



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

MSc: “Environment and Health. Capacity Building for Decision Making”

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**Τίτλος: «Μελέτη γεωργικών πρακτικών με χρήση φυτοφαρμάκων (εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων)
και επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία»**

**“Study of agricultural practices and use of pesticides (insecticides, herbicides): Health effects and
environmental impact”**

Όνομα: Δημητριάδη Αδάμου Μαρία Τίμι

Αρ. μητρώου: 20170667

Επάγγελμα/ή Ιδιότητα: Χημικός

Επιβλέπουσα καθηγήτρια ΜΔΕ: Αρτεμησία Ντονά

ΑΘΗΝΑ 2020



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

MSc: “Environment and Health. Capacity Building for Decision Making”

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**Τίτλος: «Μελέτη γεωργικών πρακτικών με χρήση παρασιτοκτόνων και επιπτώσεις στο περιβάλλον
και την υγεία»**

“Study of agricultural practices and use of pesticides: Health effects and environmental impact”

Όνομα: Δημητριάδη Αδάμου Μαρία Τίμι

Αρ. μητρώου: 20170667

Επάγγελμα/ή Ιδιότητα: Χημικός

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπουσα καθηγήτρια ΜΔΕ: Α. Ντονά

Πρόεδρος καθηγητής ΜΔΕ: Ι. Τσάκνης

Μέλος καθηγητής ΜΔΕ: Δ. Βάττης

ΑΘΗΝΑ 2020

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός/ή συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Αρτεμισία Ντονά για την πολύτιμη επιστημονική καθοδήγησή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πρόσκαιρα θετικά αποτελέσματα από τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων στη γεωργία τη δεκαετία του 1950 οδήγησαν στην αλόγιστη χρήση αυτών, η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα και έχει ως αποτέλεσμα την έκθεση του ανθρώπου, αλλά και του περιβάλλοντος, σε κινδύνους. Η επιστημονική κοινότητα συνδέει πλέον την αύξηση των παθήσεων των ενδοκρινών αδένων, καθώς και του νευρικού και του αναπαραγωγικού συστήματος, με τα παρασιτοκτόνα.

Τα παρασιτοκτόνα έχουν την ικανότητα να συνδέονται με τους υποδοχείς των ορμονών, με αποτέλεσμα αυτές να μην μπορούν να δράσουν στα όργανα «στόχους». Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως «ενδοκρινική διατάραξη». Επίσης, μελέτες έχουν δείξει πως τα παρασιτοκτόνα συμμετέχουν στην καρκινογένεση, είτε δρώντας ως προαγωγείς (ενεργοποιητές) ή μέσω παραγόντων που επηρεάζουν διάφορους μηχανισμούς άμυνας του οργανισμού με το σχηματισμό καρκινογόνων μεταβολιτών.

Οι κυριότερες χημικές ενώσεις που εντοπίζονται στα παρασιτοκτόνα είναι Οργανοφωσφορικά, Οργανοχλωριωμένα, Πυρεθρίνες, Καρβαμιδικά, Τριαζίνες, Τριαζόλες.

Σε αυτήν την εργασία θα μελετηθούν οι γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες και τα παρασιτοκτόνα που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο οι ουσίες αυτές εισέρχονται στο περιβάλλον και καταλήγουν στον ανθρώπινο οργανισμό, και τέλος η επίδραση τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία με έμφαση στη δράση τους ως ενδοκρινικοί διαταράκτες.

ABSTRACT

In 1950s farmers focused on yield as their key priority which has led to the adoption of high levels of pesticides and fertilizers in agriculture. The following years this irrational use of pesticides has resulted in exposure of humans and the environment to hazards. The scientific community is now linking the increase in endocrine, nervous and reproductive system diseases with pesticides.

Pesticides have the ability to connect with hormone receptors, inhibiting the action of hormones on target organs. This phenomenon is known as "endocrine disruption". Studies have also shown that pesticides can contribute to carcinogenesis, either by acting as promoters or through factors that influence various defense mechanisms of the body by inducing the formation of carcinogenic metabolites.

The main chemical compounds found in pesticides are Organophosphates, Organochlorines, Pyrethrins, Carbamates, Triazines and triazoles.

This study examines the agricultural practices used in crops, the above pesticides, the way in which pesticides are introduced into the environment and subsequently into the human body, and finally their impact on the environment and human health with emphasis on their action as endocrine disrupters.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	10
1.2 ΕΝΔΟΚΡΙΝΙΚΟΙ ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΕΣ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	14
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ.....	14
2.1 ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ.....	14
2.1.1 Οργανοχλωριωμένα Εντομοκτόνα.....	15
2.1.2 Οργανοφωσφορικά Εντομοκτόνα.....	15
2.1.3 Καρβαμιδικά Εντομοκτόνα.....	16
2.1.4 Πυρεθρίνες.....	16
2.2 ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ.....	17
2.3 ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ.....	17
2.3.1 Τριαζινικά Ζιζανιοκτόνα.....	17
2.3.2 Διπυριδυλικά Ζιζανιοκτόνα.....	18
2.4 ΤΡΩΚΤΙΚΟΚΤΟΝΑ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	20
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.....	20
3.1 DDT.....	20
3.2 GLYPHOSATE.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	24
ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	24
4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ.....	24
4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	24
4.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	26
4.4 ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ.....	27
4.5 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΕΡΑ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	30
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....	30
5.1 ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ.....	30
5.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	30
5.3 ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ.....	34

5.4 ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	37
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....	37
6.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	37
6.2 ΒΙΟΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	38
6.3 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	41
ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	41
7.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΡΘΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	42
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	42
8.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	44
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγική δραστηριότητα των ανθρώπων στηρίζεται και εξακολουθεί να στηρίζεται, σε μεγάλο βαθμό, σε πρωτογενείς πόρους, όπως η αλιεία και η γεωργία. Η οικονομία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την παραγωγική δραστηριότητα από τις αρχές του 20ου αιώνα μέχρι και σήμερα. Στον όρο όμως «οικονομία» έχει επέλθει μία εξέλιξη. Το ανθρώπινο είδος παρουσιάζεται ως το κυρίαρχο πάνω στη Γη και θέτει υπό αμφισβήτηση την ύπαρξη των υπολοίπων, επί των οποίων όμως στηρίζεται η επιβίωση του.

Η οικονομία και το περιβάλλον αποτελούν δύο ανεξάρτητες και μεταξύ τους ξένες παραμέτρους. Η προτεραιότητα όμως που δίνεται στην οικονομία οδηγεί στην μονομερή και συστηματική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων από τον άνθρωπο, καθώς και στην υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής. Όσο ο πληθυσμός της Γης αυξάνεται, τόσο η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση που μπορεί να παράγει την απαιτούμενη τροφή μειώνεται, λόγω διάβρωσης και ερημοποίησης, ενώ ταυτόχρονα η πίεση στον αγροτικό πληθυσμό για αύξηση της παραγωγής των γεωργικών προϊόντων μεγαλώνει. Έτσι προκύπτει η ανάγκη για εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής, η οποία επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της χρήσης γεωργικών φαρμάκων ή και άλλων φυτοπροστατευτικών προϊόντων (Cunningham και Cunningham, 2008).

Με τον όρο παρασιτοκτόνα ορίζουμε οποιαδήποτε χημική ουσία ή μείγμα ουσιών, που προορίζεται για την καταστροφή των οργανισμών που μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες σε φυτά (EPA, 2018). Αυτή η βλάβη στοχεύει στον αποκλεισμό της δραστηριότητας ορισμένων ενζύμων ή ορμονών που ελέγχουν σημαντικές ζωτικές διεργασίες (Banaszkiewicz T., 2010). Είναι τοξικά για ορισμένες μορφές ζωής και χρησιμοποιούνται από τους αγρότες για να εμποδίσουν την δράση των παρασίτων στις γεωργικές καλλιέργειες. Η τοξικότητα των χημικών αυτών ενώσεων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το είδος, την ευαισθησία, τη μέθοδο με την οποία εισέρχεται το δηλητήριο στον οργανισμό, τον χρόνο έκθεσης και άλλους παράγοντες (Banaszkiewicz T., 2010).

Ως επιβλαβείς χαρακτηρίζονται οι οργανισμοί που προέρχονται από το ζωικό ή το φυτικό περιβάλλον, οι ιοί, τα βακτήρια και άλλα παθογόνα, τα οποία έχουν τη ικανότητα να καταστρέφουν τις γεωργικές καλλιέργειες. Σε πολλές περιπτώσεις η δράση των παθογόνων μικροοργανισμών μπορεί να προκαλέσει μέχρι και ολοκληρωτική καταστροφή της παραγωγής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μία από τις επτά «Πληγές του Φαραώ», όπως είναι

γνωστές στην ιστορία, στην αρχαία Αίγυπτο, όπου η γη καταστράφηκε από έντομα (Banaszkiewicz T., 2010).

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η χρήση και η εξέλιξη των παρασιτοκτόνων αποτελούσαν και εξακολουθούν να αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της γεωργικής παραγωγής, λόγω της ανάγκης του ανθρώπου για εξασφάλιση τροφής. Αυτή η ανάγκη οδήγησε στην ανακάλυψη, και έπειτα στην εξέλιξη, πολλών φυσικών και συνθετικών ουσιών για την καταπολέμηση των ασθενειών των καλλιεργούμενων φυτών.

Η χρήση των πρώτων παρασιτοκτόνων ξεκινάει το 2500 π.χ. από τους Σουμέριους, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν το θειάφι για την καταπολέμηση των εντόμων. Στο παλαιότερο έγγραφο της αρχαίας Αιγύπτου το οποίο διασώζεται μέχρι σήμερα, τον «Papyrus Ebers», ο οποίος χρονολογείται το 1500 π.Χ., αναγράφονται περίπου οκτακόσιες συνταγές στις οποίες αναφέρονται ουσίες που λειτουργούσαν ως παρασιτοκτόνα ή δηλητήρια. Οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν λίπος από γάτες και πουλιά, καπνό και μεταλλικά άλατα, για να προστατέψουν τα σιτηρά τους.

Το 1200 π.Χ. οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν ουσίες που περιείχαν αρσενικό και υδράργυρο, καθώς και εντομοκτόνα φυτικής προέλευσης, για να προστατέψουν τις καλλιέργειες τους από τα παράσιτα (Cunningham και Cunningham, 2008). Κατά τον 8ο αι. π.Χ., και σύμφωνα με τον Όμηρο, αναφέρεται η χρήση του θείου ως καπνογόνου, ενώ ο Δημόκριτος μιλάει για τον ψεκάσμό των φυτών με χρήση προϊόντων από την κατεργασία ελαίων και χρήση του θείου ως εντομοαπωθητικού κατά το 470 π.Χ. Ο Πλίνιος στο έργο του «Historia Naturalis» (79 μ.Χ.) αναφέρεται στη χρήση του αρσενικού για την αντιμετώπιση ασθενειών σε σιτηρά, δέντρα και αμπέλια, καθώς και στη χρήση του δηλητηρίου της πράσινης σαύρας, του πρώτου οργανικού χημικού, για την προστασία των μηλιών από τα σκουλήκια (Hassall, 1990, Kaushik και Kaushik, 2007).

Το 300 μ.Χ. στην Κίνα πραγματοποιήθηκε η πρώτη βιολογική αντιμετώπιση των εχθρών που κατέστρεφαν τις καλλιέργειες των οπωροφόρων. Η επίτευξη της αντιμετώπισης έγινε με τη βοήθεια ενός είδους μυρμηγκιού θηρευτή, του γένους *Oecophylla Smaragdina* (Hassall, 1990, Kaushik και Kaushik, 2006).

Σε διάφορες μελέτες γίνεται αναφορά στη χρήση ενώσεων αρσενικού (16ος αιώνας), τα οποία θεωρούνται τα πρώτα ανόργανα παρασιτοκτόνα. Η επανάσταση στη γεωργία στην Ευρώπη έγινε μεταξύ του 1750 και 1880 όπου τα επιβλαβή έντομα ελέγχονται κυρίως με τη

χρήση φυτικών παραγώγων, όπως φύλλα καπνού, πύρεθρο, εκχυλίσματα κ.ά., ενώ λίγο αργότερα εμφανίζονται τα εντομοκτόνα επαφής μέσω της χρήσης φύλλων καπνού. Το μείγμα αλκοόλης και χλωριούχου υδραργύρου χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1822 (Kaushik και Kaushik, 2007). Το 1787 χρησιμοποιήθηκε το μείγμα σαπουνιού με νέφτι ως εντομοαπωθητικό, όπου αργότερα, το 1878, ο καθηγητής John Cook αντικατέστησε το νέφτι με κηροζίνη δημιουργώντας μια άλλη ουσία που είχε δράση για την καταπολέμηση των μυζητικών εντόμων. Τη δεκαετία του 1840 γίνεται προσπάθεια αντιμετώπισης των μυκητολογικών προσβολών από ιώδιο με ψεκασμό των καλλιεργειών με θειασβέστιο και αργότερα με επίταση αυτών με θειάφι. Τα πρώτα μυκητοκτόνα εμφανίστηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα με τη χρήση ανόργανων ενώσεων, όπως χαλκός και θείο και οργανικών ενώσεων όπως ο οργανικός υδράργυρος.

Το 1883 στην Αμερική χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ένα διάλυμα που περιείχε πολυσουλφίδιο ασβεστίου, για την καταπολέμηση των μυκητιάσεων. Το 1885 στη Γαλλία ανακαλύφθηκε το μείγμα θεικού χαλκού για την αντιμετώπιση των μυκήτων, το οποίο χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα, έχοντας όμως ως βάση τον οξυχλωριούχο χαλκό.

Η ανάπτυξη των νέων συνθετικών οργανικών παρασιτοκτόνων κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου έφερε την επανάσταση στον έλεγχο των παρασίτων. Η εποχή των συνθετικών οργανικών παρασιτοκτόνων άρχισε το 1939, όταν ο Ελβετός χημικός Paul Müller ανέδειξε τις ισχυρές εντομοαπωθητικές ιδιότητες του διχλωρο – διφαινυλο – τριχλωρο – αιθανίου, γνωστού πλέον ως DDT. Αυτή η ένωση αποτελούσε ιδανικό φυτοπροστατευτικό προϊόν για την προστασία και την πρόληψη των ασθενειών, λόγω του χαμηλού κόστους του, της σταθερότητάς του ως χημικής ουσίας, της ευκολίας στην εφαρμογή του και της υψηλής του αποτελεσματικότητας (Cunningham και Cunningham, 2008). Παρόλα αυτά η χρήση του DDT, όπως και των περισσοτέρων άλλων οργανοχλωριωμένων σκευάσματος, έχει απαγορευθεί σήμερα λόγω του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης και των κινδύνων για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Αυτές οι ουσίες βιοσυσσωρεύονται στον οργανισμό, επειδή δεν μπορούν να αποδομηθούν και να αποβληθούν από τον οργανισμό. Τα ανόργανα εντομοκτόνα σταμάτησαν να χρησιμοποιούνται το 1940 διότι αποτελούσαν ισχυρά δηλητήρια εξαιρετικής αντοχής.

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου ανακαλύφθηκαν τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα από τους Kurkenthal και Schrader στη Γερμανία και χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτού του πολέμου ως δηλητήρια των νεύρων. Σημαντικότεροι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας των εντομοκτόνων είναι το μαλάθειο και το παραθείο (Kaushik και Kaushik G., 2007). Την ίδια περίοδο στην Αγγλία ανακαλύφθηκαν τα ζιζανιοκτόνα που περιείχαν φαινοξυαλκανοϊκά οξέα, τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα.

Τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα ανακαλύφθηκαν το 1947. Τη δεκαετία του 1950 άρχισε να εφαρμόζεται εντατικά η χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων στη γεωργία, την κτηνοτροφία, στις οικίες, καθώς και σε δημόσιους και σε επαγγελματικούς χώρους, για την προστασία των καλλιεργειών και των καρπών από ασθένειες, καθώς και την καταπολέμηση παρασίτων και άλλων οργανισμών. Την περίοδο από το 1950 έως το 1960 εμφανίστηκαν και αναπτύχθηκαν νέα παρασιτοκτόνα, ανάμεσα τους οι τριαζίνες και τα παράγωγα της ουρίας ως ζιζανιοκτόνα καθώς και μυκητοκτόνα, όπως το captan, ενώ λίγο αργότερα, το 1968, εμφανίστηκε στο εμπόριο το μυκητοκτόνο benomyl (Ρεκλείτη και Κυλούδης, 2012).

Το 1962 με τη δημοσίευση του βιβλίου *Silent Spring* της Rachel Carson, παρουσιάζονται για πρώτη φορά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αλόγιστη χρήση των φυτοφαρμάκων, καθώς επίσης και η ανησυχία για το ενδεχόμενο μιας οικολογικής καταστροφής, στην οποία θα οδηγήσει σταδιακά η εκτεταμένη χρήση των φαρμάκων αυτών (Cunningham και Cunningham, 2008). Με βάση τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) η συνολική ποσότητα φυτοπροστατευτικών προϊόντων που έχει χρησιμοποιηθεί στην Αμερική την τελευταία δεκαετία είναι περίπου 2.4 δισεκατομμύρια τόνοι ανά έτος (Cunningham και Cunningham, 2008).

1.2 ΕΝΔΟΚΡΙΝΙΚΟΙ ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΕΣ

Οι ενδοκρινικοί διαταράκτες είναι εξωγενείς, φυσικές ή συνθετικές, χημικές ουσίες με δομή όμοια με εκείνη των φυσικών ορμονών, και έχουν την ικανότητα να μιμούνται την λειτουργία των ορμονών, παρεμβαίνοντας έτσι στο ορμονικό σύστημα και προκαλώντας το φαινόμενο της ενδοκρινικής διατάραξης (Κούστα και Μαστοράκος, 2011). Οι ενδοκρινικοί διαταράκτες επηρεάζουν τη δράση, τη σύνθεση, το μεταβολισμό και την απέκκριση των ορμονών.

Ο ανθρώπινος οργανισμός είναι ένα πολύπλοκο σύστημα αποτελούμενο από τρισεκατομμύρια κύτταρα, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Αυτή η αλληλεπίδραση ελέγχεται και ρυθμίζεται από ένα σύστημα επικοινωνίας μεταξύ των κυττάρων μέσω μίας ειδικής ομάδας σημάτων, που αποσκοπούν στη ρύθμιση της συμπεριφοράς του κυττάρου. Αυτά τα σήματα καθορίζουν εάν το κύτταρο θα πολλαπλασιαστεί, θα διαφοροποιηθεί προς μία κατεύθυνση, θα μείνει στάσιμο, θα ζήσει ή θα πεθάνει. Τα σήματα είναι χημικά ή ηλεκτρικά και μεταφράζονται είτε στο επίπεδο της πλασματικής μεμβράνης είτε στο εσωτερικό του κυττάρου. Οι εντολές εκτελούνται μέσα στο κυτταρόπλασμα και το μήνυμα μεταφέρεται στον πυρήνα, όπου μέσω επαγωγής της έκφρασης συγκεκριμένων γονιδίων (πρωτεΐνη) το κύτταρο

αποκρίνεται στο εξωτερικό ερέθισμα. Μέσω αυτών των λειτουργιών, οι οποίες αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την επικοινωνία και την προσαρμογή των κυττάρων στις συνεχώς μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του οργανισμού, η αρχιτεκτονική και το μέγεθος του κάθε ιστού που απαιτούνται για τις ανάγκες του σώματος, καθώς και η διατήρηση της ομοιόστασής του (Campbell και Reece, 2007).

Ως ενδοκρινικοί διαταράκτες δρουν χημικά προϊόντα, όπως πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB's), πολυβρωμιωμένα διφαινύλια (PBBs), οι διοξίνες, οι φθαλικές ενώσεις, τα βαρέα μέταλλα, τα παρασιτοκτόνα, κ.λπ. (Κούστα και Μαστοράκος, 2011) η δε έκθεση σε αυτούς μπορεί να συμβεί μέσω της τροφής, του νερού, του αέρα και του εδάφους. Οι επιδράσεις τους δεν περιορίζονται μόνο στον ίδιο τον οργανισμό αλλά επιδρούν και μέσω του πλακούντα στο έμβρυο κατά την περίοδο της κύησης, προκαλώντας διαταραχές τόσο στην ενδομήτρια ανάπτυξη αλλά και στην μετέπειτα ζωή του εμβρύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ	
ΟΜΑΔΑ*	ΣΚΕΥΑΣΜΑ
Χλωριωμένα εντομοκτόνα (E)	DDT
Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα (E)	malathion, dimethoate
Καρβαμιδικά εντομοκτόνα (E)	carbaryl
Πυρεθρίνες (E)	pyrethrin, allethrin, cypermethrin
Τριαζινικά ζιζανιοκτόνα (Z)	atrazine, ametryn, cynatrine
Διπυριδιλικά Ζιζανιοκτόνα (Z)	diquat. paraquat
Οργανοφωσφορικά Ζιζανιοκτόνα (Z)	glyphosate, glyphosinate
Τριαζινικά Μυκητοκτόνα (M)	prothioconazole
<i>* Αναφέρονται οι χαρακτηριστικότερες ομάδες E=Εντομοκτόνο, Z=Ζιζανιοκτόνο, M=Μυκητοκτόνο</i>	

Πίνακας 1 Κατηγορίες Παρασιτοκτόνων

2.1 ENTOMOKTONA

Τα εντομοκτόνα ανάλογα με τον τρόπο εισόδου τους στον οργανισμό διακρίνονται σε εντομοκτόνα που δρουν εξ' επαφής, δια του πεπτικού και διασυστηματικά (Κουτσελίνη, 2004). Τα εντομοκτόνα που δρουν εξ' επαφής προσβάλλουν το νευρικό σύστημα προκαλώντας διαταραχές, παράλυση και θάνατο, ενώ στη δεύτερη οδηγούν στο θάνατο μέσω ασφυξίας. Τα εντομοκτόνα που δρουν δια του πεπτικού εισέρχονται μέσω της τροφής και προσβάλλουν το πεπτικό σύστημα.

Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση χωρίζονται σε οργανικά (φυσικά και συνθετικά) και ανόργανα (μεταλλικές ενώσεις αρσενικού, χαλκού και ψευδαργύρου και μη μεταλλικές ενώσεις θείου, νατρίου και φθορίου). Από αυτά ιδιαίτερο τοξικολογικό ενδιαφέρον έχουν τα συνθετικά οργανικά εντομοκτόνα, τα οποία χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες.

2.1.1 Οργανοχλωριωμένα Εντομοκτόνα

Είναι η πρώτη κατηγορία εντομοκτόνων που χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε καλλιέργειες καπνού, λαχανικών και αμπελιών. Η χρήση τους έχει περιοριστεί λόγω της μακροχρόνιας αρνητικής δράσης τους στο περιβάλλον. Το DDT (p,p'-διχλωροδιφαινυλοτριχλωροαιθάνιο) είναι ένα από τα πιο γνωστά οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα όπου η ανεξέλεγκτη χρήση του θέτει πολλά ζητήματα περιβάλλοντος και ανθρώπινης υγείας (Nicolopoulou et al, 2016). Κυκλοφόρησε το 1939 αλλά απαγορεύτηκε η χρήση του στις καλλιέργειες, λόγω της υψηλής του τοξικότητας και της μακράς υπολειμματικής του δράσης (Cunningham και Cunningham, 2008).

Η δράση αυτών των εντομοκτόνων είναι νευροτοξική. Λόγω της λιποφιλίας τους διεισδύουν στη νευρική ίνα και επηρεάζουν την διαπερατότητα των μεμβρανών επιδρώντας στην αντλία K-Na με αποτέλεσμα να παρεμποδίζουν την ιοντική μεταφορά. Οι οργανοχλωριωμένοι υδρογονάνθρακες είναι ανθεκτικοί στην υδρόλυση και την οξείδωση που υφίστανται στο νερό με αποτέλεσμα την υψηλή τους βιοσυσσώρευση. Είναι σταθερά μόρια, δεν βιοαποικοδομούνται εύκολα (Cunningham και Cunningham, 2008).

2.1.2 Οργανοφωσφορικά Εντομοκτόνα

Οι αυξημένες ανεπιθύμητες ενέργειες των οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων οδήγησε σταδιακά στην αντικατάστασή τους από τα οργανοφωσφορικά. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα είναι εστέρες του φωσφορικού οξέος και αποτελούν το 40% των εντομοκτόνων που κυκλοφορούν, με πιο γνωστά τα μαλάθειο, diazinon, chlorfenvinphos, φωσφοροαμίδια, phosphorodithioates και πυροφωσφορικά. Χημικά είναι λιγότερο σταθερά από τα οργανοχλωριωμένα αλλά θεωρούνται πιο τοξικά (Freed et al, 1976). Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα προκαλούν μη αναστρέψιμη φωσφορυλίωση του ενζύμου ακετυλοχολινεστεράση, που βρίσκεται στις νευρομυϊκές συνάψεις, με αποτέλεσμα τη συσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων ακετυλοχολίνης οδηγώντας σε υπερδιέγερση, σπασμούς, αναπνευστική καταστολή, παράλυση και θάνατο του οργανισμού. Απορροφώνται εύκολα, έχουν υψηλή οξεία τοξικότητα, δεν έχουν μεγάλη χημική σταθερότητα και αποδομούνται εύκολα, παρουσιάζοντας χαμηλή βιοσυσσώρευση. Μεταβολίζονται στο ήπαρ όπου υδρολύονται. Η χρόνια έκθεση σε οργανοφωσφορικούς εστέρες προκαλεί ηπατικές βλάβες (Karami-Mohajeri et al., 2017).

Γενικότερα, η έκθεση των γεωργών σε φυτοφάρμακα είναι ένα πρόβλημα δημόσιας υγείας παγκοσμίως. Η ετήσια επίπτωση οξείας δηλητηρίασης από φυτοφάρμακα είναι περίπου

18 ανά 100.000 (Thundiyil et al., 2008). Η έκθεση σε οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα (OP), τα οποία χρησιμοποιούνται σε χημικά σκευάσματα για την καταπολέμηση των γεωργικών παρασίτων συνδέεται με οξεία αλλά και με χρόνια επίδραση των κυττάρων (Muñoz-Quezada et al., 2018).

2.1.3 Καρβαμιδικά Εντομοκτόνα

Είναι εστέρες του καρβαμιδικού οξέος και η χημική τους δομή βασίστηκε στο μόριο της φυσοστιγμίνης. Προκαλούν αναστρέψιμη αναστολή της ακετυλοχολινεστεράσης με καρβαμυλίωση ή ακτετυλίωση. Είναι κρυσταλλικές ενώσεις, άοσμες, πτητικές και με μέτρια χημική σταθερότητα (Cunningham και Cunningham, 2008). Το πρώτο από τα καρβαμιδικά που χρησιμοποιήθηκε εκτενώς και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα είναι το carbaryl. Επιπλέον, *in vitro* μελέτες έδειξαν πως τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα είναι ικανά να προκαλέσουν κυτταροτοξικές και γονιδιοτοξικές επιδράσεις σε κύτταρα αρουραίων αλλά και να οδηγήσουν σε απόπτωση ή νέκρωση των κυττάρων του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος όπως για παράδειγμα στα Τ λεμφοκύτταρα (Nicolopoulou-Stamati et al, 2016).

2.1.4 Πυρεθρίνες

Τα συνθετικά πυρεθρινοειδή έχουν μεγάλη τοξικότητα στα έντομα και μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά. Έχουν υψηλή φωτοσταθερότητα και μεγάλη υπολειμματική δράση αλλά λόγω της εύκολης αποβολής τους δεν αθροίζονται. Η δράση τους είναι νευροτοξική, προκαλώντας δυσλειτουργία στην αντλία ιόντων Na/K. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα pyrethrin, allethrin, cypermethrin (EPA, 2019).

2.2 ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ

Τα μυκητοκτόνα είναι χημικές ουσίες που έχουν ως στόχο τη θανάτωση ή παρεμπόδιση της αύξησης και αναπαραγωγής των μυκήτων, οι οποίοι προσβάλλουν τις φυτικές καλλιέργειες. Είναι κυρίως μικρά μόρια που αεριοποιούνται εύκολα και διεισδύουν σε υλικά. Χρησιμοποιούνται για την απολύμανση του εδάφους και την πρόληψη της φθοράς ή της προσβολής από μύκητες σε αποθηκευμένους κόκκους. Χαρακτηριστικότερα από αυτά είναι τα τριαζολικά που εμποδίζουν τη δράση του ενζύμου χολινεστεράση, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση της ουσίας ακετυλοχολίνη, μεταξύ νεύρων και μυών (νευρομυϊκές συνάψεις) (Kolesarova et al, 2013). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της ομάδας είναι η prothioconazole (προθειοκοναζόλη).

2.3 ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

Τα ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση διαφόρων φυτών, τα οποία ζουν και αναπτύσσονται δίπλα από διάφορα καλλιεργούμενα φυτά και δρουν ανταγωνιστικά ως προς το ωφέλιμο φυτό, γι' αυτό είναι γνωστά ως ζιζάνια. Τα ζιζάνια συμβάλλουν θετικά στον εμπλουτισμό του εδάφους με θρεπτικά συστατικά, όπως είναι το άζωτο. Επιπλέον ανασύρουν με τις βαθιές ρίζες τους πολύτιμα για την ανάπτυξη των φυτών άλατα, που λόγω της διάβρωσης έχουν μετακινηθεί χαμηλότερα και προστατεύουν τα ωφέλιμα φυτά από αρρώστιες (Eurostat, 2018). Η υπερανάπτυξή τους όμως εμποδίζει την αύξηση των καλλιεργούμενων φυτών, καθώς τα ανταγωνίζονται για το διαθέσιμο νερό και τα θρεπτικά συστατικά. Ορισμένα ζιζάνια περιέχουν και ουσίες που είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο.

Ως ζιζανιοκτόνα αρχικά χρησιμοποιήθηκαν αρκετές ανόργανες ενώσεις, όπως χλωριούχο νάτριο, θειϊκός χαλκός και αρσενικούχο νάτριο, αλλά αργότερα συντέθηκαν τα οργανικά ζιζανιοκτόνα τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα, αφού έχουν μεγάλη εκλεκτικότητα και χαμηλή υπολειμματική δράση σε σχέση με τα ανόργανα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το glyphosate, τα τριαζινικά και τα διπυριδυλικά ζιζανιοκτόνα.

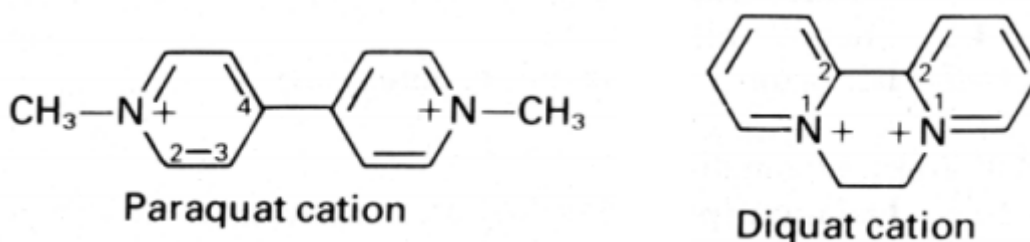
2.3.1 Τριαζινικά Ζιζανιοκτόνα

Είναι από τις μεγαλύτερες ομάδες ζιζανιοκτόνων. Είναι σταθερές ενώσεις, μεταβολίζονται και δεν έχουν μεγάλη υπολειμματική δράση. Λόγω της μέτριας διαλυτότητάς τους στο νερό συγκρατούνται στην επιφανειακή στοιβάδα του εδάφους. Δρουν σε κυτταρικό επίπεδο αναστέλλοντας τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης στα φυτά, καθώς επίσης είναι και

αρκετά τοξικά ακόμα και σε μικρές δόσεις. Επιπλέον, προκαλούν δερματική ευαισθησία και φωτοευαισθησία σε ανθρώπους και ζώα. Έχουν συσχετιστεί με καρκινογένεση έπειτα από έκθεση λόγω επαγγελματικής ενασχόλησης. Οι τριαζίνες συσσωρεύονται στο λίπος των ανθρώπων και των ζώων και μπορούν να διαταράξουν το μεταβολισμό της θειαμίνης και της ριβοφλαβίνης (Hallenbeck και Cunningham-Burns, 1985). Τα πιο γνωστά ζιζανιοκτόνα αυτής της ομάδας είναι τα παρασιτοκτόνα Atrazine, Ametryn και Cynatrine.

2.3.2. Διπυριδυλικά Ζιζανιοκτόνα

Τυπικοί εκπρόσωποι της κατηγορίας των διπυριδυλικών ζιζανιοκτόνων είναι το paraquat και το diquat, τα οποία είναι αζωτούχες υδατοδιαλυτές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (MB=186), με το δεύτερο να είναι λιγότερο τοξικό σε σχέση με το πρώτο. Ανακαλύφθηκαν το 1955, είναι ιδιαίτερα διαλυτά στο νερό και η δράση τους βασίζεται στην



Εικόνα 1 Δομή των Paraquat, Diquat,

https://mediasrv.uaa.gr/eclass/modules/document/file.php/BIOTECH139/Ch11_Pesticides_ppt.pdf

ιδιότητα να παράγουν σχετικά σταθερές ελεύθερες ρίζες, μπορούν δε να οδηγήσουν τόσο σε οξεία βλάβη όσο και να παρουσιάσουν ποικίλες επιπλοκές. Χαμηλότερης τοξικότητας, αλλά λιγότερο διαδεδομένο, είναι και το morfamquat (Li et al., 2008). Το diquat δρα στους χλωροπλάστες, σε κυτταρικό επίπεδο και αναστέλλει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Επιπλέον, στον άνθρωπο είναι ιδιαίτερα τοξικό για το δέρμα αλλά και για τους πνεύμονες, αναστέλλοντας τη δισμουτάση του υπεροξειδίου και προκαλώντας κυτταρικό θάνατο διαμέσου της τοξικής επίδρασης των ελεύθερων ριζών O₂ (Li et al., 2008).

Δηλητηρίαση από paraquat έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σημαντική βλάβη στο κυκλοφορικό και αναπνευστικό σύστημα, καθώς και σε διάφορα όργανα συμπεριλαμβανομένου του πνεύμονα, του ήπατος, του μυοκαρδίου και των νεφρών (Afshin και Reyman, 2016).

Ασθενής 12 ετών που εκτέθηκε σε μικρή δόση paraquat, παρουσίασε σοβαρή νεφρική βλάβη. Η οξεία βλάβη των νεφρών είναι η συνηθέστερη επιπλοκή της δηλητηρίασης από το paraquat. Η απώλεια της νεφρικής λειτουργίας συντελεί στις μεγάλες αυξήσεις της κρεατινίνης,

γεγονός που πιθανότατα αντιπροσωπεύει αυξημένη παραγωγή κρεατίνης και κρεατινίνης με σκοπό την κάλυψη της ανάγκης για ενέργεια έπειτα από οξειδωτικό στρες (Afshin και Peyman, 2016).

Στις περιπτώσεις αυτοκτονίας μέσω δηλητηρίασης γίνεται χρήση του παρασιτοκτόνου paraquat λόγω της υψηλής νοσηρότητας και θνησιμότητας που επιφέρει η κατανάλωση του. Δεν υπάρχει συγκεκριμένο αντίδοτο για τη δηλητηρίαση από το paraquat και ο βασικός πυρήνας της θεραπείας είναι υποστηρικτικός. Οι άμεσες και επαρκείς παρεμβάσεις και η αιμοκάθαρση έχουν αναμφισβήτητο και σημαντικό ρόλο στην επιβίωση των ατόμων μετά την κατάποση του paraquat (Afshin και Peyman, 2016).

2.4 ΤΡΩΚΤΙΚΟΚΤΟΝΑ

Τα Τρωκτικοκτόνα, κοινώς τα ποντικοφάρμακα, είναι παρασιτοκτόνες χημικές ουσίες που προορίζονται για την εξόντωση των τρωκτικών. Ορισμένα εξ αυτών είναι θανατηφόρα μετά από μία και μόνο έκθεση, ενώ άλλα απαιτούν περισσότερες από μία. Είναι τοξικά στα θηλαστικά και τους ανθρώπους και ο μηχανισμός δράσης τους βασίζεται στην διαταραχή του κύκλου της βιταμίνης K, αναστέλλοντας την αναγωγή της εποξειδικής Βιταμίνης K (VKOR), και στην αδυναμία παραγωγής των παραγόντων πήξης του αίματος II προθρομβίνη και VII προκοονβερίνη με αποτέλεσμα την αδυναμία πήξης του αίματος οδηγώντας έτσι σε αιμορραγικό σοκ και έπειτα στο θάνατο (King και Tran, 2015). Τα συμπτώματα παρουσιάζονται ως σχετική αιμορραγία και απαιτεί τη χορήγηση θεραπείας συστατικών αίματος, αιμοστατικών παραγόντων και βιταμίνης K. Οι πιο συχνά αναφερόμενες περιοχές αιμορραγίας είναι βλεννογονοδερματικές, με την αιματοουρία να είναι το πιο κοινό χαρακτηριστικό. Οι θάνατοι από τρωκτικοκτόνα συνδέονται με ενδοκρανιακή αιμορραγία (King και Tran, 2015).

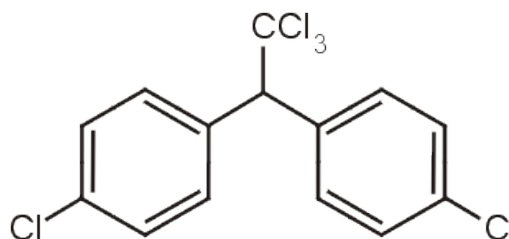
Επιπλέον, παρατηρήθηκε παρατεταμένη θρόμβωση και θρομβωτικές επιλοκές που συνδέονται με αιμοστατική θεραπεία έπειτα από μακροχρόνια έκθεση σε αντιπηκτικές ουσίες από τρωκτικοκτόνα. Τα τρωκτικοκτόνα αντιπηκτικά μακράς διάρκειας δράσης έχουν μια εξαιρετικά υψηλή συγγένεια με το VKOR, που χαρακτηρίζεται από και χαρακτηρίζονται από υποτροπή των διαταραχών της πήξης και αιμορραγία μετά την αρχική θεραπεία και την ανάγκη για μακροχρόνια θεραπεία με υψηλές δόσεις βιταμίνης K1 (King και Tran, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

3.1 DDT

Το DDT (p,p'-διγλωροδιφαινυλοτριγλωροαιθάνιο) παρασκευάστηκε το 1874 από τον Othmar Zeidler, ο οποίος δεν αναγνώρισε τις εντομοκτόνες ιδιότητές του. Η ανακάλυψη των εντομοκτόνων ιδιοτήτων του και η χρήση του ως εντομοκτόνου έγινε πολύ αργότερα, κατά τη δεκαετία του 1930 από τον Paul



Σχήμα 1 Δομή του DDT

Hermann Müller, όπου και αποτέλεσε το πρώτο από τα σύγχρονα συνθετικά εντομοκτόνα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση διαφόρων ανθρώπινων νόσων που μεταδίδονται μέσω των εντόμων, όπως για παράδειγμα της ελονοσίας και του τύφου, παρουσιάζοντας μεγάλη επιτυχία σε μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι, από το 1945 το DDT άρχισε να χρησιμοποιείται συστηματικά στην καταπολέμηση της ελονοσίας στην Ευρώπη, στην Ινδία, τη σημερινή Σρι Λάνκα και την Νότιο Αμερική, λόγω της αποτελεσματικότητας και της εύκολης και φθηνής εφαρμογής του. Ήταν φυσικό ότι η συμβολή του DDT στην καταπολέμηση επιδημιών και παρασιτικών ασθενειών που μάστιζαν την ανθρωπότητα επί αιώνες να επιβραβευθεί. Το 1948 απονεμήθηκε στον Paul Hermann Müller το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας και Ιατρικής (Curtis, 2002). Η επιτυχία όμως του DDT ως φυτοφαρμάκου και η μεγάλη χρήση του οδήγησε στην ανάπτυξη αντοχής πολλών ειδών εντόμων σε αυτό (EPA, 2017).

Αρχικές έρευνες του DDT δεν έδειξαν υψηλά επίπεδα τοξικότητας ή συμπτώματα στον άνθρωπο και στα ζώα, αφού δεν υπήρχαν ακόμη έρευνες βιοσυσσώρευσης και βιολογικών επιδράσεων για τοξικές πολυχλωριωμένες ουσίες. Η βιοσυσσώρευση πολυχλωριωμένων ουσιών στους βιολογικούς ιστούς και ιδιαίτερα στο λίπος των ζωντανών οργανισμών μέσω της διατροφικής αλυσίδας, είναι γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τις τελευταίες δεκαετίες και η περίπτωση του DDT αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο στην προσπάθεια αυτή (Solecki, 2000).

Το DDT έχει εξαιρετικές ιδιότητες για την καταπολέμηση των εντόμων, αλλά ως πολυχλωριωμένη ένωση είναι μη βιοδιασπάσιμη και η τοξικότητά της αυξάνει με τις υψηλές

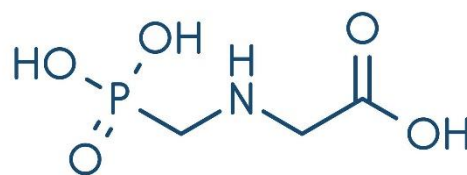
συγκεντρώσεις που συγκεντρώνονται στους λιπώδεις ιστούς. Η χρήση του DDT στη γεωργία των ανεπτυγμένων χωρών, και ιδιαίτερα των ΗΠΑ, αυξήθηκε αλόγιστα και με αλματώδη ρυθμό, ενώ οι επιπτώσεις στη ρύπανση του περιβάλλοντος εμφανίσθηκαν κατά τις επόμενες δεκαετίες. Τα πρώτα συμπτώματα των επιδράσεων του DDT εμφανίσθηκαν στις δεκαετίες του 1950-60, όπως για παράδειγμα νεκρά ψάρια σε ποτάμια ή λίμνες μετά από ραντίσματα και μείωση των χρήσιμων εντόμων και των πουλιών στις γεωργικές περιοχές (Murphy et al., 2011).

Το αμερικανικό Υπουργείο Γεωργίας ξεκίνησε ρυθμιστικές ενέργειες στα τέλη της δεκαετίας του 1960, για να απαγορεύσει πολλές από τις χρήσεις του DDT λόγω των αυξανόμενων περιβαλλοντικών και τοξικολογικών επιπτώσεων του. Η δημοσίευση του *Silent Spring* της Rachel Carson το 1962 προκάλεσε ευρεία δημόσια ανησυχία για τους κινδύνους της ακατάλληλης χρήσης φυτοφαρμάκων και την ανάγκη για καλύτερους ελέγχους σε αυτά (EPA, 2017).

Το 1972, ο EPA, ο Παγκόσμιος Οργανισμός προστασίας του περιβάλλοντος, ζήτησε την απαγόρευση του DDT με βάση τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς και τους πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Έκτοτε, οι μελέτες έχουν συνεχιστεί και υπάρχει υπόνοια ύπαρξης σχέσης μεταξύ έκθεσης σε DDT και αναπαραγωγικών επιδράσεων σε ανθρώπους (EPA, 2017). Επιπλέον, ορισμένα ζώα που εκτέθηκαν σε DDT σε μελέτες ανέπτυξαν όγκους του ήπατος (EPA, 2017). Ως αποτέλεσμα, σήμερα, το DDT ταξινομείται ως πιθανός καρκινογόνος παράγοντας από τις ΗΠΑ και τις διεθνείς αρχές (EPA, 2017), αφού υπάρχουν ενδείξεις ότι τόσο το DDT όσο και ο μεταβολίτης του, *p-dichlorodiphenyldichloroethylene* (DDE), ενδέχεται να προκαλούν ενδοκρινικές διαταραχές και να έχουν καρκινογόνο δράση (Nicolopoulou et al., 2016).

3.2 GLYPHOSATE

Το Glyphosate ανακαλύφθηκε από τον χημικό John E. Franz, χημικό της εταιρείας Monsanto, το 1970 και είναι μια οργανοφωσφορική ένωση, η οποία δρα αναστέλλοντας την συνθετάση 5-ενολοπυριδυλοσικυματικού 3-φωσφορικού ενζύμου φυτού. Είναι η δραστική ουσία που περιέχουν τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, συμπεριλαμβανομένου του Roundup της Monsanto, και η ουσία που χρησιμοποιείται περισσότερο στις γεωργικές καλλιέργειες. Πολλοί αγρότες χρησιμοποιούν σκευάσματα που περιέχουν αυτή την ουσία, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των καλλιεργειών αλλά και λίγο πριν τη συγκομιδή των καρπών, γεγονός που κάνει το glyphosate ακόμα πιο επικίνδυνο.



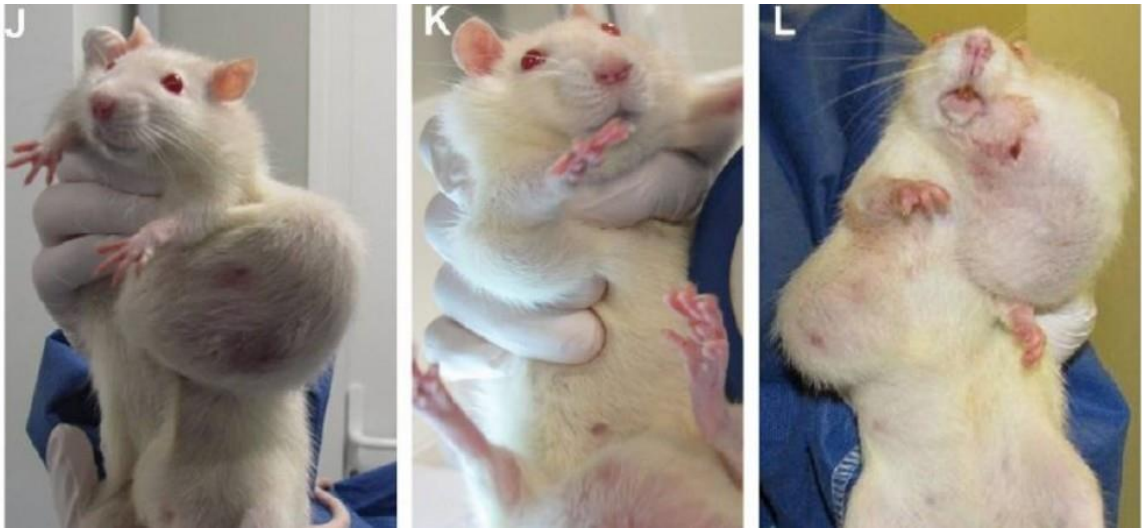
glyphosate

Σχήμα 2 Δομή του Glyphosate

Οι ανησυχίες σχετικά με τους κινδύνους του glyphosate για την ανθρώπινη υγεία υπήρξαν εδώ και χρόνια. Το glyphosate θεωρείται ότι είναι ένας διαταράκτης ορμονών που μπορεί να προκαλέσει καρκινικούς όγκους, γενετικές ανωμαλίες και άλλες αναπτυξιακές διαταραχές, όπως υποστηρίζουν ορισμένοι επιστήμονες, γι' αυτό και δεν μπορούν να οριστούν ασφαλή χαμηλά όρια για την κατανάλωσή του (Myers et al., 2016).

Το glyphosate καταστρέφει τα ωφέλιμα βακτήρια του εντέρου επιτρέποντας στα παθογόνα να αναπτυχθούν. Επιπλέον, τροποποιεί τη λειτουργία των ενζύμων P450 (CYP) και συμπλοκοποιεί σημαντικά ιχνοστοιχεία, όπως το σίδηρο, το κοβάλτιο, κ.ά. Επίσης, οδηγεί σε ανεπάρκεια σημαντικών νευροδιαβιβαστών και παρεμποδίζει τη σύνθεση και μεταφορά θεικών ομάδων (Myers et al., 2016).

Σε έρευνα που διεξήγαγε η εταιρεία Monsanto διαπιστώθηκε πως έπειτα από 90 μέρες έκθεσης αρουραίων σε glyphosate δεν παρουσιάστηκαν νεφρικές και ηπατικές βλάβες. Επίσης, η εταιρεία ισχυρίζεται ότι το Roundup είναι ακίνδυνο, διότι τα κύτταρα μας δεν έχουν τη shikimate οδό την οποία το ίδιο αναστέλλει. Σε αυτή την έρευνα στηρίζονται οι βιομηχανίες τροφίμων και οι εταιρείες, οι οποίες ισχυρίζονται ότι τα επίπεδα του glyphosate στα τρόφιμα δεν αποτελούν κίνδυνο για τους καταναλωτές. Αυτή η έρευνα όμως αντικρούεται από μία μεταγενέστερη έρευνα που πραγματοποίησε ο Gilles-Eric Seralini και η ομάδα του, αλλάζοντας όμως το χρόνο έκθεσης των αρουραίων από 90 μέρες σε 2 χρόνια. Η δεύτερη έρευνα έδειξε πως οι νεφρικές και ηπατικές βλάβες, οι οποίες δεν ήταν βιολογικά σημαντικές, εξελίχθηκαν σε σοβαρές ασθένειες έπειτα από μακροχρόνια έκθεση (Seralini et al., 2014).



Εικόνα 2 Έκθεση τρωκτικών σε glyphosate, Seralini, 2014

Επιπλέον, τα σκευάσματα των παρασιτοκτόνων περιέχουν και άλλες «αδρανείς» ουσίες των οποίων η συνέργεια τα κάνει 1000 φορές τοξικότερα από τη δραστική ουσία glyphosate (Seralini et al., 2014). Τα πρόσφατα ευρήματα της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ), όπως για παράδειγμα η παρουσία του glyphosate σε ψωμί που πωλείται στο Ηνωμένο Βασίλειο, θέτουν σοβαρά ερωτήματα (Carrington, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΩΝ

Τα παρασιτοκτόνα σκευάσματα δεν περιέχουν μόνο τη δραστική ουσία, αλλά έπειτα από διάλυση τους σε νερό, ελαιώδεις ουσίες ή άλλα χημικά ανενεργά υλικά, ώστε να μπορούν να εφαρμοσθούν ομοιόμορφα στην επιφάνεια της φυτείας. Τα δραστικά συστατικά αναμιγνύονται με διαλύτες, προσκολλητικούς παράγοντες, σκόνες και κόκκους έτσι ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν. Για την επιλογή του σωστού σκευάσματος λαμβάνονται υπόψη η αποτελεσματικότητα του φαρμάκου, ο κίνδυνος διαφυγής και απορροής, καθώς και η πιθανή φυτοτοξικότητα στα καλλιεργούμενα φυτά (Matthews, 2000).

Η εφαρμογή των παρασιτοκτόνων μπορεί να γίνει είτε πριν είτε μετά την φύτευση των φυτών στον χώρο της καλλιέργειας, καθώς επίσης και πάνω στα φυτά ή ακόμα και στο σπόρο. Ο τρόπος που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από το είδος του παράσιτου που μπορεί να αναπτυχθεί, τη δραστική συστατική ουσία του προϊόντος, το είδος του φυτού ή του καρπού και το βαθμό απόδοσής του στη συγκεκριμένη ποικιλία (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2014).

4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

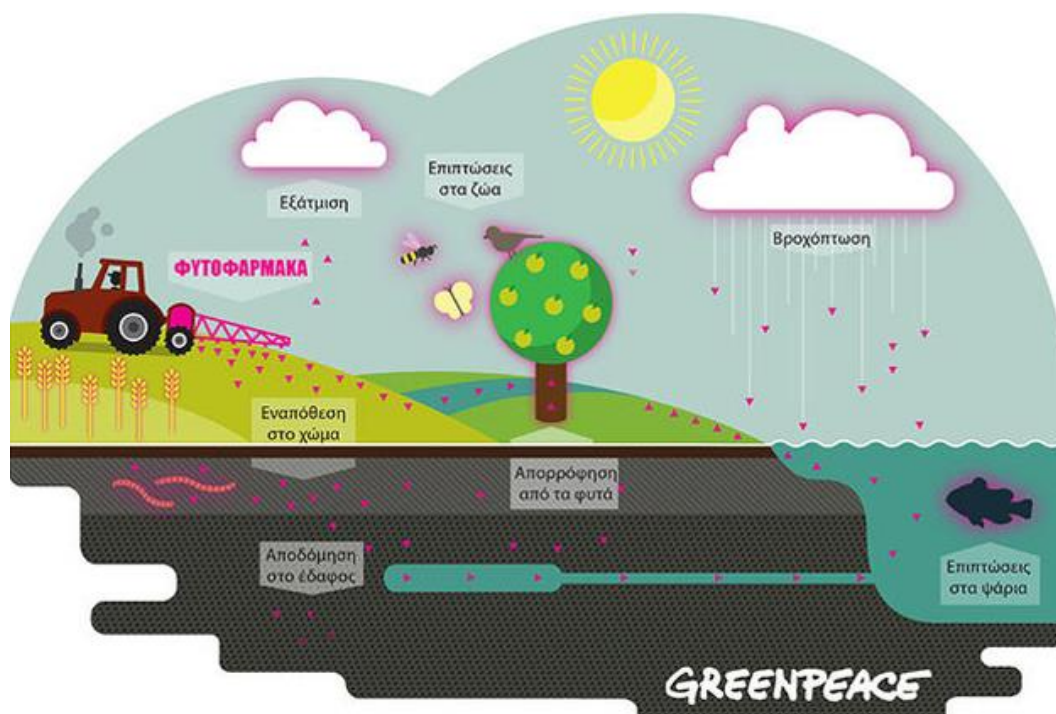
Η ανθρώπινη γεωργική δραστηριότητα αποτελεί το βασικότερο παράγοντα ρύπανσης του περιβάλλοντος. Μέσω της χρήσης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων ενισχύεται η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών και μέσω της αντιμετώπισης των ασθενειών που προκαλούν τα έντομα. Ωστόσο, η πρακτική αυτή οδηγεί σε αυξημένη έκθεση των αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων σε παρασιτοκτόνα. Τα παρασιτοκτόνα, εξαιτίας της σύστασής τους, της χημικής δομής, του τρόπου που δρουν αλλά και του τρόπου που εφαρμόζονται από τους καλλιεργητές, θεωρούνται από τους πιο επιβλαβείς ρυπαντές του πλανήτη (Cunningham και Cunningham, 2008). Η διασπορά των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον επιφέρει αρνητικές συνέπειες σε οργανισμούς που δεν αποτελούν στόχους, στο έδαφος, στα ύδατα και στην ατμόσφαιρα, όπου καταλήγουν μέσω της διατροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο.

Ωστόσο, η μακροχρόνια χρήση των φυτοφαρμάκων είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συνθηκών ανθεκτικότητας των πληθυσμών στο συγκεκριμένο φυτοφάρμακο, με αποτέλεσμα τα έντομα, τα ζιζάνια και οι μύκητες που μπορούσαν να καταπολεμηθούν στο παρελθόν με τη

χρήση συγκεκριμένων φυτοφαρμάκων, πλέον να είναι ανθεκτικά σε αυτά. Η κατάσταση αυτή καθιστά απαραίτητη την ανακάλυψη νέων φυτοπροστατευτικών προϊόντων, πιο δραστικών, με διαφορετική χημική δομή και άλλο τρόπο δράσης.

Κατά τη διάρκεια του ψεκασμού ενός ενεργού φυτοπροστατευτικού προϊόντος ένα ποσοστό του φθάνει στον οργανισμό, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα διοχετεύεται στο έδαφος, στο νερό και στην ατμόσφαιρα (Ferencz and Balog, 2010). Αυτό δημιουργεί αρνητικές συνέπειες στο οικοσύστημα, όπως υπερβολική χρήση παρασιτοκτόνων λόγω ανθεκτικότητας των παθογόνων οργανισμών, η σταδιακή απώλεια γονιμότητας του εδάφους λόγω αλλαγής της σύστασης του και του pH, η αύξηση της συγκέντρωσης των υπολειμμάτων των φυτοφαρμάκων στην τροφική αλυσίδα, μέσω της βιοσυσσωρεύσης, και η μείωση της βιοποικιλότητας λόγω καταστροφής οργανισμών που δεν αποτελούσαν στόχο, όπως για παράδειγμα οι μέλισσες.

Τα παρασιτοκτόνα επηρεάζουν την πανίδα και τη χλωρίδα του εδάφους, αφού εισέρχονται στο έδαφος και προσλαμβάνονται από τα φυτά μέσω των ριζών, και από τα ζώα μέσω της τροφής. Οι αρνητικές συνέπειες εμφανίζονται και στους ανθρώπους, στα πτηνά και στα θηλαστικά, μέσω της τροφικής αλυσίδας. Επιπλέον, το έδαφος είναι αποδέκτης των ρύπων που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα και μέσω των βροχών καταλήγουν στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες.



Εικόνα 3: Παράγοντες απορρόφησης παρασιτοκτόνων από το έδαφος, efsyn.gr, 2015

Η μεταφορά των φυτοφαρμάκων στα υπόγεια νερά εξαρτάται από το πόσο εύκολα διαλύονται στο νερό και από την απορροφητικότητα του εδάφους, ενώ η μεταφορά και η

δέσμευσή τους στο έδαφος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους, ο εδαφικός τύπος, κ.ά. Η παραμονή και η τοξικότητα τους στο έδαφος εξαρτάται από τη βιοαποικοδόμησή τους, δηλαδή τη μετατροπή τους σε πιο απλούστερες ουσίες (Ρεκλείτη και Κυλούδης, 2012).

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί μελέτες για την εκτίμηση των επιπτώσεων από τη χρήση γεωργικών φαρμάκων, τόσο σε χερσαίους όσο και σε υδάτινους ζωντανούς οργανισμούς. Μελέτες που αφορούν διάφορα είδη υδρόβιων οργανισμών έδειξαν ότι οργανισμοί που εκτέθηκαν σε παρασιτοκτόνα παρουσίασαν μειωμένη κινητικότητα, ενώ μετά από έκθεση τους σε μεγάλες συγκεντρώσεις παρασιτοκτόνων παρατηρήθηκε αύξηση της θνητότητας (Webster et al., 2014).

4.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Πολλές από τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στα παρασιτοκτόνα είναι επίμονοι ρυπαντές του εδάφους, ενώ η εκτεταμένη χρήση τους μειώνει τη γενική βιοποικιλότητα στο έδαφος. Πολλά γεωργικά φάρμακα βρέθηκαν να έχουν δυσμενείς επιδράσεις στις βιολογικές διεργασίες του εδάφους που συμβάλλουν στη διατήρηση της γονιμότητας του, όπως στη σύνθεση, τη δράση και τον αριθμό των μικροβιακών πληθυσμών του εδάφους, καθώς και στους κύκλους του αζώτου, του θείου και του φωσφόρου, προκαλώντας έτσι μείωση της παραγωγικότητας του. Οι επιπτώσεις των χημικών αυτών ουσιών μπορεί να υπομείνουν για δεκαετίες και να επηρεάσουν τη διατήρηση και τη γονιμότητα του εδάφους καθώς και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Gevao et al., 2000).

Η μακροχρόνια χρήση των παρασιτοκτόνων στη γεωργική παραγωγή μπορεί να υποβαθμίσει και να μειώσει τον αριθμό των μικροοργανισμών του εδάφους, με αποτέλεσμα την αλλαγή της σύστασής του. Τα γεωργικά παρασιτοκτόνα που τοποθετούνται ή φτάνουν στο έδαφος θανατώνουν παράλληλα με τους παθογόνους οργανισμούς και ένα μεγάλο εύρος μη παθογόνων και ωφέλιμων στο περιβάλλον οργανισμών.

Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει πως η δράση των παρασιτοκτόνων μπορεί να είναι δηλητηριώδης για τους μικροοργανισμούς, ενώ κάποιες άλλες μελέτες παρουσιάζουν αφομοίωση των υπολειμμάτων των φυτοφαρμάκων από τους οργανισμούς. Η επίδραση των φυτοφαρμάκων στους μικροοργανισμούς του εδάφους επηρεάζεται από την εμμονή, τη συγκέντρωση και την τοξικότητα του εφαρμοζόμενου φυτοφαρμάκου, πέραν των διαφόρων

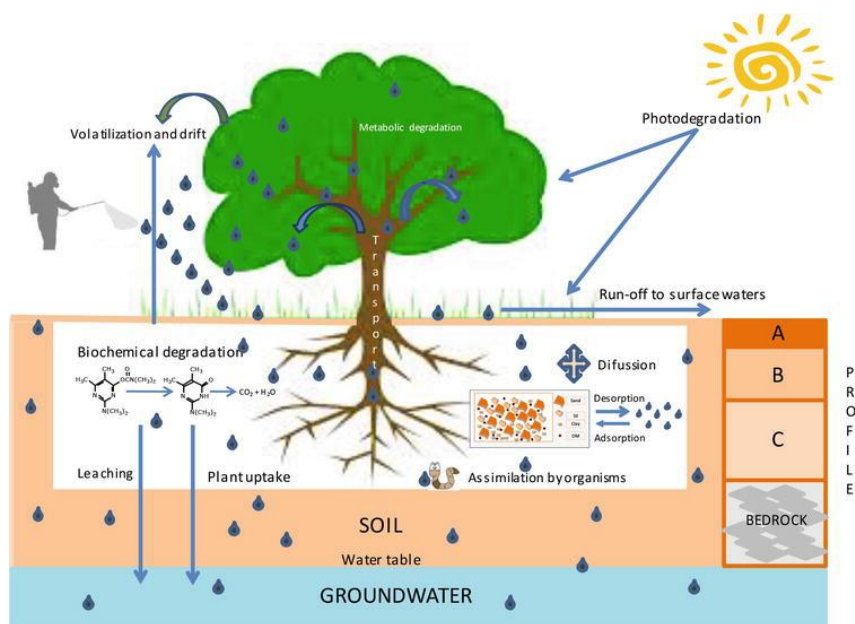
περιβαλλοντικών παραγόντων. Αυτό αποδεικνύει πως η μακροχρόνια εφαρμογή παρασιτοκτόνων μπορεί να διαταράξει τις βιοχημικές διεργασίες του κύκλου των θρεπτικών ουσιών (Gevao et al., 2000).

4.4 ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος προερχόμενη από ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ρύπανση των υδάτων από γεωργικές δραστηριότητες αφορά τη ρύπανση από τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, τα οποία εισέρχονται στα υδάτινα συστήματα μέσω σημειακών πηγών ή διάχυτων και σχετίζονται με το φαινόμενο του ευτροφισμού των νερών και τη νιτρορύπανση (Pérez-Lucas et al., 2018). Συνέπειες του ευτροφισμού είναι η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα του νερού, η δημιουργία τοξινών που σκοτώνουν τα ψάρια, η παραγωγή ενώσεων που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στο νερό και η εν γένει διαταραχή της οικολογικής ισορροπίας (Pérez-Lucas et al., 2018). Είναι γεγονός ότι το πόσιμο νερό που καταναλώνει περίπου το 60% των ευρωπαϊών πολιτών, προέρχεται από ύδατα τα οποία απειλούνται από υπολείμματα φυτοφαρμάκων και νιτρικών αλάτων, λόγω των χρησιμοποιούμενων γεωργικών πρακτικών. Επιπλέον, στις ΗΠΑ περισσότερο από το 50% των ανθρώπων χρησιμοποιούν πόσιμο νερό προερχόμενο από τα υπόγεια ύδατα, γεγονός που αυξάνει τις πιθανότητες τα άτομα αυτά να λαμβάνουν ουσίες που υπάρχουν στα παρασιτοκτόνα (Pérez-Lucas et al., 2018).

Η απόπλυση αποτελεί τη συνηθέστερη διαδικασία κατά την οποία τα παρασιτοκτόνα εισέρχονται στον υδροφόρο ορίζοντα, γι' αυτό και συνιστά περιβαλλοντικό κίνδυνο αφού μπορεί να ρυπάνει τα ρηγά υπόγεια ύδατα και τους βαθύτερους υδροφορείς.

Τα παρασιτοκτόνα εφαρμόζονται είτε στα φυτά είτε στο έδαφος, με αποτέλεσμα μέσω της βροχής να μεταφέρονται στον υδροφόρο ορίζοντα και να ρυπαίνουν τόσο τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα όσο και τα επιφανειακά νερά. Επιπλέον, υπολείμματα τους μπορεί να υπάρχουν στα βρώσιμα μέρη των φυτών, τα οποία μέσω της τροφής μεταφέρονται και στον άνθρωπο.



Εικόνα 4 Μεταφορά παρασιτοκτόνων στον υδροφόρο ορίζοντα, online book - Pérez-Lucas et al, 2018

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις είναι ανθεκτικές, βιοαποδομούνται πολύ αργά, είναι λιποδιαλυτές και βιοσυσσωρεύονται στον οργανισμό μέσω της τροφικής αλυσίδας. Πολλές ενώσεις της κατηγορίας αυτής έχουν απαγορευτεί λόγω τοξικότητας, όπως τα DDT, Dieldrin, Eldrin κλπ. (Perez-Lucas et al., 2018).

Οι διαδικασίες μέσω των οποίων τα παρασιτοκτόνα μπορούν να μεταφερθούν είναι η διάχυση, η πτητικοποίηση, η έκπλυση, η διάβρωση και η απορρόφηση, η αφομοίωση από τους μικροοργανισμούς και η απορρόφηση από τα φυτά. Το γεωργικό φάρμακο, αφού εισέλθει στο έδαφος θα προσληφθεί από τις ρίζες των φυτών, όπου θα αποικοδομηθεί και έπειτα θα απομακρυνθεί από το έδαφος μέσω της εξάτμισης ή μέσω της υδάτινης διάβρωσης, όπου και θα καταλήξει στα υπόγεια νερά. Η παραμονή των παρασιτοκτόνων στο έδαφος έχει άμεση σχέση με την υγρασία του εδάφους, την οργανική ύλη που περιέχει, το pH, τη θερμοκρασία του εδάφους και τις ανόργανες ουσίες (Pérez-Lucas et al., 2018).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν το 2011 σε υπόγεια ύδατα και ποτάμια και αφορούν τη ρύπανση των υδάτων από παρασιτοκτόνα. Οι τιμές των συγκεντρώσεων είναι σε $\mu\text{g/l}$ και παρουσιάζονται οι υπερβάσεις ορισμένων παρασιτοκτόνων, καθώς και τα επιτρεπτά όρια των φυτοφαρμάκων.



Εικόνα 5 Συγκεντρώσεις παρασιτοκτόνων σε υπόγεια ύδατα και ποτάμια, Eurostat, 2018

4.5 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΕΡΑ

Τα περισσότερα φυτοφάρμακα απορροφώνται από τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία βρίσκονται διεσπαρμένα στον αέρα. Άρα τα συμπεράσματα σχετικά με το χρόνο ημιζωής, καθώς και τους πιθανούς κινδύνους, πρέπει να ληφθούν υπόψη όσο η δραστηριότητα είναι ενεργή κατά τη σωματιδιακή φάση. Έχει αποδειχθεί ότι τα σωματίδια του αερολύματος τα οποία απορροφούν τις ημι-πηκτικές ενώσεις και τις ουσίες των φυτοφαρμάκων, είναι πιο ανθεκτικά σε σχέση με τις εξαιρετικά δραστικές ρίζες του υδροξυλίου (OH), που αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον αυτοκαθαρισμό της ατμόσφαιρας.

Ο χρόνος ημιζωής των χημικών ουσιών διφenoκoναζόλη, τετρακoναζόλη, φιπρονίλη, οξαδιαζόνη, δελταμεθρίνη, κυπροδινίλη, περμεθρίνη και πεντιμεθαλίνη, που βρίσκονται στα αιωρούμενα σωματίδια, είναι της τάξης αρκετών ημερών και σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνάει το διάστημα του ενός μήνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα φυτοφάρμακα να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή ρύπανσης (Socorro et al., 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

5.1 ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Μια τοξική ουσία εισέρχεται στον οργανισμό μέσω του αναπνευστικού συστήματος, της απορρόφησης από το δέρμα και του γαστρεντερικού. Πιο συγκεκριμένα, η έκθεση στις επικίνδυνες ουσίες των φυτοφαρμάκων γίνεται με εισπνοή της τοξικής ουσίας από ψεκασμούς εξωτερικών και εσωτερικών χώρων, από το δέρμα με τυχαία επαφή του με την ουσία ή από επιβαρυμένα ενδύματα και επιφάνειες, καθώς επίσης με την κατάποση λόγω ατυχήματος ή από υπολείμματα σε τρόφιμα και στο νερό.

Η εισπνοή τοξικών ουσιών είναι ο συνηθέστερος και σημαντικότερος τρόπος εισόδου των ουσιών αυτών στον οργανισμό. Αφού εισέλθει στον οργανισμό κατανέμεται στα διάφορα όργανα, βιομετατρέπεται και στη συνέχεια αποβάλλεται από τον οργανισμό. Η συγκέντρωση μιας τοξικής ουσίας ανιχνεύεται κυρίως από τα ούρα, όπου και καταγράφεται το συνολικό φορτίο της. (Κουτσελίνη 2004).

5.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Οι επιπτώσεις των φυτοφαρμάκων στην υγεία του ανθρώπου μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: οξείες, όπως δηλητηρίαση και ασθένειες που προκαλούνται από σχετικά υψηλές δόσεις και τυχαίες εκθέσεις, και χρόνιες, οι οποίες ενδέχεται να μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο, γενετικές ανωμαλίες, ανοσολογικά προβλήματα, ενδομητρίωση, νευρολογικά προβλήματα, καθώς και άλλες χρόνιες εκφυλιστικές ασθένειες (Cunningham και Cunningham, 2008).

Στην Ελλάδα από τα στοιχεία που προκύπτουν από το Κέντρο Δηλητηριάσεων, κατά μέσο όρο τα έτη 2015 – 2017 καταγράφηκαν 535,3 περιστατικά οξείας δηλητηρίασης από παρασιτοκτόνα ενώ τα έτη 2012 - 2014 καταγράφηκαν 436,3 περιστατικά κατ' έτος. Από τη μελέτη αυτή διαπιστώνεται μεγάλος αριθμός περιστατικών λόγω επαγγελματικής έκθεσης όπου στις περισσότερες περιπτώσεις η δηλητηρίαση προήλθε έπειτα από έκθεση σε glyphosate. Η αύξηση των περιστατικών δηλητηριάσεων που κατεγράφησαν αναδεικνύει το πρόβλημα των δηλητηριάσεων από γεωργικά φάρμακα. Τα αποτελέσματα αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα, όπως δημοσιεύτηκαν από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2018).

	2015	2016	2017
Συνολικός αριθμός περιπτώσεων	593	530	483
Απόπειρες	31	73	58
Επαγγελματικές	348	396	380
Ατυχήματα	214	61	45
Θάνατοι	5	3	3

Πίνακας 2 Δηλητηριάσεις από γεωργικά φάρμακα

Ένα σοβαρό περιστατικό δηλητηρίασης καταγράφηκε το 1959 στη Τουρκία, σε ορφανοτροφείο, όπου 3000 παιδιά δηλητηριάστηκαν από ψωμί το οποίο είχε παραχθεί από σιτάρι και στο οποίο είχε γίνει εφαρμογή του εξαχλωριούχου βενζολίου.

Το 1976 στην Ιταλία υπήρξαν πολλά θύματα έπειτα από ατύχημα σε βιομηχανία παρασκευής χλωριωμένου ζιζανιοκτόνου, εξαιτίας διαρροής διοξίνης. Επίσης, την ίδια χρονιά παρατηρήθηκαν περιστατικά δηλητηρίασης σε ανθρώπους που ψέκαζαν από μαλάθειο (Eskenzi et al., 1018).

Μέχρι πρότινος, τα παρασιτοκτόνα αντιμετωπίζονταν μόνο από τη θετική τους πλευρά. Όμως, κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, διατυπώθηκαν έντονες ανησυχίες για τη δράση των φυτοφαρμάκων, αφού σε διάφορες περιοχές του πλανήτη εξαφανίστηκαν ομάδες φυτών και ζώων, ενώ τα αποτελέσματα των διαφόρων επιστημονικών ερευνών έδειξαν τη βλαπτική τους επίδραση στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Τα χρόνια αποτελέσματα της χρόνιας έκθεσης του ανθρώπου σε χαμηλές δόσεις έχουν αποδειχθεί εν μέρει, υπάρχουν όμως ακόμα πολλές αδιευκρίνιστες επιπτώσεις (Hallenbeck και Cunningham-Burns, 1985).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο εργοστάσιο Tainjing Chemical Factory στην Κίνα, διαπιστώθηκε ότι οι εργαζόμενοι που εκτέθηκαν σε χλωρονιτροβενζόλιο, συστατικό που περιέχουν ορισμένα παρασιτοκτόνα, εμφάνισαν κόπωση, κεφαλαλγία, ερεθισμό των ματιών, ερεθισμό του δέρματος, ηπατομεγαλία, σπληνομεγαλία και καρδιαγγειακές επιδράσεις (Jones et al., 2006).

Μελέτες έχουν δείξει ότι το Roundup είναι επιβλαβές για την υγεία των ανθρώπων και προκαλεί μακροπρόθεσμη τοξικότητα. Πιο συγκεκριμένα, προκαλεί γενετική βλάβη (τερατογένεση), προβλήματα στην αναπαραγωγή, όπως αποβολές, καρκινογένεση, αναπνευστικά και γαστρεντερικά προβλήματα, ταχυκαρδία, ναυτία, υψηλή πίεση, προβλήματα στο καρδιαγγειακό σύστημα, νεφρική ανεπάρκεια, κ.ά. (Samsel και Seneff, 2013). Επιπλέον, η

έκθεση σε glyphosate έχει συνδεθεί με προβλήματα στην αναπαραγωγική ικανότητα (Samsel και Seneff, 2013).

Οι μελέτες που συνδέουν την έκθεση σε glyphosate με τα προβλήματα στην αναπαραγωγή αφορούν άλλα είδη ζωντανών οργανισμών, όπως ψάρια και αρουραίους, και αυτό γιατί ο αριθμός των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί στον άνθρωπο είναι πολύ μικρός. (Samsel και Seneff, 2013).

Η θευική χοληστερόλη διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στη γονιμοποίηση και ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητος για το αρσενικό αναπαραγωγικό σύστημα, με υψηλή συγκέντρωση στο σπέρμα. Έτσι, η πιθανή μείωση της βιοδιαθεσιμότητας αυτών των δύο θρεπτικών ουσιών λόγω των επιδράσεων του glyphosate, θα μπορούσε να συμβάλλει σε προβλήματα στειρότητας (Samsel και Seneff, 2013).

Η IARC έχει κατατάξει το glyphosate ως «probable, πιθανή» καρκινογόνο ουσία, παρόλο που η EPA δεν το θεωρεί καρκινογόνο. Μια μελέτη σχετικά με επαγγελματίες εφαρμοστές φυτοφαρμάκων που εκτέθηκαν επαγγελματικά σε glyphosate, έδειξε έναν σημαντικά αυξημένο κίνδυνο για το πολλαπλό μυέλωμα. Το μυέλωμα έχει συσχετιστεί με παράγοντες που προκαλούν βλάβη στο DNA και η βλάβη του DNA είναι μια γνωστή συνέπεια της χρόνιας έκθεσης σε φλεγμονώδεις παράγοντες, οι οποίοι προκαλούνται από το glyphosate που δρα στα βακτήρια του εντέρου και καταστέλλει τη δραστηριότητα του ενζύμου CYP (Samsel και Seneff, 2013).

Ένας άλλος τύπος καρκίνου που μπορεί να εμπλέκεται στην έκθεση στο glyphosate είναι ο καρκίνος του μαστού. Οι ισχυρότερες ενδείξεις για μια τέτοια σχέση προέρχονται από μελέτες σε αρουραίους εκτεθειμένους σε glyphosate στην τροφή τους καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους, όπου ορισμένοι από τους θηλυκούς αρουραίους υπέκυπταν εξαιτίας τεράστιων όγκων στους μαστούς (Samsel και Seneff, 2013).

Γενικά, το επόμενο στάδιο μετά την λοίμωξη ενός συστήματος αποτελεί η ανάπτυξη κακοήθων νεοπλασιών (Yang et al., 2019). Μερικές κατηγορίες φυτοφαρμάκων, όπως τα εντομοκτόνα, είναι πολύ τοξικές για το ανοσοποιητικό σύστημα προκαλώντας καταστολή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της άμυνας του οργανισμού και την αδυναμία δράσης του εναντίον των καρκινικών κυττάρων. Τα παρασιτοκτόνα, λόγω της βλαπτικής τους επίδρασης στο ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού, μπορούν να συντελέσουν στην ανάπτυξη ορισμένων μορφών καρκίνου (Yang et al., 2019).

Οι νευροτοξικές επιδράσεις, ιδιαίτερα οι κινητικές ανεπάρκειες και οι νευρολογικές παθήσεις, σχετίζονται με χρόνια έκθεση σε οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα (Munoz-Quezada et al., 2018). Μελέτες έχουν επίσης δείξει μια συσχέτιση μεταξύ της χρήσης φυτοφαρμάκων και συναισθηματικών διαταραχών (κατάθλιψη και άγχος), αναπνευστικές δυσκολίες, αλλεργίες, καρκίνο, εμβρυϊκές ανωμαλίες και καθυστέρηση στην ανάπτυξη των νευρώνων σε παιδιά εργαζομένων που εκτίθενται σε παρασιτοκτόνα (Munoz-Quezada et al., 2018).

Τα παρασιτοκτόνα επίσης φαίνεται ότι επηρεάζουν τη λειτουργία των ενδοκρινών αδένων. Μελέτες σε πειραματόζωα έδειξαν ότι η έκθεση σε οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα διαταράσσει το ενδοκρινικό σύστημα των πειραματόζωων και επικεντρώνεται κυρίως στην διαταραχή της ομοιοστασίας ορμονών που σχετίζονται με τον άξονα υποθαλάμου-υπόφυσης-θυροειδούς (Yang et al., 2019). Τα αποτελέσματα μίας έρευνας έδειξαν ότι η χρόνια έκθεση αρουραίων σε διαιθυλοφωσφορικό εστέρα (DEP) οδήγησε σε μία εξαρτώμενη από τη δόση μείωση της TSH ορμόνης και σε σημαντική αύξηση των επιπέδων T3 και T4 ορμονών του θυροειδούς, σε σχέση με τους αρουραίους που εκτέθηκαν μόνο 24 εβδομάδες (Yang et al., 2019).

Λόγω της εκτεταμένης χρήσης οργανοφωσφορικών παρασιτοκτόνων, όπως το παραθείο και η διαζινόνη, οι συγκεντρώσεις της DEP σε ανθρώπινα ούρα ήταν υψηλές σε μερικές μελέτες (Yang et al., 2019).

Δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία σχετικά με την επίδραση των παρασιτοκτόνων στο αναπνευστικό σύστημα εργαζομένων παρά μικρός αριθμός μελετών. Ωστόσο, σε μία έρευνα που αφορούσε αγρότες που χρησιμοποιούσαν οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, διαπιστώθηκε ότι αυτά επηρεάζουν το αναπνευστικό σύστημα και συνδέονται με ορισμένες μορφές άσθματος. Τα παρασιτοκτόνα που αποδείχθηκε πως συνδέονται με τα αναπνευστικά προβλήματα των 2000 αγροτών που εξετάστηκαν, ήταν τα παραθείο, chlorpyrifos και μαλάθειο, όπου το πρώτο είχε και τα υψηλότερα ποσοστά αυτών. Επίσης, σε πείραμα που έγινε σε ινδικά χοιρίδια, τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα προκαλούν υπερδραστηριότητα των αεραγωγών (Hoppin et al., 2006).

5.3 ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ

Οι πληθυσμιακές ομάδες που επηρεάζονται περισσότερο από τις επιδράσεις των παρασιτοκτόνων είναι οι εργαζόμενοι στη γεωργία, τα μέλη των οικογενειών τους, καθώς και οι πληθυσμοί που ζουν σε αγροτικές περιοχές όπου εφαρμόζονται ψεκασμοί. Η επαγγελματική έκθεση σε παρασιτοκτόνα αποτελεί μία άμεσης μορφής έκθεσης και σχετίζεται με δηλητηριάσεις λόγω κακής χρήσης, φύλαξης ή άγνοιας. Πιο συγκεκριμένα, οι αγρότες φαίνεται να κινδυνεύουν από σοβαρές παθήσεις όπως η λευχαιμία, το πολλαπλό μυέλωμα, το μελάνωμα, ο καρκίνος του στομάχου και του προστάτη, καθώς έρχονται σε επαφή με αρκετές επικίνδυνες χημικές ουσίες, όπως τα παρασιτοκτόνα, οι ρύποι από τα γεωργικά μηχανήματα, τα λιπάσματα και τα μυκητοκτόνα (Lope et al., 2008).

Εκτός όμως των ομάδων οι οποίες επηρεάζονται από τις επιδράσεις των παρασιτοκτόνων λόγω της άμεσης έκθεσης, υπάρχει έμμεσος κίνδυνος για την υγεία των καταναλωτών εξ αιτίας των ψεκασμών που έχουν εφαρμοστεί στα παραγόμενα προϊόντα από παρασιτοκτόνα. Ακόμη, έμμεση έκθεση υφίσταται ο πληθυσμός, ο οποίος δια μέσου του υδροφόρου ορίζοντα εκτίθεται χρόνια στις χημικές ουσίες των γεωργικών φαρμάκων στις περιοχές άντλησης πόσιμου νερού, στην επιφάνεια ή κατά μήκος οδών μεταφοράς (syzefxis.gov, 2016).

Η τοξικότητα των φυτοφαρμάκων εκφράζεται με τη δόση που εκτιμάται ως ασφαλής (μέγιστη αποδεκτή ημερήσια δόση, εκφρασμένη σε mg της ουσίας ανά kg ανθρώπινου σωματικού βάρους, η οποία δεν επιφέρει κίνδυνο στον άνθρωπο) και συσχετίζεται με την ευαισθησία και το στάδιο ανάπτυξης του ανθρώπινου οργανισμού (Ρεκλείτη και Κυλούδης, 2012). Τα παιδιά σε σχέση με τους ενήλικες απορροφούν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων, που είναι μέχρι και δέκα φορές περισσότερο τοξικές σε αυτά. Ακόμη, παρατηρείται ανωριμότητα των μεταβολικών οδών, μειωμένη βιομετατροπή και απομάκρυνση τοξικών ουσιών. Επιπλέον, μπορούν να εκτεθούν τυχαία μέσω της τροφής, του νερού και του αέρα και είναι πιθανότερο να έλθουν σε επαφή με ψεκασμένες επιφάνειες λόγω άμεσης επαφής με το έδαφος ή κατανάλωση τροφής μη τηρώντας τους κανόνες υγιεινής. Έτσι, ο κίνδυνος κυτταρικών μεταλλάξεων που μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνους κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, αυξάνεται λόγω μη ανεπτυγμένου ανοσοποιητικού συστήματος και ταχέως πολλαπλασιασμού των κυττάρων κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας. (Ρεκλείτη και Κυλούδης, 2012).

Σε μελέτη που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Thorax διαπιστώθηκε σύνδεση μεταξύ της έκθεσης σε παρασιτοκτόνα και της πνευμονικής λειτουργίας σε παιδιά. Η έρευνα αυτή

πραγματοποιήθηκε σε μία περιοχή της Καλιφόρνιας, όπου υπήρχαν πολλές καλλιέργειες στις οποίες γινόταν χρήση παρασιτοκτόνων. Έπειτα από τις μετρήσεις των επιπέδων των παρασιτοκτόνων στα ούρα παιδιών ηλικίας 6 μηνών έως 5 ετών και της αναπνευστικής τους λειτουργίας με σπιρομέτρηση, διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά που εκτέθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα παρασιτοκτόνων είχαν υποδεέστερη πνευμονική λειτουργία, η οποία ήταν όμοια με εκείνη των παιδιών που εκτίθενται σε παθητικό κάπνισμα (Raanan et al., 2015).

5.4 ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Οι τοξικολογικές μελέτες αφορούν κυρίως μελέτες σε πειραματόζωα, σε *in vitro* καλλιέργειες σειρών ανθρώπινων κυττάρων και επιδημιολογικές μελέτες.

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Exeter στην Αγγλία, έδειξε πως τόσο το roundup όσο και το glyphosate προκαλούν οξειδωτικό στρες σε ιχθύες και μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητα στο αναπαραγωγικό σύστημα των θηλαστικών. Πιο συγκεκριμένα, έπειτα από 6 μέρες έκθεσης των ιχθύων σε σκευάσματα Roundup, μεταβίβηκαν τα επίπεδα κυτταρικών αντιοξειδωτικών και προκλήθηκε οξειδωτική βλάβη του DNA σε λιπίδια και πρωτεΐνες, ενώ έπειτα από 9 μέρες έκθεσης προκλήθηκε βλάβη του DNA στο αίμα και στα κύτταρα του ήπατος (Webster et al., 2014).

Επίσης, άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι το roundup, και σε ορισμένες περιπτώσεις το glyphosate, προκαλούν νευροτοξικότητα στα ψάρια. Ωστόσο, και τα δύο, έχει βρεθεί ότι μειώνουν την παραγωγή της τεστοστερόνης σε κύτταρα όρχεων αρουραίου έπειτα από έκθεση σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0,36 mg / l. (Webster et al., 2014).

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έρευνα με σκοπό τη μελέτη των επιπτώσεων του Roundup στο αναπαραγωγικό σύστημα των ιχθύων και τη σύνδεση των αποτελεσμάτων αυτών με την τοξικότητα του glyphosate. Έτσι, διεξήχθη ένα πείραμα όπου ιχθύες ποικιλίας zebrafish εκτέθηκαν για 21 ημέρες σε 0.01, 0.5 και 10 mg / l Roundup και 10 mg / l glyphosate, με σκοπό να διαπιστωθεί εάν η αναπαραγωγή, η ανάπτυξη του εμβρύου και η επιβίωση του επηρεάζονται. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τόσο το roundup όσο και το glyphosate έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην επιβίωση και εκκόλαψη των ψαριών, αλλά και ότι το glyphosate είναι ικανό να μειώσει τον αριθμό παραγωγής των αυγών (Webster et al., 2014).

Τέλος, σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκε σχέση μεταξύ έκθεσης σε παρασιτοκτόνα και συμπαγών όγκων, όπως όγκοι εγκεφάλου, νεφρών, παγκρέατος, νευροβλάστωμα, σάρκωμα (Tarvainen, 2008). Αυξημένη συχνότητα καρκίνου των νεφρών

συνδέθηκε με γονική έκθεση κατά τη γεωργική απασχόληση. Σημειώθηκε επίσης αυξημένη συχνότητα όγκων του εγκεφάλου (έκθεση σε παρασιτοκτόνα στο σπίτι, σε αγροτική απασχόληση, σε επαγγελματική έκθεση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

6.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Οι αρνητικές επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων οδήγησε στη θέσπιση νομοθετικών ρυθμίσεων, που αφορούν την αδειοδότηση και την έγκρισή τους και έχουν ως στόχο να προστατέψουν την υγεία των αγροτών και των καταναλωτών, καθώς και το περιβάλλον.

Στις ανεπτυγμένες χώρες, όπως την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις Η.Π.Α., έχουν ψηφιστεί αυστηροί κανονισμοί που περιορίζουν τη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και έχουν ως στόχο τη μείωση των υπολειμμάτων στα τρόφιμα και το νερό.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) θέσπισαν οριακές τιμές για υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων στα φυτικά και ζωικά προϊόντα.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ορίστηκε η Οδηγία 2000/60/ΕΚ (Water Framework Directive) για την προστασία των υδάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία έχει ως στόχο να περιορίσει τη χρήση διάφορων ουσιών που ρυπαίνουν το περιβάλλον, όπως είναι οι δραστικές ουσίες των φυτοφαρμάκων. Στην Ευρώπη η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση δραστικών ουσιών φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων στα ύδατα, πόσιμα, επιφανειακά ή υπόγεια, είναι 0,1μg/λίτρο και όχι επάνω από 0,5mg/λίτρο συνολικά για περισσότερα από ένα γεωργικά φάρμακα (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2000).

Πλέον στην Ευρωπαϊκή Ένωση εφαρμόζονται:

Ο κανονισμός 396/2005 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και της Επιτροπής για τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων πάνω ή εντός των τροφίμων και σε ζωοτροφές φυτικής και ζωικής προέλευσης, με βάση τον οποίο όλα τα κράτη μέλη της θα πρέπει να εναρμονιστούν στα μέγιστα επιτρεπτά όρια υπολειμματικότητας σε τρόφιμα και ζωοτροφές για όλα τα παρασιτοκτόνα που κυκλοφορούν. Αποτελέσματα από δειγματοληψίες που έγιναν σε χώρες της ΕΕ, στο πλαίσιο εκτέλεσης κοινοτικών προγραμμάτων, έδειξαν πως η κατάσταση στην Ελλάδα είναι ικανοποιητική και τα επίπεδα είναι χαμηλότερα από το μέσο όρο της Ευρώπης (Europa, 2005).

Η Οδηγία 2006/12/EK για τα στερεά και επικίνδυνα απόβλητα προβλέπει την ασφαλή διαχείριση των άδειων συσκευασιών φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων με βάση συγκεκριμένες οδηγίες.

Η Οδηγία 2009/128/EK (Sustainable Use Directive) για την αειφόρο χρήση των φυτοπροστατευτικών ουσιών, η οποία απαιτεί τη θέσπιση Εθνικών Σχεδίων Δράσης από τα κράτη της ΕΕ με στόχο τη μείωση της χρήσης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, καθώς και την προώθηση της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των φυτοπροστατευτικών (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009).

Ο Κανονισμός 1107/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, ο οποίος εφαρμόζεται από το 2011 και θέτει νέα όρια και διαδικασίες για την έγκριση και διάθεση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων εντός της ΕΕ. Επιπλέον, εισάγει κριτήρια επικινδυνότητας για τη μη-έγκριση μιας ουσίας και σχετίζεται με την ταξινόμηση των χημικών ουσιών σε καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες, τοξικές και σε ενδοκρινικούς διαταράκτες (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009).

6.2 ΒΙΟΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Η οικολογική παρακολούθηση και η αειφορική διαχείριση των οικοσυστημάτων αναπτύχθηκε με ταχείς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, λόγω των αυξανόμενων επιδράσεων στο οικοσύστημα και της ανάγκης της κοινωνίας για την προστασία του περιβάλλοντος. Με τον όρο βιοπαρακολούθηση ορίζεται η επιστημονική τεχνική που αναλύει την έκθεση ενός ατόμου σε φυσικά και συνθετικά χημικά, κατά την οποία εξετάζεται και μετράται η συγκέντρωση των χημικών ουσιών σε ιστούς και υγρά ενός ανθρώπινου οργανισμού, συνήθως στο αίμα, στα ούρα, το μητρικό γάλα και μερικές φορές τον αποβαλλόμενο αέρα. Η συγκεκριμένη τεχνική παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ποσότητες των χημικών ουσιών που έχουν εισέλθει και παραμένουν στο σώμα, προσδιορίζοντας το βαθμό έκθεσης του ανθρώπου σε περιβαλλοντικούς ρύπους, και χρησιμοποιείται για να δώσει την εικόνα της ποσότητας χημικής ουσίας που έχει απορροφηθεί και κατακρατηθεί από τον οργανισμό (American Chemistry Council, 2011).

Οι μελέτες βιοπαρακολούθησης παρέχουν ένα ευρύ φάσμα νέων πληροφοριών σχετικά με το πώς εκτίθενται οι άνθρωποι σε παρασιτοκτόνα σε διαφορετικές καταστάσεις.

6.3 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες βιοδεικτών (U.S. EPA):

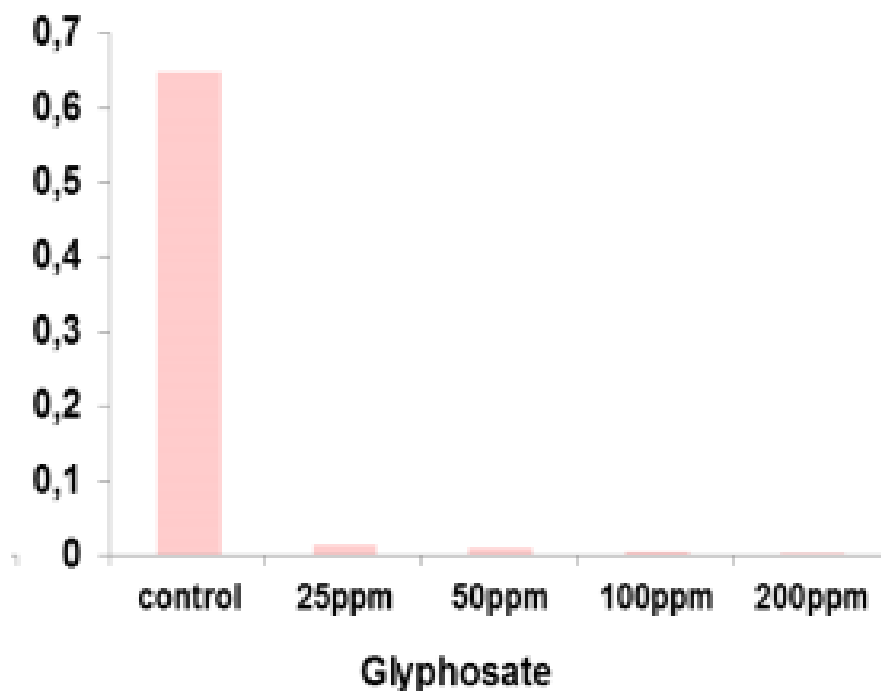
- I. Βιοδείκτες έκθεσης (biomarker of exposure): Χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η ποσότητα μιας χημικής ουσίας που είναι παρούσα μέσα στον οργανισμό και μετρώνται στα ούρα, το αίμα, το σάλιο, το μητρικό γάλα και το λίπος του σώματος.
- II. Βιοδείκτες ευπάθειας ή ευαισθησίας (biomarker of susceptibility): Αποτελούν δείκτες για την αντιμετώπιση μιας εξωγενούς χημικής ουσίας από τον οργανισμό και εκφράζουν την ευαισθησία των ατόμων στην έκθεση σε χημικές ουσίες.
- III. Βιοδείκτες επίδρασης (biomarker of effect): Είναι δείκτες που αφορούν την μεταβολή μιας βιολογικής λειτουργίας, λόγω έκθεσης σε χημικές ουσίες.

Βιοδείκτες μπορούν να είναι οργανισμοί όπως ιχθυες, πτηνά, μικροοργανισμοί ή ακόμα και η αύξηση ή μείωση ενός ζωικού πληθυσμού, και χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελεγχθεί η ρύπανση του περιβάλλοντος που θα οδηγήσει στην αξιολόγηση μίας κατάστασης ως φυσιολογικής ή παθολογικής. Επιπλέον, η παρουσία ή η απουσία συγκεκριμένων φυτών μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την υγεία του περιβάλλοντος (WHO, 1993). Η κάθε κατηγορία βιοδεικτών παρέχει διαφορετικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση που επικρατεί σε ένα οικοσύστημα, ενώ η χρήση τους βοηθάει στην καταγραφή μίας υπάρχουσας ρύπανσης αλλά και στην παρακολούθηση της εξέλιξης του περιβαλλοντικού καθαρισμού.

Περίπου το 75% των κοινώς χρησιμοποιούμενων οργανοφωσφορικών παρασιτοκτόνων (OP's) μπορεί να μεταβολίζεται και να αποικοδομείται σε διακυκλοφοσφορικά (DAPs) *in vivo* και στο περιβάλλον. Οι συγκεντρώσεις DAP σε ανθρώπινα ούρα χρησιμοποιούνται συχνά ως βιοδείκτες για έκθεση σε οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα (Yang et al., 2019).

Σε έρευνα που πραγματοποίησε ο καθηγητής επιδημιολογίας Alan S. Brown, του Mailman School of Public Health της Κολομβιανής Σχολής Δημόσιας Υγείας και Ψυχιατρικής στο Ιατρικό Κέντρο του Πανεπιστημίου Κολούμπια της Νέας Υόρκης, έδειξε ότι η αύξηση της εμφάνισης αυτισμού σε παιδιά συνδέεται με τα υψηλά επίπεδα του DDT (Brooks, 2016). Ο βιοδείκτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν τα επίπεδα DDE στο αίμα, όπου σύμφωνα με την έρευνα διαπιστώθηκε ότι οι πιθανότητες εμφάνισης αυτισμού με νοητική αναπηρία ήταν υπερδιπλάσιες όταν τα επίπεδα DDE της μητέρας ήταν υψηλότερα από το επιτρεπόμενο όριο. Όπως ανέφερε ο καθηγητής Health, «Μαζί με γενετικούς και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, τα ευρήματά μας υποδεικνύουν ότι η προγεννητική έκθεση στην τοξική ουσία DDT μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για τον αυτισμό» (Brooks, 2016).

Μελέτη σχετικά με την τοξικότητα του ζιζανιοκτόνου glyphosate πραγματοποιήθηκε επίσης στα φυτά *L. minor* L. Για τον προσδιορισμό της τοξικότητας χρησιμοποιήθηκε ο



Εικόνα 6 Μέτρηση της περιεκτικότητας των φυτών σε χλωροφύλλη σε διάφορες συγκεντρώσεις, Κωστοπούλου 2017

προσδιορισμός των τιμών EC50 για τη μέτρηση της χλωροφύλλης στα φυτά. Από την έρευνα επιβεβαιώθηκε η επίδραση του glyphosate στο μεταβολισμό του φυτού, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Κωστοπούλου, 2017).

Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι η παρουσία του glyphosate επηρεάζει τα μεταβολικά μονοπάτια που σχετίζονται με τον μεταβολισμό των υδατανθράκων, των αμινοξέων και των λιπιδίων, μειώνοντας την παραγωγή των μεταβολιτών που σχετίζονται με τον μεταβολισμό τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

7.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΡΘΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ

Η γεωργία ευθύνεται σε σημαντικό βαθμό για την ρύπανση του περιβάλλοντος γι' αυτό είναι σημαντικό οι γεωργικές διαδικασίες να είναι ελεγχόμενες, εξασφαλίζοντας έτσι την ασφάλεια του περιβάλλοντος και των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων. Η Ορθή Γεωργική Πρακτική (Good Agricultural Practices γνωστή και ως GAP) είναι μια σειρά μεθόδων οι οποίες αποσκοπούν στην προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας και ευημερίας των ανθρώπων, οι οποίοι καταναλώνουν τα γεωργικά προϊόντα (Τσελές et al., 2011).

Οι κανόνες και οι αρχές της ορθής γεωργικής πρακτικής δημιουργούν μία νοοτροπία πρόληψης και όχι εκ των υστέρων αντιμετώπισης προβλημάτων. Η εφαρμογή της ορθής γεωργικής πρακτικής έχει ως στόχο την αειφόρο ανάπτυξη, τη μακροπρόθεσμη αύξηση του εισοδήματος για τους αγρότες και ταυτόχρονα την παραγωγή ασφαλέστερων τροφίμων υψηλότερης ποιότητας.

Ο στόχος της ορθής γεωργικής πρακτικής είναι η παραγωγή ποιοτικών και ασφαλών τροφίμων με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας, μέσω της εφαρμογής υποχρεωτικών κανόνων παραγωγής, ελεγχόμενων και φιλικών προς το περιβάλλον. Αποτέλεσμα είναι η παραγωγή υγιεινότερων προϊόντων, που οι προδιαγραφές τους και ο τρόπος παραγωγής τους είναι γνωστός (Τσελές et al., 2011).

Οι Κώδικες της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, που έχουν θεσπιστεί, είναι μια σειρά από πρακτικές που αποτελούν τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις τις οποίες θα πρέπει να τηρούν οι αγρότες για να ενταχθούν σε διάφορα αγρο-περιβαλλοντικά προγράμματα της Ε.Ε του Κανονισμού (ΕΚ) 1257/99. Οι κώδικες αυτοί αφορούν τον τρόπο κατεργασίας του εδάφους, τη λίπανση, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, τη διαχείριση εξοπλισμού και ενέργειας, τον έλεγχο των ασθενειών, τη συγκομιδή, τη διαχείριση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και τη διαχείριση των απορριμμάτων (Εφημερίς της Κυβερνήσεως, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

8.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η εκβιομηχάνιση του γεωργικού τομέα έχει αυξήσει τη χημική επιβάρυνση των φυσικών οικοσυστημάτων. Τα παρασιτοκτόνα είναι χημικά που χρησιμοποιούνται σε γεωργικές εκτάσεις για την προστασία των φυτών και του ανθρώπου από διάφορες ασθένειες, όπως την ελονοσία, τη σχιστοσωμίαση, και το Δάγγειο πυρετό (Nicolopoulou-Stamati et al., 2016). Ωστόσο, λόγω του μεγάλου αριθμού αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούν στην υγεία και το περιβάλλον, οι παρενέργειές τους μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό περιβαλλοντικό παράγοντα κινδύνου για την υγεία. Οι υπάρχουσες γεωργικές πρακτικές περιλαμβάνουν την εκτεταμένη χρήση χημικών ουσιών, γνωστών για την ικανότητά τους να προκαλούν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου και την άγρια πανίδα και να υποβαθμίζουν το φυσικό περιβάλλον. Η επείγουσα ανάγκη για πιο βιώσιμη και οικολογική προσέγγιση έχει δημιουργήσει πολλές καινοτόμες ιδέες, μεταξύ των οποίων είναι οι γεωργικές μεταρρυθμίσεις και η παραγωγή τροφίμων, οι οποίες εφαρμόζουν φιλικότερες προς το περιβάλλον πρακτικές που θέτουν λιγότερους κινδύνους για τη δημόσια υγεία (Nicolopoulou-Stamati, 2016).

Βιολογική καλλιέργεια ονομάζεται η καλλιέργεια κατά την οποία η χρήση γεωργικών φαρμάκων, ορμονών και πρόσθετων ουσιών στις ζωοτροφές και στα συνθετικά λιπάσματα είναι μηδενική (Gupta και Dikshit, 2010). Οι κανόνες μιας βιολογικής καλλιέργειας ορίζονται από τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ.834/2007 και στοχεύουν στη δημιουργία ενός συστήματος αειφόρου διαχείρισης της γεωργίας, καθώς και στην παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Επιπλέον, θέτουν ως στόχο την παραγωγή γεωργικών προϊόντων παραγομένων με διεργασίες που δεν βλάπτουν το περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία, την υγεία των φυτών και των ζώων, καθώς και τις συνθήκες διαβίωσής τους.

Η καλλιέργεια ενός μόνο φυτού (μονοκαλλιέργεια) έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των συστατικών του εδάφους, τα οποία το φυτό απορροφά σε κάθε καλλιεργητική περίοδο. Μια βιολογική καλλιέργεια χρησιμοποιεί τη μέθοδο της αμειψισποράς, την εναλλαγή καλλιεργειών στο ίδιο χωράφι, προκειμένου να εμπλουτίσει το έδαφος με συστατικά που ορισμένα φυτά απορροφούν, ενώ άλλα αποδίδουν στο έδαφος. Με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται η γονιμότητα και η βιολογική δραστηριότητα του εδάφους, καθώς και ο έλεγχος των ζιζανίων.

Προϊόντα και σκευάσματα τα οποία είναι συμβατά με τη μέθοδο της βιολογικής γεωργίας αποτελούν τα μικροβιακά σκευάσματα, τα παρασιτοκτόνα φυτικής προέλευσης

(φυτικά εκχυλίσματα), τα προϊόντα χαλκού και οι παγίδες παρακολούθησης πληθυσμών εντόμων(Gupta και Dikshit, 2010).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες για τη σωστή ανάπτυξη του φυτού σε μία βιολογική καλλιέργεια είναι το κατάλληλο υπόστρωμα (χώμα), η σωστή λίπανση, το κατάλληλο πότισμα, η καταπολέμηση βλαβερών εντόμων και ζιζανίων με φυσικά σκευάσματα ή μέσα, η σωστή τοποθέτηση και ο προσανατολισμός της καλλιεργήσιμης έκτασης και η κατάλληλη συντήρηση του υποστρώματος, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας (Gupta και Dikshit, 2010).

Επιπλέον, ο περιορισμός της χρήσης των χημικών παρασιτοκτόνων με την εφαρμογή τους μόνο όταν και όπου είναι αναγκαία, η χρήση επιλεγμένων τεχνολογικών εργαλείων, όπως συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, αισθητήρες και συστήματα εντοπισμού θέσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των κινδύνων, τη ρύπανση του περιβάλλοντος και των υδάτων, καθώς και για την ενίσχυση των οικονομικών οφελών που απορρέουν από τη μείωση της χρήσης των χημικών ουσιών (Nicolopoulou-Stamati, 2016).

Ακόμη, οι βιολογικές καλλιέργειες υπερτερούν σε σχέση με τις υπάρχουσες γεωργικές μεθόδους. Έρευνα έδειξε πως υπάρχει μεγαλύτερη αφθονία και ποικιλομορφία στις βιολογικές καλλιέργειες, αφού είναι πιο πιθανό να επηρεάζονται μόνο τα ζωικά παράσιτα και οι παθογόνοι πληθυσμοί που προσβάλλουν τα φυτά (Muneret et al., 2018).

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις των χημικών φυτοφαρμάκων στην υγεία και το περιβάλλον, είναι σαφές ότι η ανάγκη για μια νέα αντίληψη στη γεωργία είναι επείγουσα. Η νέα αντίληψη πρέπει να βασίζεται σε δραστική μείωση της χρήσης χημικών παρασιτοκτόνων και θα πρέπει να επηρεάζει θετικά την υγεία, το περιβάλλον και την οικονομία, όπως προβλέπεται στην ευρωπαϊκή κοινή γεωργική πολιτική (Nicolopoulou-Stamati, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αύξηση του πληθυσμού και η ανάγκη για λύση του επισιτιστικού προβλήματος οδήγησε στην ανακάλυψη και έπειτα στην εξέλιξη των παρασιτοκτόνων. Τα παρασιτοκτόνα χρησιμοποιούνται ευρέως στις καλλιέργειες για την καταπολέμηση των βλαβερών οργανισμών που προσβάλλουν τα φυτά, ώστε να προστατεύεται η ποιότητα και να βελτιώνεται η απόδοση των καλλιεργειών. Χρησιμοποιούνται εδώ και πολλές δεκαετίες για την προστασία της αγροτικής παραγωγής από εχθρούς και ασθένειες, ωστόσο, η ελλιπής γνώση, η λάθος διαχείριση, και η αλόγιστη χρήση τους από τους γεωργούς, οδήγησε στην ανάπτυξη κινδύνων τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με τα παρασιτοκτόνα δεν είναι πλήρως γνωστοί, ενώ για πολλά από αυτά δεν έχουν μελετηθεί οι μακροχρόνιες επιπτώσεις τους στην υγεία και τα αθροιστικά αποτελέσματα της δράσης τους στον ανθρώπινο οργανισμό.

Η τοξική δράση των παρασιτοκτόνων στοχεύει στην καταπολέμηση των οργανισμών που προκαλούν ασθένειες ή καταστρέφουν τα φυτά. Πολλές φορές όμως η τοξικότητα τους επηρεάζει και τον άνθρωπο, καθώς και άλλους οργανισμούς που δεν αποτελούν στόχο. Επομένως, η επαγγελματική ή και περιβαλλοντική έκθεση στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, αποτελούν συνεχή κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου ενώ παράλληλα, η αλόγιστη χρήση τους μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις για την άγρια ζωή και τα ευαίσθητα οικοσυστήματα.

Τα φυτοφάρμακα μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στο αναπνευστικό, στο ανοσοποιητικό και το ενδοκρινικό σύστημα, στο δέρμα, και είναι υπεύθυνα για καρκινογένεσεις. Αυξημένο κίνδυνο πέρα από τις ευπαθείς ομάδες και τα παιδιά παρουσιάζουν και οι άνθρωποι που ασχολούνται με τη γεωργία και την παραγωγή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Για την προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος, έχουν διαμορφωθεί και εφαρμόζονται νέες νομοθετικές ρυθμίσεις και κανονισμοί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, με στόχο τον έλεγχο της εισαγωγής των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην αγορά, της χρήσης τους και της συνεχούς παρακολούθησης της παρουσίας τους στο περιβάλλον, καθώς και της έκθεσης του ανθρώπου σε αυτά (βιοπαρακολούθηση - biomonitoring). Το σύνολο αυτών των νομοθετικών ρυθμίσεων έχει ως στόχο τον έλεγχο και την επαναξιολόγηση τόσο των δραστικών ουσιών των σκευασμάτων, όσον αφορά την τοξικότητά τους, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται.

Η χημική καταπολέμηση των βλαβερών οργανισμών, εξακολουθεί να είναι το κύριο μέσο αντιμετώπισης των εχθρών και των ασθενειών των φυτών. Ωστόσο, γίνονται προσπάθειες περιορισμού των αρνητικών επιπτώσεων και εξεύρεσης νέων, λιγότερων επιβλαβών μέσων φυτοπροστασίας. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται προσπάθεια ελαχιστοποίησης ή πλήρους απομάκρυνσης αυτών των χημικών ουσιών από την αγροτική παραγωγή, καθώς και αντικατάστασής τους με μικροοργανισμούς και φυσικούς εχθρούς για την αντιμετώπιση του παθογόνου αιτίου μέσω των βιολογικών καλλιεργειών. Η εφαρμογή αυτών των νέων μεθόδων είναι επιτακτική ανάγκη για την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας, αλλά και για την προστασία του περιβάλλοντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

• ΒΙΒΛΙΑ

1. Ζιώγας Β. Ν. και Μαρκόγλου Α. Ν., 2014, *Γεωργική φαρμακολογία: βιοχημεία, φυσιολογία, μηχανισμοί δράσης και χρήσεις των φυτοπροστατευτικών προϊόντων*, Αθήνα, εκδ. Αγροτύπος.
2. Campbell N. A., Reece J. B., 2007, *Biology Textbook*, 8th ed., Pearson International Edition
3. Hallenbeck W. H. and Cunningham-Burns K. M., 1985, *Pesticides and Human Health*, New York, Springer-Verlag.
1. Hassall K. A., 1990, *The biochemistry and Uses of Pesticides: Structure, Metabolism, Mode of Action and Uses in Crop Protection*, 2nd ed., VCH Publishers, New York, pages 81-124, 155-184, 362-382
2. Matthews G. A., 2000, *Pesticide application methods*, 3rd ed., Blackwell Science, London, pages 17 - 19
4. McGraw-Hill (ed), Cunningham W.P., Cunningham M.A., 2008, *Environmental Science – A Global Concern*, New York, McGraw-Hill Companies
5. Tucker R. K., Crabtree D. G., 1970, *Toxicity of pesticides to wildlife*, Resource of publication No. 84, U.S.
6. Perez-Lucas G., Vela N., Aatik A. and Navarro S., 2018, *Environmental Risk of Groundwater Pollution by Pesticide Leaching through the Soil Profile*, London, Intechopen
7. Κουτσελίνη Α., 2004 Βιομηχανική Τοξικολογία, *Τοξικολογία-Τόμος Α*, εκδ. Παρισιάνος Α.Ε, σελ. 2 - 88.

• ΑΡΘΡΑ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. Κούστα Ε. και Μαστοράκος Γ., «Ενδοκρινικοί διαταράκτες και θυρεοειδική λειτουργία», Athens Medical Society, Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής 29(1) (2012), σελ. 7 – 14.
2. Ρεκλείτη Μ. και Κυλούδης Π., «Φυτοφάρμακα: Οι Επιπτώσεις τους στην Υγεία και η Αντιμετώπιση Δηλητηρίασης στην Πρωτοβάθμια Φροντίδα», Hellenic Journal of Nursing 51(4) (2012), pages 364–374.
3. Afshin S.A. and Peyman D., “Acute kidney injury in patients with paraquat intoxication; a case report and review of the literature”, Journal of Renal Injury Prevention (JRIP) 5(4) (2016), pages 203 – 206.
4. Banaszkiwicz T., “Evolution of Pesticide Use”, Contemporary problems of management and environmental protection Vol 5 (2010), pages 7-18.
5. Brooks M., “First Biomarker Evidence Autism Is Linked to DDT”, Medscape (2016).

6. Curtis C. F., “Should the use of DDT be revived for malaria vector control”, *Biomedica*, Vol. 22 (4) (2002), pages 455-461.
7. Eskenazi B., Warner M., Brambilla P., Signorini S., Ames J. and Mocarelli P., “The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond”, *Environment International* Vol. 121 (1), (2018), pages 71 – 84.
8. Ferencz L. and Balog A., “A pesticide survey in soil, water and foodstuffs from Central Romania”, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 5 (1) (2010), pages 111- 118.
9. Freed V. H., Haque R., Schmedding D. and Kohnert R., “Physicochemical Properties of Some Organophosphates in Relation to Their Chronic Toxicity.” *Environmental Health Perspectives* Vol. 13 (1976) pages 77–81.
10. Gevao B., Semple K. T., Jones K. C., «Bound pesticide residues in soils: a review», Vol. 108, Issue 1 (2000), pages 3-6, 8-11
11. Gupta S. and Dikshit A. K., “Biopesticides: An ecofriendly approach for pest control”, *Journal of Biopesticides* 3(2010), pages 186 – 188.
12. Hoppin J., Umbach D., London S., Lynch C. et al, “Pesticides and Adult Respiratory Outcomes in the Agricultural Health Study”, *N.Y. Acad Sci.* 1076 (2006), pages 343–354.
13. Jones C. R., Liu Y., Sepai O., Yan H. και Sabbioni G., “Internal Exposure, Health Effects, and Cancer Risk of Humans Exposed to Chloronitrobenzene”, *ACS Publications* 40, 1 (2006), pages 387-394.
14. Karami-Mohajeri S., Ahmadiour A., Rahimi H. R. and Abdollahi M., “Adverse effects of organophosphorus pesticides on the liver: a brief summary of four decades of research”, *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, Vol. 68, Issue 4, (2017), pages 261 – 175.
15. Kaushik P. and Kaushik G., “An assessment of structure and toxicity correlation in organochlorine pesticides”, *Journal of Hazardous Materials* 143 (2007), pages 102-111.
16. King N. and Tran M.H., “Long-Acting Anticoagulant Rodenticide (Superwarfarin) Poisoning: A Review of Its Historical Development, Epidemiology, and Clinical Management”, *PubMed* Vol. 29, Issue 4 (2015), pages 250 – 258.
17. Kolesarova V., Sinko G., Sivikova K. and Dianovsky J., “In vitro inhibition of blood cholinesterase activities from cattle by triazole fungicides”, *International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics*, Vol. 66, No. 4 (2013), pages 346 – 350.
18. Lope V., Pérez-Gómez B., Aragonés N., et al., «Occupation, exposure to chemicals, sensitizing agents, and risk of multiple myeloma in Sweden», *Cancer Epidemiol Biomarkers* 17 (2008), pages 3123–3127.

19. Muneret L., Mitchell M., Seufert V., Djoudi E., Pétilion J., Plantegenest M., Thiery D., Rusch A., “Evidence that organic farming promotes pest control”, *Nature Sustainability* Vol. 1 (2018), pages 361–368.
20. Muñoz-Quezada M., Lucero B., Iglesias V., Levy K., Munoz M.P., Achu E., Cornejo C., Concha C., Brito A.M. and Villalobos M., “Exposure to organophosphate (OP) pesticides and health conditions in agricultural and non-agricultural workers from Maule, Chile”, *Int. J Environ Health Res.* 27(1) (2018), pages 82–93.
21. Myers P. J., Antoniou M. N., Blumberg B., Carroll L., Colborn T., Everett L. G., Hansen M., Landrigan P. J., Lanphear B. P., Mesnage R., Vandenberg L. N., Saal F. S., Welshons W. and Benbrook C. M., “Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement”, *Environmental Health* 15, 19 (2016).
22. Nicolopoulou-Stamati P., Maipas S., Kotampasi C., Stamatis P., και Hens L., “Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture”, *NCBI* Vol. 4: 148 (2016).
23. Li S, Crooks PA, Wei X και Leon J., « Toxicity of Dipyridyl Compounds and Related Compounds», *Critical reviews in toxicity* Vol 34,2004, Issue 5 (2008), pages 447 – 460.
24. Murphy C. A., Bhavsav S. P. and Gandhi N., “Contaminants in Great Lakes Fish: Historic, Current, and Emerging Concerns”, *ResearchGate* (2011), pages 203 – 258.
25. Raanan R., Balmes J. R., Harley K. G., Gunier R. B., Magzamen S., Bradman A. and Eskenazi B., “Decreased lung function in 7-year-old children with early-life organophosphate exposure”, *BMJ Journals*, Vol. 71, Issue 2 (2015), pages 148 – 153.
26. Samsel A. and Seneff S., “Glyphosate's Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases”, *Entropy* 15(4) (2013), pages 1416 – 1463.
27. Seralini G., Clair E., Mesnage R., Gress S., et al., “Long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize”, *Environ Sci Eur* Vol. 26, article number 14 (2014).
28. Socorro, J., Durand, A., Temime-Roussel, B. et al., “The persistence of pesticides in atmospheric particulate phase: An emerging air quality issue”, *Scientific Reports* 6, 33456 (2016).
29. Tarvainen L, Kyyrönen P, Kauppinen T και Pukkala E., «Cancer of the mouth and pharynx, occupation and exposure to chemical agents in Finland», *NCBI* Vol. 123(3):653-9 (2008).
30. Thundiyil J.G., Stober J., Besbelli N., Pronczuk J., «Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool», *Bull World Health Organ.* Vol. 86(3) (2008), pages 205–209.

31. Webster T., Laing L., Florance H. και Santos E., “Effects of Glyphosate and its Formulation, Roundup, on Reproduction in Zebrafish (Danio rerio)”, ACS Publications, Environ. Sci. Technol. 48(2) (2014), pages 1271-1279.
32. Yang F., Zhao G., Ren F., Pang G. και Li Y., «Assessment of the endocrine-disrupting effects of diethyl phosphate, a nonspecific metabolite of organophosphorus pesticides, by in vivo and in silico approaches”, Elsevier, Environment International Vol. 135 (2019).

- ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. Ανώτατα όρια φυτοφαρμάκων, Κανονισμός (ΕΚ) Αριθ. 396/2005, Εύρεση στις 23 Δεκεμβρίου 2019, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2005R0396:20110101:EL:PDF>
2. Βιοδείκτες τοξικότητας του glyphosate, Κωστοπούλου Σ., 2017, «Εκτίμηση επικινδυνότητας φυτοπροστατευτικών προϊόντων και μειγμάτων τους με χρήση οργανισμών-βιοδεικτών και μεταβολιτών», εύρεση στις 14 Δεκεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6711/Kostopoulou_S.pdf?sequence=3, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
3. Δηλητηρίαση από φυτοφάρμακα/στατιστικά, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2018. Εύρεση στις 9 Μαρτίου 2020 στην ιστοσελίδα: http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Georgika_Farmaka/elenxoi/Statistika_Dhlhthriaseis_080318.pdf, Αναζήτηση στο διαδικτυακό τόπο: www.google.com
4. Ζιζανιοκτόνα και επιδράσεις στο περιβάλλον, Eurostat 2018, “Archive:Agri-environmental indicator - pesticide pollution of water”, Εύρεση στις 30 Δεκεμβρίου 2019, στην ιστοσελίδα: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Agri-environmental_indicator_-_pesticide_pollution_of_water, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
5. Κριτήρια ορθής γεωργικής πρακτικής, Κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής, Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Αριθμός φύλλου 142 (2004), Εύρεση στις 30 Νοεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/kthn_egkatakastaseis/KYA_125347_KVDIKES_ORUHS_GEVGRGIKHS_PRAKTIKHS.pdf, Αναζήτηση στο διαδικτυακό τόπο: www.google.com.
6. Νομοθεσία/Κανονισμός για τη διάθεση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1107/2009, Εύρεση στις 29 Νοεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1107>, Αναζήτησης τον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
7. Νομοθεσία/Κανονισμός για την Ορθή χρήση γεωργικών φαρμάκων, Κανονισμός 2009/128/ΕΚ, Εύρεση στις 29 Νοεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: [49](https://eur-</div><div data-bbox=)

- lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:EL:PDF, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
8. Νομοθεσία/Κανονισμός για την ρύπανση των υδάτων, Κανονισμός 2000/60/ΕΚ, Εύρεση στις 11 Οκτωβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20130913:EL:PDF>, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com.
 9. Ορθή γεωργική πρακτική, Τσελές Δ., 2011, «Ολοκληρωμένη διαχείριση - το μέλλον της γεωργίας», εύρεση στις 19 Σεπτεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <https://docplayer.gr/1881975-Olokliromeni-diaheirisi-to-mellon-tis-georgias.html>, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
 10. Ρύπανση Υδάτων, Υ.Π.Ε.ΘΕ, 2019, «Ρύπανση Υδάτων», εύρεση στις 29 Οκτωβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <https://www.ypethe.gr/archive/gyransi-ydaton>, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
 11. Τοξικότητα του DDT στον άνθρωπο, Solecki R., 2000, “Pesticide residues in food 2000 : DDT”, εύρεση στις 27 Οκτωβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v00pr03.htm>, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.google.com
 12. Carrington D., 2014, Over 60% of breads sold in the UK contain pesticide residues, tests show, The Guardian, Εύρεση στις 19 Φεβρουαρίου 2020 στην ιστοσελίδα: <https://www.theguardian.com/environment/2014/jul/17/pesticide-residue-breads-uk-crops>, Αναζήτηση στο διαδικτυακό τόπο: www.google.com
 13. DDT, DDT - A Brief History and Status, EPA 2017, Εύρεσης τις 10 Νοεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status>, Αναζήτηση στο διαδικτυακό τόπο: www.google.com
 14. Definition of Pesticides, Τι είναι τα παρασιτοκτόνα, Εύρεση στις 18 Οκτωβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <https://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides/what-pesticide>, Αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο: www.epa.gov.
 15. EPA pyrethrins, Pyrethrins and Pyrethroids, Εύρεση στις 29 Σεπτεμβρίου 2019 στην ιστοσελίδα: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/pyrethrins-and-pyrethroids>, Αναζήτηση στο διαδικτυακό τόπο: www.google.com