληψη της ανάπτυξης μιας σειράς ειδών μυκήτων που μπορεί να είναι παρόντες σε νοπούς καρπούς.

Σε περίπτωση που τα υγρά δημητριακά πρέπει να αποθηκευτούν πριν από την ξήρανση, υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης μούχλας μετά από μερικές ημέρες, γεγονός που μπορεί να έχει ως επακόλουθο την αύξηση της θερμοκρασίας των δημητριακών. Τα δημητριακά πρέπει να ξηραίνονται έτσι ώστε η βλάβη στους καρπούς να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Η σόρευση υγρών προϊόντων πρόσφατης συγκομιδής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη πριν από την ξήρανση ή τον καθαρισμό, έτσι ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης μυκήτων. Οι υγροί καρποί πρέπει να αερίζονται για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση πριν από τη διαδικασία ξήρανσης. Όπου αυτό είναι πρακτικώς δυνατό, οι παρτίδες των δημητριακών με διαφορετικούς κινδύνους επιμόλυνσης δεν πρέπει να αναμειγνύονται. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Για να μειωθεί η διακύμανση του ποσοστού υγρασίας σε μία παρτίδα, οι καρποί μπορούν να μετακινούνται σε άλλη εγκατάσταση ή σιλό ύστερα από τη διαδικασία ξήρανσης.

Για προϊόντα που συσκευάζονται σε σάκους, πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι τελευταίοι είναι καθαροί, στεγνοί και ότι στοιβάζονται σε παλέτες ή ότι μεταξύ των σάκων και του δαπέδου μεσολαβεί ένα αδιάβροχο επίπεδο.

Όπου αυτό είναι δυνατόν, ο καρπός πρέπει να αερίζεται με την κυκλοφορία του αέρα στον χώρο αποθήκευσης, έτσι ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται σε κατάλληλα και ομοιόμορφα επίπεδα στο σύνολο του χώρου αποθήκευσης.

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης πρέπει να ελέγχονται σε τακτά διαστήματα η περιεκτικότητα σε υγρασία και η θερμοκρασία στον αποθηκευμένο καρπό. Η ύπαρξη οσμής μπορεί να συνεπάγεται θέρμανση του καρπού, ιδίως εάν η αποθήκη είναι κλειστή. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης πρέπει να μετράται η θερμοκρασία του αποθηκευμένου καρπού σε διάφορα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να συνεπάγεται ανάπτυξη μικροβίων ή/και προσβολή εντόμων. Τα εμφανώς μολυσμένα τμήματα του καρπού πρέπει να ξεχωρίζονται και να αποστέλλονται δείγματα προς ανάλυση. Ύστερα από το ξεχώρισμα πρέπει να μειώνεται η θερμοκρασία στον υπόλοιπο καρπό και να γίνεται αερισμός. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση μολυσμένων καρπών για την παραγωγή τροφίμων ή ζωοτροφών. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Πρέπει να χρησιμοποιούνται ορθές διαδικασίες διαχείρισης για να ελαχιστοποιείται η παρουσία εντόμων και μυκήτων στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Οι διαδικασίες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν τη χρήση κατάλληλων καταχωρισμένων εντομοκτόνων και μυκητοκτόνων ή κατάλληλων εναλλακτικών μεθόδων. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, έτσι ώστε να επιλέγονται μόνο τα χημικά που δεν θα αποβούν επιβλαβή ή επιζήμια για τους καρπούς ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση τους και τα οποία θα πρέπει να υπόκεινται σε αυστηρούς περιορισμούς.

Η χρήση ενός κατάλληλου, εγκεκριμένου συντηρητικού, για παράδειγμα οργανικών οξέων, όπως το προπιονικό οξύ, μπορεί να ωφελήσει τα δημητριακά που προορίζονται για ζωοτροφές. Το προπιονικό οξύ και τα άλατά του είναι μυκητοστατικά και μερικές φορές χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση υγρών καρπών στην εκμετάλλευση ύστερα από τη συγκομιδή, έτσι ώστε να αποφεύγεται η

θέρμανση και η δημιουργία μούχλας πριν από την επεξεργασία. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Πρέπει να εφαρμόζονται με ταχύτητα και με τη βοήθεια του κατάλληλου εξοπλισμού, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται η ομοιόμορφη κάλυψη της συνολικής παρτίδας του καρπού προς επεξεργασία και παράλληλα η πλήρης ασφάλεια των χειριστών. Εάν οι καρποί με υγρασία υπέστησαν επεξεργασία ύστερα από μια περίοδο αποθήκευσης, η παρουσία συντηρητικού δεν αποτελεί εγγύηση για τη μη μόλυνσή τους.

Τα εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς πρέπει να είναι στεγνά και να μην φέρουν ορατά σημάδια ανάπτυξης μυκήτων, εντόμων και άλλο μολυσμένο υλικό. Όταν κρίνεται απαραίτητο, τα εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς πρέπει να καθαρίζονται και να απολυμαίνονται πριν από τη χρήση και πριν από την εκ νέου χρήση τους και να είναι κατάλληλα για το προβλεπόμενο φορτίο. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι χρήσιμα εγκεκριμένα καπνογόνα ή εντομοκτόνα. Κατά την εκφόρτωση τα εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς πρέπει να αδειάζονται από όλο το φορτίο και να καθαρίζονται κατάλληλα.

Τα φορτία του καρπού πρέπει να προστατεύονται από τη δημιουργία πρόσθετης υγρασίας με τη χρήση καλυμμένων ή αεροστεγών εμπορευματοκιβωτίων ή αδιάβροχων καλυμμάτων. Πρέπει να αποφεύγονται οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας καθώς και ενέργειες που μπορούν να προκαλέσουν συμπύκνωση στην επιφάνεια των καρπών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό τοπικής υγρασίας και στην επακόλουθη ανάπτυξη μυκήτων και στη δημιουργία μυκοτοξινών.

Πρέπει να αποφεύγεται η προσβολή από έντομα, πτηνά και τρωκτικά κατά τη διάρκεια της μεταφοράς με τη χρήση εντομοστεγών και τρωκτικοστεγών εμπορευματοκιβωτίων καθώς και με άλλες κατάλληλες μεθόδους και, εάν κρίνεται απαραίτητο, με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας με εντομοαπωθητικά και τρωκτικοαπωθητικά προϊόντα, εφόσον αυτά είναι εγκεκριμένα για την προβλεπόμενη χρήση του καρπού. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

4.2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ

Για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που προκύπτουν από τις μυκοτοξίνες η πρόληψη είναι η προτιμότερη μέθοδος απαλλαγής. Μερικές πρακτικές που φαίνεται να περιορίζουν την προσβολή των φυτικών προϊόντων από μύκητες στο χωράφι και στους χώρους αποθήκευσης είναι οι εξής:

- 1) χρήση καλής ποιότητας σπόρου,
- 2) χρήση υβριδίων που είναι ανθεκτικά σε έντομα και μύκητες,
- 3) έλεγχος του εδάφους πριν τη σπορά της νέας φυτείας για παρουσία υπολειμμάτων φυτικών μερών της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου προσβεβλημένων με μύκητες,
- 4) εναλλαγή καλλιεργειών,
- 5) κατάλληλη άρδευση της φυτείας σε περιόδους θερμού και ξηρού καιρού ώστε να μην καταπονούνται τα φυτά
- 6) καταπολέμηση ζιζανίων,
- 7) βιολογική καταπολέμηση με συγγενείς μύκητες που δεν παράγουν τοξίνες,
- 8) χρήση εγκεκριμένων εντομοκτόνων για περιορισμό του πληθυσμού των εντόμων,
- 9) αποφυγή μηχανικής ζημιάς των σπόρων κατά τη συγκομιδή,
- 10) γρήγορη και κατάλληλη αποξήρανση των σπόρων, ώστε να μειωθεί το ποσοστό υγρασίας τους σε ασφαλή επίπεδα (12-13% για δημητριακούς και 17% για ελαιούχους σπόρους)
- 11) κατάλληλη ενσίρωση (συμπίεση του υλικού για δημιουργία αναερόβιου περιβάλλοντος, προσθήκη γαλακτοβάκιλων για μείωση του pH), (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

12) κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης : καθαρός εξοπλισμός (ταϊστρες-σιλό κλπ), καθαροί και κλειστοί χώροι αποθήκευσης ώστε να αποτρέπουν την είσοδο βροχής - εντόμων - πουλιών - τ τρωκτικών (δίχτυα σε παράθυρα), καλή κυκλοφορία του αέρα σε όλη την επιφάνεια του υλικού, διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας & υγρασίας, χρήση εγκεκριμένων για μείωση πληθυσμού εντόμων, τρωκτικών που είναι φορείς μυκήτων, προκαλούν μηχανικές βλάβες στους σπόρους ευνοώντας την προσβολή από μύκητες, αυξάνουν τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας ενώ τα περιττώματά τους είναι υποστρώματα για ανάπτυξη μυκήτων,

13) χρήση συντηρητικών ουσιών που μειώνουν το pH (οργανικά οξέα),

14) συστηματικός οπτικός έλεγχος για παρουσία μούχλας,

15) συστηματική και αντιπροσωπευτική δειγματοληψία του υλικού και διεξαγωγή χημικών αναλύσεων για μυκοτοξίνες,

16) απομάκρυνση της σκόνης και ξένων υλών,

17) διατήρηση αποθεμάτων σιτηρών για μικρά χρονικά διαστήματα,

18) απομάκρυνση της ζωοτροφής που έχει προσκολληθεί στα τοιχώματα των αποθηκευτικών χώρων (άναμμα του σπόρου). (Επίσημη εφημερίδα, 2006)

4.3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ.

Όταν οι πρώτες ύλες έχουν προσβληθεί από μυκοτοξίνες, η εξάλειψη του προσβληθέντος προϊόντος είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για να αποφευχθούν τα προβλήματα που θα ακολουθήσουν μετά την κατανάλωσή του. Το κόστος όμως που συνεπάγεται η ολική αντικατάσταση αυτών των υλικών έχει ως αποτέλεσμα να μην εφαρμόζεται η τεχνική αυτή τόσο συχνά. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Η απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των μυκοτοξινών από μια προσβεβλημένη ζωοτροφή επιτυγχάνεται με φυσικές, χημικές & βιολογικές μεθόδους.

Οι χημικές διεργασίες περιλαμβάνουν την επεξεργασία με οξύ ή με άλλες χημικές ουσίες, την αμμωνιοποίηση, την οξωνοποίηση, την αντίδραση με άλλα τροφικά πρόσθετα όπως το δισουλφιδικό νάτριο και δείχνουν θετικά αποτελέσματα. Οι φυσικές διεργασίες περιλαμβάνουν την θερμική απενεργοποίηση, την ακτινοβολήση. Οι βιολογικές μέθοδοι συμπεριλαμβάνουν την αποδόμηση της τοξίνης από μικροοργανισμούς κερδίζουν συνεχώς το ερευνητικό ενδιαφέρον και παρουσιάζουν θετικά αποτελέσματα. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Για τα προσβεβλημένα με μυκοτοξίνες υλικά ζωοτροφών μια μέθοδος απομάκρυνσης ή αποτοξικοποίησης για να είναι επιτυχημένη πρέπει: α) να απομακρύνει, καταστρέφει και εξουδετερώνει αποτελεσματικά την μυκοτοξίνη, β) να μην παράγει τοξικά ή καρκινογόνα και μεταλλαξιογόνα κατάλοιπα στην ζωοτροφή ή στα ζωικά προϊόντα που προέρχονται από τα ζώα που καταναλώνουν τέτοιες ζωοτροφές, γ) να μην αλλοιώνουν τις διαθρεπτικές ιδιότητες της τροφής δ) να είναι οικονομικά συμφέρουσες.

Επειδή όμως σπάνια οι φυσικές, χημικές, βιολογικές μέθοδοι επιτυγχάνουν το 100% των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων ή επειδή σπάνια γίνονται οι κατάλληλοι έλεγχοι για τον εντοπισμό των μολυσμένων ζωοτροφών μια άλλη πρακτική που εφαρμόζεται είναι η χρήση διατροφικών μη-θρεπτικών συμπληρωμάτων που έχουν ιδιότητες απομάκρυνσης των μυκοτοξινών. Μια αποτελεσματική απομονωτική ουσία είναι αυτή που αποτρέπει ή ελαχιστοποιεί την απορρόφηση της τοξίνης από τον γαστρεντερικό σωλήνα του ζώου. Μια ουσία για να είναι αποτελεσματική πρέπει αφενός να απομακρύνει όσο το δυνατόν περισσότερα είδη μυκοτοξινών και αφετέρου να μην καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό στο συνολικό σιτηρέσιο. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Οι κυριότερες κατηγορίες μη θρεπτικών ουσιών απομάκρυνσης μυκοτοξινών είναι :

α) Ο ενεργοποιημένος άνθρακας. Ο ενεργός άνθρακας προέρχεται από ξυλοκάρβουνο (charcoal), φλοιό καρύδας (coconut carbon) ή από ορυκτό άνθρακα (bituminous coal) και διατίθεται στις εξής μορφές: κοκκώδη (granular), κυλινδρική (extruded / pellet) και σκόνη (powder). Κατά τον 19ο αιώνα χρησιμοποιήθηκε ευρέως κατά τις οξείες δηλητηριάσεις. Ο ενεργοποιημένος άνθρακας μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικός για την εξουδετέρωση της αφλατοξίνης ή άλλων μυκοτοξινών, αν και πιθανώς είναι πιο κατάλληλος σαν αντίδοτο σε μια οξεία δηλητηρίαση.

β) Ορυκτά του πυριτίου. Είναι η μεγαλύτερη και πιο πολύπλοκη ομάδα απομονωτικών ουσιών των μυκοτοξινών. Οι ουσίες αυτές όταν διαβραχούν στον γαστρεντερικό σωλήνα του ζώου δεσμεύουν αυτούσιες τις μυκοτοξίνες και κυρίως την αφλατοξίνη Β1. Σε αυτή την κατηγορία ανοίκουν δυο σημαντικές ομάδες, η φυλλοπυριτική και η τεκτοπυριτική. Οι άργιλοι ανήκουν στην φυλλοπυριτική ομάδα και συμπεριλαμβάνουν ουσίες όπως οι μπετονίτες, ο ατταπουλγίτης (ο ατταπουλγίτης χρησιμοποιείται στις ζωοτροφές ως συνεκτικό μέσο). Στις τεκτοπυριτικές ουσίες ανήκουν οι ζεολίτες.

γ) Η χοληστεραμίνη. Είναι μια ένωση που χρησιμοποιείται στην ιατρική για απορρόφηση των οξέων της χολής στο γαστρεντερικό σωλήνα και σαν θεραπεία για την μείωση της χοληστερόλης. Σε αρκετές μελέτες η χοληστεραμίνη έδειξε ότι μπορεί να απομονώσει την ωχρατοξίνη και τη σεαραλενόνη.

δ) Η χλωροφυλλίνη. Η χλωροφυλλίνη είναι το υδατοδιαλυτό παράγωγο της χλωροφύλλης των φυτών και είναι αποτελεσματική στη μείωση της τοξικότητας που προέρχεται από την αφλατοξίνη. Η αντιοξειδωτική δράση της χλωροφυλλίνης είναι υπεύθυνη για τις χημειοπροστατευτικές ιδιότητες της χλωροφύλλης. Η ένωση μεταξύ της χλωροφυλλίνης και της αφλατοξίνης είναι ο κύριος μηχανισμός που ευθύνεται για τη χημειοπροστασία και από αυτή την ένωση δημιουργείται μια αδιάλυτη ουσία που μοιάζει με άλας και η οποία στη συνέχεια αποβάλλεται.

ε) Παράγωγα του τοιχώματος των ζυμομηκύτων (*saccharomyces cerevisiae*). Τα παράγωγα του τοιχώματος των ζυμομηκύτων δεσμεύουν τις μυκοτοξίνες στο γαστρεντερικό σωλήνα αποτρέποντας τη μετάβασή τους στην κυκλοφορία του αίματος και κατ' επέκταση στα διάφορα όργανα-στόχους των τοξινών. Η απορροφητική δυνατότητα του συμπλέγματος των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων της ζύμης προσφέρει μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση στους οργανικούς απορροφητές. Οι μπετονίτες και ο ενεργοποιημένος άνθρακας γενικά χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες στις ζωοτροφές (μεγαλύτερο του 1,0% του σιτηρέσιου). (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Γενικά είναι σημαντικό τα μη-θρεπτικά πρόσθετα των τροφών να καταλαμβάνουν όσο το δυνατόν μικρότερο ποσοστό στο σιτηρέσιο, διότι υψηλά επίπεδα συμμετοχής μπορεί να αυξήσουν την απομονωτική δυνατότητα και να μειωθεί η βιοδιαθεσιμότητα άλλων σημαντικών θρεπτικών ουσιών. Σε αντίθεση τα παράγωγα του κυτταρικού τοιχώματος της ζύμης επιτρέπουν την χρήση τους σε πολύ χαμηλά ποσοστά (μικρότερα από 0,1% του σιτηρεσίου), λόγω της υψηλής σχέσης προς την τοξίνη και της απορροφητικότητας. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

Επιπλέον, τα παράγωγα αυτά έχουν ικανότητα δέσμευσης μεγάλου εύρους μυκοτοξινών, σταθερότητα σε ευρύ πεδίο pH, υψηλή δυνατότητα προσρόφησης μεγάλων συγκεντρώσεων μυκοτοξινών, ταχεία δράση (εντός 30 λεπτών).

Τα ασφαλή όρια πρόσληψης μυκοτοξινών από τον άνθρωπο δεν έχουν διερευνηθεί ακόμη πλήρως, παρ' όλα αυτά υπάρχουν όρια στις σχετικές νομοθεσίες για κάποιες μυκοτοξίνες σε κάποια τρόφιμα. (αφλατοξίνες στο γάλα, ζεαραλεόνη στα σιτηρά, κ.ά.). Στον παγκόσμιο επιδημιολογικό χάρτη έχουν καταγραφεί νοσήματα που αποδίδονται στην κατανάλωση τροφίμων με παρουσία μυκοτοξινών. Μια τέτοια περίπτωση είναι η ενδημική νεφροπάθεια των Βαλκανίων, για την οποία ενοχοποιείται η λήψη ωχρατοξίνης Α. (Επίσημη Εφημερίδα ,2006)

4.4 Επίδραση στην υγεία του ανθρώπου και των ζώων

Οι δημητριακοί καρποί αποτελούν σημαντικό μέρος τόσο του ανθρώπινου διατροφολογίου, όσο και εκείνου των αγροτικών ζώων και χρησιμοποιούνται συστηματικά από τη βιομηχανία ζωοτροφών. Ο άνθρωπος μολύνεται άμεσα από την κατανάλωση μολυσμένων προϊόντων φυτικής προέλευσης ή έμμεσα από την κατανάλωση μολυσμένων προϊόντων ζωικής προέλευσης. Η παγκόσμια εξάπλωση του προβλήματος των μυκοτοξικών, η επικινδυνότητα για τη υγεία του ανθρώπου και των ζώων και οι οικονομικές απώλειες της κτηνοτροφικής παραγωγής καθιστούν την έρευνα για τις μυκοτοξίνες επίκαιρη και αναγκαία. (Υπουργείο Οικονομικών, 1971)

Η έκθεση του ανθρώπου και των ζώων σε μύκητες (ευρώτας, μούχλα) μπορεί να οδηγήσει σε μυκοτοξίκωση (mycotoxicosis), μια παθολογική κατάσταση που μπορεί να εκδηλωθεί με μια μεγάλη ποικιλία συμπτωμάτων όπως :

- Αναπνευστική δυσκολία, βήχας, φτάρνισμα, ρινίτιδα
- Διαταραχές στις τιμές χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων
- Δυσκολία στην κατάποση, αίσθημα πνιγμού, βλενώδη πτύελα
- Υψηλή πίεση, ρινορραγίες
- Κάψιμο στο λάρυγγα και στους πνεύμονες
- Έντονη εφίδρωση κατά τον ύπνο
- Ναυτία, διάρροια, οξείς κοιλιακοί πόνοι
- Καρδιακή αρρυθμία
- Πόνοι στη κύστη, στο ήπαρ, στο σπλήνα ή στα νεφρά
- Χρόνια κόπωση
- Οδυνηρή ούρηση, σκοτεινόχρωμα ούρα
- Προβλήματα όρασης
- Ασθματικές καταστάσεις
- Βοή στα αυτιά, προβλήματα ισορροπίας, βαρηκοΐα
- Άσχημη γεύση στο στόμα
- Πνευμονίες, πνευμονικά οιδήματα
- Πρησμένοι λεμφαδένες
- Απότομες μεταβολές σωματικού βάρους
- Προβλήματα θυρεοειδούς
- Απώλεια τριχοφυΐας, εύθραυστα νύχια
- Αναφυλαξία, αλλεργίες κάθε είδους
- Αστάθεια στη βάδιση
- Πονοκέφαλοι
- Προβλήματα στο αναπαραγωγικό σύστημα - Αποβολές
- Δυσκολία στην ομιλία, άνοια
- Μυική δυσκαμψία
- Απώλεια μνήμης
- Καρκίνοι
- Άγχος, κατάθλιψη, ταχυκαρδία, σύγχυση, κόπωση
- Θάνατος σε ακραίες περιπτώσεις .(Δημητρίου Χ., 2009)

Επιδράσεις στην υγεία των ζώων

Από Ωχρατοξίνες: Υπάρχουν τρεις τύποι Ωχρατοξινών, η Α, Β και Γ. Η Ωχρατοξίνη Α θεωρείται ως η πιο τοξική. Αποτελεί κατά κύριο λόγο δευτερογενές προϊόν του μεταβολισμού των μυκήτων *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium viridicatum* και *P. verrucosum*. Ψηλά επίπεδα Ωχρατοξινών συναντώνται στους δημητριακούς καρπούς και στο μηδικάλευρο. Η κατανάλωση ζωοτροφών επιμολυσμένων αποκλειστικά με Ωχρατοξίνη Α ενδέχεται να προκαλέσει τα εξής:

- Νεφροπάθεια
 - Χειροτέρευση του συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής
 - Μείωση της αυγοπαραγωγής και της εκκολαυσιμότητας των αυγών
 - Μείωση του ρυθμού ανάπτυξης –νέκρωση των νεφρών και του ήπατος
 - Τερατογονία
 - Εμβρυϊκή θνησιμότητα
 - Μεγάλη απώλεια βάρους
 - Πολυδιψία-Πολυουρία
 - Αιματηρά στίγματα στον κρόκο του αυγού
 - Ανορεξία
 - Χαμηλό βάρος γέννησης των χοιριδίων
 - Μείωση της ικανότητας του οργανισμού να αντιστέκεται στην καταπόνηση και στις ασθένειες
 - Νέκρωση ουράς
 - Εντερίτιδα
 - Κακής ποιότητας κελύφη αυγών
- (Υπουργείο Οικονομικών, 1971)

Από Φουμονισίνες: Οι φουμονισίνες αποτελούν κατά κύριο λόγο δευτερογενή προϊόντα του μεταβολισμού των μυκήτων *Fusarium moniliforme* (*F. verticillioides*) και *F. Proliferatum* (Λευκό – ασημί μούχλα) πάνω στον αραβόσιτο. Η κατανάλωση από τα ζώα ζωοτροφών επιμολυσμένων αποκλειστικά με Φουμονισίνες ενδέχεται να προκαλέσει λευκοεγκεφαλομαλακία στα άλογα, συσσώρευση υγρών στους πνεύμονες (δυσκολία στην αναπνοή), μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και παράλυση (πουλερικά).

Από τριχοθηκίνες: Η κατανάλωση τροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε τριχοθηκίνες, προκαλούν συμπτώματα όπως η απώλεια βάρους, ο μειωμένος μεταβολισμός των τροφών, αυξημένη διάρροια, έντονη δερματίτιδα, μειωμένη παραγωγή αυγών στα πουλερικά, αυξημένα ποσοστά αποβολών και τελικώς η κατάρρευση και ο θάνατος των ζώων . (Pestka J, 2007)

Σε in vitro και in vivo πειράματα έχει βρεθεί ότι η έκθεση σε τριχοθηκίνες οδηγεί σε απόπτωση διαφόρων οργάνων των οργανισμών (Eriksen J., 2004).

Οξεία τοξικότητα των τριχοθηκινών είναι υπεύθυνη για την εκδήλωση συμπτωμάτων όπως λευκοκύτωση, αιμορροΐδες, κυκλοφοριακό σοκ και θάνατο. Αντίθετα χρόνια τοξικότητα σχετίζεται με ανορρεξία, μειωμένο βάρος των ζώων, μειωμένο μεταβολισμό των τροφών καθώς και με επιπτώσεις στο νευρικό και ανοσοποιητικό σύστημα.

Από ζερεαλενόνη: Η Ζερεαλενόνη αποτελεί, κατά κύριο λόγο, δευτερογενές προϊόν του μεταβολισμού των μυκήτων *Fusarium roseum* και *F. graminearum*. Ψηλά επίπεδα Ζερεαλενόνης συναντώνται στους δημητριακούς καρπούς. (Pestka J, 2007)

Η κατανάλωση ζωοτροφών επιμολυσμένων αποκλειστικά με Ζερεαλενόνη ενδέχεται να προκαλέσει τα εξής:

-Διαταραχή της αναπαραγωγικής ικανότητας- ατροφία όρχεων

-Εμβρυϊκή θνησιμότητα

-Μειωμένη γονιμότητα στα ενήλικα ζώα

-Ψευδοοίστρους

-Εμβρυϊκή μουμιοποίηση

-Μείωση της γαλακτοπαραγωγής

-Πρόωρη ωρίμανση στα θυληκά

-Αποβολές

-Ερεθισμό μαστού και τραχήλου της μήτρας

(Pestka J, 2007)

Από Δεοξυνιβαλενόνη- Εμετοτοξίνη- DON: Η Εμετοτοξίνη αποτελεί, κατά κύριο λόγο, δευτερογενές προϊόν του μεταβλισμού του μύκητα *Fusarium graminearum* (*Gibberella zeae*) (Λευκορόδινη μούχλα). Ψηλά επίπεδα Εμετοτοξίνης συναντώνται στους δημητριακούς καρπούς. Η κατανάλωση ζωοτροφών επιμολυσμένων αποκλειστικά με Εμετοτοξίνη ενδέχεται να προκαλέσει τα εξής:

- Εμετός – Διάρροια
- Αρνηση κατανάλωσης τροφής
- Μείωση της γαλακτοπαραγωγής
- Λαμινίτιδα στα μηρυκαστικά
- Μείωση της ικανότητας του οργανισμού να αντιστέκεται στην καταπόνηση και στις ασθένειες. (Pestka J, 2007)

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι τοξίνες που παράγονται από τους μύκητες *Fusarium* μπορούν να είναι παρούσες, ιδιαίτερα στα δημητριακά, στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Ενώ τα ζώα μπορούν να γίνουν άρρωστα από μυκοτοξίνη εάν έχει μολυνθεί η τροφή τους.

Οι τριχοθηκίνες και η ζεαραλενόνη αποτελούν δύο σημαντικές ομάδες τοξικών δευτερογενών μεταβολιτών που παράγονται κυρίως από είδη του γένους *Fusarium* στα σιτηρά. οι φουμονισίνες και η δεοξυνιβαλενόνη είναι πιο πολύ συχνά ανιχνευμένες και, επομένως, συχνότερα συνδεδεμένες με την ασθένεια στα ζώα αγροκτημάτων ή τους ανθρώπους.

Οι *Fusarium* μυκοτοξίνες που βρίσκονται στα δημητριακά παράγονται πρώτιστα στον πρωτογενή τομέα αν και κάποια σύνθεση τοξινών μπορεί να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι όροι θερμοκρασίας και υγρασίας κατά τη διάρκεια των προσβολών αυξανόμενης εποχής είναι κρίσιμοι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στη σύνθεση μυκητιακής μόλυνσης και τοξινών. Οι μυκοτοξίνες *Fusarium* προκαλούν τις ασθένειες των δημητριακών, όπως η φουζαρίωση των στελεχών και στάχων, η επι κεφαλής σήψη και σηψιρριζίες οι οποίες έχουν επιπτώσεις στην αύξηση και την παραγωγή των συγκομιδών.

Μέχρι πριν όχι πολύ καιρό η χημική απολύμανση, αν και όχι ιδιαίτερα αποτελεσματική, αποτελούσε την κύρια μέθοδο αντιμετώπισης τους. Όμως πλέον τα περισσότερα από τα χημικά απολυμαντικά έχουν καταργηθεί και η γενική απαίτηση είναι για μειωμένη χρήση χημικών στη γεωργία. Έτσι πέρα από τις καλλιεργητικές πρακτικές, που βοηθούν στη μείωση της ασθένειας, η έρευνα για την αντιμετώπιση τους έχει στραφεί στην εύρεση αποτελεσματικών μικροοργανισμών στον ανταγωνισμό με τα παθογόνα αυτά. Συνεχώς εξετάζονται νέοι μικροοργανισμοί, με προοπτικές να αξιοποιηθούν ως βιολογικοί παράγοντες. Μελετώνται οι αλληλεπιδράσεις με το φυτό, με το παθογόνο και οι ικανότητες στο να προστατεύσουν το πρώτο και να ανταγωνιστούν επιτυχώς το δεύτερο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ακρίδα Κ., Βουδούρη Ε. (1981) Σύγχρονα Δεδομένα επί των μυκοτοξινών, Εκδόσεις Χημικά Χρονικά. Σελ. 74-91, Αθήνα

Αλπαλάς Β. (1974) Μυκοτοξίναι - Αφλατοξίναι και Δημόσια υγεία, Εκδόσεις Ιατρική Επιθ. Εν Δυνάμη. Σελ. 461-463, Αθήνα

Αποστολόπουλος Ν. (2007), Μελέτη της επίδρασης των φυσικοχημικών παραμέτρων ανάπτυξης της μυκοτοξίνης Ζεαραλενόνης (ZON) σε δημητριακά
Διπλωματική μελέτη Σελ. (1-30) ,Πάτρα

Ζεφυρίδη Γ. (1982), Σημασία Μερικών Μυκοτοξινών και Ειδικότερα των Αφλατοξινών για την δημόσια Υγεία, Θεσσαλονίκη

Δημητρίου Χ. (2009) Μυκοτοξίνες στις τροφές . Έκδοση 9/2009 Γραφείο τύπου και Πληροφοριών, Λευκωσία- Κύπρος

Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 234(2006) *Σύσταση της Επιτροπής, της 17ης Αυγούστου 2006 , για την πρόληψη και τη μείωση των τοξινών από μύκητες του γένους Fusarium στα δημητριακά και τα προϊόντα δημητριακών. σ. 0035 – 0040, Βρυξέλλες*

Καλαμπόκης Ι. (2012) Διερεύνηση του κινδύνου εμφάνισης ανθεκτικότητας στους παρεμποδιστές βιοσύνθεσης στερολών και της επίδρασης στην παραγωγή μυκοτοξινών στο μύκητα *Fusarium graminearum* Schwabe, Μεταπτυχιακή μελέτη, ,Σελ.(27-66) ,Αθήνα

Λιόλιου Ε. (2009) Μελέτη της επίδρασης ζυμών και γαλακτοκομικών βακτηρίων στην συγκέντρωση ωχρατοξίνης Α σε εργαστηριακά θρεπτικά υποστρώματα, Μεταπτυχιακή μελέτη, Σελ 30-39, Αθήνα

Ναούμ Π. (2010) Η επίδραση της προώθησης των πωλήσεων στην αγοραστική συμπεριφορά των καταναλωτών ως προς τα δημητριακά
Μεταπτυχιακή Μελέτη σελ. (60-67) ,Θεσσαλονίκη

Παλάτος, Γ., 2006, Χειμερινά Σιτηρά και Ψυχανθή, Εκδόσεις Αλεξάνδρειο ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Παναγόπουλος Χ., (1995). Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών Β' έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλης p. 73, 93 - 99, Αθήνα

Παπακόστα Δ., 2008, Σιτηρά Χειμερινά - Εαρινά, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Υπουργείο Οικονομικών (1971) Κώδιξ Τροφίμων, Ποτών και Αντικειμένων Κοινής Χρήσεως, Γενικό Χημείο του Κράτους, σελ.254, Αθήνα

Φανουράκης Ν. (2007) Αλληλεπίδραση της γενετικής ανθεκτικότητας, Μεταπτυχιακή μελέτη, Σελ. (29-31) Αθήνα

Χριστιάς Χ., (1999), Μυκητολογία, Εκδόσεις Αγρότοπος ΑΕ. Σελ. 35-39, Αθήνα

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agrios G., (2005) Plant pathology, 5th edn. Elsevier, New York σελ.352-354

Bishop CD, Cooper RM. 1983 α. An ultrastructural colonization in three vascular wilt diseases. I. Colonization of susceptible cultivars. *Physiol. Plant Pathol* 23 page 323-343

Buxton E. (1927). Mycotic vaginitis in gilts. *Veterinary Record*, 22, σσ. 451-2.

Chelkowski J., (1991) Department of Plant Pathology, Agricultural University, Warsaw, Poland, Mycotoxins, Fungi and Quality in Drying and Storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Desjardins A., Hohn, T. M., & McCormick, S. P. (1993). Trichothecene Biosynthesis in *Fusarium* Species: Chemistry, Genetics, and Significance. *MICROBIOLOGICAL REVIEWS* , σσ. 595-604.

Di Pietro A, Garcia – Maceira Fl, Meglecz E, Roncero MIG, 2001 A. MAP kinase of vascular wilt fungus *Fusarium oxysporum* is essential for root penetration and pathogenesis. *Mol. Microbiol.* 39 page 1140-1152

Eriksen G., & Pettersson, H. (2004). Toxicological evaluation of trichothecenes in animal feed. *Anim.FeedSci. Technol.* 114 , σσ. 205-239.

Gordon T., Martyn, R., (1997). Η εξελικτική βιολογία του *Fusarium oxysporum*. *Phytopathol.* σελ:111-128.

Larsen J., Hunt, J., Perin, I., & Ruckebauer, P. (2004). Workshop on trichothecenes with a focus on DON: Summary report. *Toxicol. Lett.* , σσ. 1-22.

McEarlin, B.,(1952). Vulvovaginitis in swine. *Veterinary Record*, 64 , σσ. 539-40.

Moss M. ,(2002). Mycotoxin review-2. *Fusarium*. *Mycologist* 16 , σσ. 158-161.

Pestka J., & Smolinski, A. (2005). Deoxynivalenol: Toxicology and potential effects on humans. *J. Environ. Sci. Health B* 8 , σσ. 39-69.

Ruhr L., Osweiler, G., & Foley, C. (1983). Effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on reproductive potential in the boar. *Am. J. Vet. Res.* 44 , σσ. 483-485.

Samar M., Resnik, S., Gonzalez, H., Pacin, A., & Castillo, M. (2007). Deoxynivalenol reduction during the frying process of turnover pie covers. *Food Control.* 18 , σσ. 1295-1299.

Steiner W., Rieker R.H. and Battaglia R. (1985). Aflatoxin contamination in dried figs: distribution and association with fluorescence. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 36, 88-91

Yazar S., & Omurtag, G. Z. (2008). Fumonisin, Trichothecenes and Zearalenone in Cereals. *Int. J. Mol. Sci.* , σσ. 2062-2090.

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ INTERNET

Βαλαβανίδης Θ., Ευσταθίου Κ, (2007) Η χημική ένωση του μύκητα
http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_aflatoxins.htm#06.
Τελευταία επίσκεψη 21/2/2013

Γδοντέλης Ν. (2008) ΩΧΡΑΤΟΞΙΝΗ-ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ
<http://foodsafety.pblogs.gr/tags/mykotoksines-gr.html>
Τελευταία επίσκεψη 28/2/2013

Γεωπόνου, (2008) Ξερή σηψιρριζία
<http://www.e-geoponoi.gr/2010-03-10-06-37-28/684-2010-03-10-07-01-24.html>
Τελευταία επίσκεψη 28/2/2013

Ευαγγέλου Κ., (2012) ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ
<http://www.diagnovet.gr/index.php/ktiniatrika-themata-mukotoxines-0810>.
Τελευταία επίσκεψη 10/1/2013

Φραγκάκη Γ. (2007) Προσδιορισμός τρισδιάστατης δομής μυκοτοξινών με τη φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR). Σχέση δομής τοξικότητας.
<http://www.dart-europe.eu/full.php?id=255012>
Τελευταία επίσκεψη 28/2/2013

Dean M. (2004), Ενημέρωση σχετικά με την κατάρα Head Fusarium (ψώρα) και άλλες ασθένειες του σίτου στο Ιλλινόις
<http://bulletin.ipm.illinois.edu/article.php?id=110>
Τελευταία επίσκεψη 7/5/2013

Jackson K., (2012), The Mould Fusarium
<http://www.moldbacteria.com/mold/the-mould-fusarium-how-does-it-affect-our-lives.html> , Τελευταία επίσκεψη 8/4/2013

KAGIA V. (2012) ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ

<file:///C:/Users/user/Desktop/bibliografia/www%20ptuxiaki.htm>

Τελευταία επίσκεψη 3/4/2013

Salem N., (2009) Fusarium Head Blight was “very prevalent” in wheat fields viewed by Virginia Tech extension plant pathologist Erik Stromberg, who said this is likely to be the worst it has been in 15 years.

http://www.salem-news.com/articles/june052009/wheat_scabs_6-4-09.php

Τελευταία επίσκεψη 21/2/2013

<http://foodsafety.pblogs.gr/tags/mykotoksines-gr.html> Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

<https://en.wikipedia.org/wiki/Cereal> Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

<http://en.wikipedia.org/wiki/Aflatoxin> Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Allbiz., 2010 <http://www.kz.all.biz/tr/bugday-silosu-g272790> Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Ταγκαλάκη Ε. (2012) www.agronews.gr Σπόρος δίκοκκου σιταριού. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Γεοργόπουλος Θ. (2009) www.foodbites.eu Παραγωγή σίτου. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Αγέλαος Π.(2012) www.ftiaxno.gr Ζωή χωρίς προβλήματα. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Κολωνάς Χ. (2013) www.ethnos.gr Καλλιέργεια κριθαριού. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Καννάκας Γ. (2010) www.kannakas.gr Ρόζι. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Καραμάνος Α. (2012) www.greenchef.com Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Καψάλης Κ.,(2008) www.lidoriki.gr Θερσιμός. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Καραμάνος Θ.(2010) www.ftiaxno.gr Αλευρωειδή. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Libero A.,(2010) www.seos.project.eu Παρακολούθηση καλλιεργειών. Τελευταία επίσκεψη 29/3/2012

Holmes J., (2009) www.insectimages.org Σήψη κεφαλής. Τελευταία επίσκεψη 10/2/2013

Geiser D., (2008) www.tolweb.org Sordariomycetes. Τελευταία επίσκεψη 10/2/2013

Wrather K.(2009) www.extension.missouri.edu Διαχείριση ασθενειών. Τελευταία επίσκεψη 10/2/2013

Brandley C. (2008) www.bulleting.ipm.illinois.edu Ψώρα του σιταριού. Τελευταία επίσκεψη 10/2/2013

Respublicanski C.,(2013) www.kz.all.biz Σιταποθήκες. Τελευταία επίσκεψη 10/2/2013

Timlick B.(2013) www.grainscanada.gc Αποτροπή ωχρατοξίνης Α σε αποθηκευμένα σιτηρά.