

**Επίπεδα ανθεκτικότητας του τετράνυχου *Tetranychus urticae*
σε εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα**

Βασίλης Α. Βασιλείου
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών Α΄
στο Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών
και **Παύλος Κίσης**
Γεωπόνος (Επιστημονικός Σύμβουλος
στο πρόγραμμα «ΑΚΑΡΕΑ»)

Ο κοινός τετράνυχος *T. urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) είναι είδος κοσμοπολίτικο και πολυφάγο. Οι σημαντικότερες ζημιές καταγράφονται στα καλλωπιστικά, ανθοκομικά, ψυχανθή, βιομηχανικά φυτά, φυλλοβόλα, εσπεριδοειδή, αμπέλια, λαχανικά υπαίθρου και θερμοκηπίου, μπανάνες κ.ά., ενώ συναντάται και σε πάρα πολλά αυτοφυή φυτά, διαιωνίζοντας έτσι, την παρουσία του σε κάποιο αγροοικοσύστημα. Η ζημιά που προκαλεί στους ξενιστές του, οφείλεται στην απευθείας θρέψη των κινητών σταδίων του (προνύμφες, πρωτο- και δευτερονύμφες, ενήλικα) στο φυτικό ιστό. Τα σοβαρά προσβεβλημένα φυτά παρουσιάζουν καθυστερημένη ανάπτυξη, τα φύλλα και τα άνθη ξηραίνονται, ενώ πολύ σοβαρή θεωρείται, επίσης, η ζημιά που προκαλεί στους καρπούς (π.χ. αγγούρι, λεμόνι). Τα προσβεβλημένα φύλλα των φυτών συρρικνώνονται και πέφτουν πρόωρα, ενώ ολόκληρα φυτά ξηραίνονται, με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά η ποσότητα και η ποιότητα της παραγωγής.

Η αντιμετώπιση του τετράνυχου θεωρείται πάρα πολύ δύσκολη, σε όλες, ανεξαιρέτως, τις καλλιέργειες που προσβάλλει. Όμως, οι πιο σοβαρές ζημιές παρατηρούνται στις θερμοκηπιακές και υπαίθριες καλλιέργειες λαχανικών, στα καλλωπιστικά και ανθοκομικά είδη, ενώ η αντιμετώπισή του σε αυτές είναι εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή. Η πιο συνήθης μέθοδος αντιμετώπισης που εφαρμόζεται από τους γεωργούς είναι η χημική, όπου γίνεται ευρεία χρήση εντομοκτόνων και ακαρεοκτόνων ουσιών, ενώ στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, γίνεται και χρήση ωφέλιμων οργανισμών (φυσικών εχθρών, μικροοργανισμών κ.ά.). Η συχνή, αλλά και πολλές φορές αλόγιστη χρήση των φυτοπροστατευτικών ουσιών, οδηγεί, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας του τετράνυχου στα ακαρεοκτόνα/εντομοκτόνα, οφείλεται σε πολλούς παράγοντες και, κατά κύριο λόγο, σε βιολογικούς και γενετικούς παράγοντες, που αποδίδονται σε κληρονομικά χαρακτηριστικά, όπως το υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, οι πολλές και αλληλοκαλυπτόμενες γενεές ανά έτος, ο μικρός βιολογικός κύκλος κ.ά., σε οικολογικούς παράγοντες, όπως η μετανάστευση, το εποχικό δυναμικό του πληθυσμού, αλλά και σε παράγοντες εφαρμογής, οι οποίοι είναι άμεσα ελεγχόμενοι (τύπος χημικού σκευάσματος, συγκεντρώσεις, συχνότητα επέμβασης, χώρος, τρόπος επέμβασης, ποσότητα ψεκαστικού υγρού κ.ά.). Σύμφωνα με αποτελέσματα από μελέτες που έγιναν από διάφορους ερευνητές στο εξωτερικό, ο κοινός τετράνυχος μπορεί να αναπτύξει ανθεκτικότητα σε κάποια δραστική ουσία μέσα σε διάστημα ενός έτους, προκαλώντας έτσι τη δραματική μείωση της παραγωγής, αλλά και τη μείωση της αποτελεσματικότητας των φυτοπροστατευτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται.

Στην εφαρμοσμένη εντομολογία, ως ανθεκτικότητα (resistance) ορίζεται «η ανάπτυξη ικανότητας σε έναν πληθυσμό εντόμου να αντέχει σε δόσεις εντομοκτόνου που κανονικά θα ήταν θανατηφόρες», η μετεξέλιξη, δηλαδή, ενός πληθυσμού από ευπαθή σε ανθεκτικό με την πάροδο των γενεών, με επιλογή των ανθεκτικών στο εντομοκτόνο γονιδίων που ο πληθυσμός ήδη έχει. Παράγοντας επιλογής θεωρείται το εντομοκτόνο, που με την εφαρμογή του επιλέγονται τα ανθεκτικά γονίδια, ενώ τα ευαίσθητα άτομα θανατώνονται. Η ανθεκτικότητα ενός εντόμου σε ένα εντομοκτόνο, όπως και κάθε οργανισμού σε μια τοξική γι' αυτόν ουσία, ποικίλλει από άτομο σε άτομο, στον ίδιο πληθυσμό. Η ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα/ακαρεοκτόνα είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τόσο οι γεωργοί, όσο και οι γεωπόνοι φυτοπροστασίας, στην προσπάθεια ελέγχου των επιβλαβών εντόμων και ακάρεων στη γεωργική παραγωγή. Οι γεωργοί, στην προσπάθειά τους να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τον τετράνυχον, προβαίνουν, πολλές φορές, σε αύξηση της δόσης της δραστικής ουσίας που εφαρμόζουν, σε αύξηση της συχνότητας των επεμβάσεων, καθώς και σε αναμειγείς διαφόρων σκευασμάτων, με διαφορετικό τρόπο και μηχανισμό δράσης. Με αυτές τις πρακτικές, αυξάνεται, συνεχώς, η πίεση στον πληθυσμό με αποτέλεσμα, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, να εμφανίζονται περισσότερα ανθεκτικά άτομα (επιλογή ανθεκτικών αλληλόμορφων). Για την ανίχνευση και καθορισμό των επιπέδων της ανθεκτικότητας απαιτούνται εξειδικευμένες έρευνες, οικονομικοί πόροι και αρκετός χρόνος.

Για τη μελέτη της ανθεκτικότητας του *T. urticae* στα ακαρεοκτόνα/εντομοκτόνα, διεξήχθησαν κλασικές εργαστηριακές τοξικολογικές βιοδοκιμές σε πέντε φυσικούς πληθυσμούς, ένας από κάθε Επαρχία της ελεύθερης Κύπρου (Λευκωσία «ΑΡΕΔΙΟΥ» (τριανταφυλλιά θερμοκηπίου), Λεμεσός «ΚΕΛΛΑΚΙ» (αγγούρι θερμοκηπίου), Αμμόχωστος «ΞΥΛΟΦΑΓΟΥ» (υπαίθρια ντομάτα), Λάρνακα «ΚΙΤΙ» (υπαίθρια ντομάτα), Πάφος «ΑΡΓΑΚΑ» (λουβί)).

- **Εκτροφή φυσικών πληθυσμών στο εργαστήριο:** Μετά τη συλλογή τους από το χωράφι, οι ως άνω πληθυσμοί μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου έγινε η εκτροφή τους σε φυτά φασολιάς (*Phaseolus vulgaris*), τα οποία μέχρι το φύτεμα τους, διατηρούνταν σε δωμάτιο με ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασία $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, σχετική υγρασία 65%). Ακολούθως, ενήλικα άτομα του τετράνυχου από τον κάθε πληθυσμό ξεχωριστά, τοποθετούνταν πάνω σε κομμένα φύλλα φασολιάς (πάνω σε βαμβάκι) μέσα σε πλαστικές λεκάνες με νερό, οι οποίες διατηρούνταν σε ειδικό θάλαμο ανάπτυξης (growth chamber) με ελεγχόμενες συνθήκες.
- **Τοξικολογικές βιοδοκιμές:** Χρησιμοποιήθηκαν κομμένα φύλλα φασολιού, τα οποία τοποθετήθηκαν μέσα σε τρυβλία πάνω σε βρεγμένο βαμβάκι, με τρόπο ώστε, ο μίσχος και τα σημεία των τομών να καλύπτονται από το βαμβάκι. Για τις τοξικολογικές βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν πέντε δραστικές ουσίες: α) pirimiphos-methyl (Actellic 50% EC) (οργανοφωσφορικό), β) abamectin (Vertimec 1,8% EC) (αβερμεκτίνες), γ) fenazaquin (Pride 20% SC) (ρυθμιστής ανάπτυξης), δ) bifenazate (Floramite 24% SC) (ρυθμιστής ανάπτυξης), και ε) acrinathrin (Rufast 7,5% EW) (πυρεθροειδές). Για την κάθε δραστική ουσία εφαρμόστηκαν πέντε συγκεντρώσεις και τέσσερις επαναλήψεις, χρησιμοποιώντας 25 ακμαία θηλυκά (της ίδιας ηλικίας) από κάθε φυσικό πληθυσμό και το μάρτυρα, ο οποίος ψεκάστηκε με απιονισμένο νερό (600 θηλυκά/24 μεταχειρίσεις/δραστική). Ο ψεκασμός των φύλλων γινόταν με 2ml διαλύματος, στον Πύργο Ομοιόμορφου Ψεκασμού (Potter Spray Tower), από τη μικρότερη συγκέντρωση στη μεγαλύτερη.
- **Μετρήσεις θνησιμότητας και στατιστική ανάλυση:** Μία ώρα μετά τον ψεκασμό, ακολουθούσε μέτρηση θνησιμότητας χειρισμού, η οποία δεν συνυπολογίζεται στην τελική μέτρηση της θνησιμότητας. Η τελική μέτρηση της θνησιμότητας έγινε μετά από 24 ώρες για τις δραστικές bifenazate και fenazaquin και μετά από 48 ώρες για τις pirimiphos-methyl, abamectin και acrinathrin. Για την αξιολόγηση των επιπέδων ανθεκτικότητας, η θνησιμότητα των φυσικών πληθυσμών του *T. urticae* συγκρίθηκε με τη θνησιμότητα του ευαίσθητου πληθυσμού αναφοράς German Susceptible Strain (GSS). Για την ανάλυση της θνησιμότητας έγινε Probit ανάλυση κατά Finney, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Polo Plus Version 2.0.

Με τη μέθοδο των τοξικολογικών βιοδοκιμών μπορεί να γίνει η διαπίστωση και η μέτρηση των επιπέδων της ανθεκτικότητας ενός πληθυσμού. Μπορεί, δηλαδή, να προσδιοριστεί ο βαθμός ανθεκτικότητας, υπολογίζοντας τη θνησιμότητα του φυσικού πληθυσμού, συγκριτικά, με τη θνησιμότητα κάποιου ευαίσθητου πληθυσμού αναφοράς. Ως μέτρο σύγκρισης της τοξικότητας, χρησιμοποιείται η τιμή LC50 (Lethal Concentration) που ορίζεται ως η συγκέντρωση της τοξικής ουσίας που θανατώνει το 50% ενός πληθυσμού. Τα αποτελέσματα των τοξικολογικών βιοδοκιμών (LC50) έδειξαν πολύ υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας του *T. urticae* σε όλες τις δραστικές ουσίες που μελετήθηκαν, σε σύγκριση, με τα LC50 του ευαίσθητου πληθυσμού αναφοράς GSS. Ο συντελεστής ανθεκτικότητας (Resistance Ratio, RR), δείχνει το βαθμό ανθεκτικότητας του κάθε φυσικού πληθυσμού/δραστική ουσία, με άλλα λόγια, πόσες φορές πιο ανθεκτικός είναι ο φυσικός πληθυσμός, σε σύγκριση, με τον ευαίσθητο GSS. Συνοπτικά, τα υψηλότερα επίπεδα ανθεκτικότητας των διαφόρων πληθυσμών στις δραστικές ουσίες που μελετήθηκαν, έχουν ως ακολούθως:

Abamectin. Ο «ΑΡΕΔΙΟΥ» σε τριανταφυλλιά θερμοκηπίου, παρουσίασε τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=3786$ και ακολούθησε ο «ΑΡΓΑΚΑ» (λουβί), με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=1343$.

Acrinathrin. Ο «ΑΡΓΑΚΑ» σε λουβί, παρουσίασε τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=903$ και ακολούθησε ο πληθυσμός «ΞΥΛΟΦΑΓΟΥ» σε υπαίθρια ντομάτα, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=743$.

Fenazaquin. Ο «ΚΙΤΙ» σε υπαίθρια ντομάτα, παρουσίασε τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=309$ και ακολούθησε ο πληθυσμός «ΑΡΕΔΙΟΥ» σε τριανταφυλλιά θερμοκηπίου, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=188$.

Pirimiphos methyl. Ο «ΑΡΕΔΙΟΥ» σε τριανταφυλλιά θερμοκηπίου, παρουσίασε τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=77$ και ακολούθησε ο πληθυσμός «ΚΙΤΙ» σε υπαίθρια, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=40$.

Bifenazate. Ο «ΑΡΕΔΙΟΥ» σε τριανταφυλλιά θερμοκηπίου, παρουσίασε τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=24$ και ακολούθησε ο πληθυσμός «ΚΕΛΛΑΚΙ» σε αγγούρι θερμοκηπίου, με συντελεστή ανθεκτικότητας $RR=6$.

Για να γίνουν πιο κατανοητοί οι πιο πάνω αριθμοί, θα εξηγήσουμε τα αποτελέσματα στο παράδειγμα του πληθυσμού «ΑΡΕΔΙΟΥ», ο οποίος βρέθηκε να είναι ο πιο ανθεκτικός πληθυσμός σε όλες, σχεδόν, τις δραστικές ουσίες που μελετήθηκαν. Ο συγκεκριμένος πληθυσμός βρέθηκε να έχει 3786 φορές ανθεκτικότητα στη δραστική ουσία abamectin, σε σύγκριση, με τον ευαίσθητο GSS. Αυτό σημαίνει ότι, η δραστική ουσία abamectin για να μπορέσει να θανατώσει το 50% του φυσικού πληθυσμού «ΑΡΕΔΙΟΥ», θα πρέπει ο παραγωγός να χρησιμοποιήσει δόση 3786 φορές μεγαλύτερη από αυτήν που συστήνει ο κατασκευαστής και που αναγράφεται στην ετικέτα.

Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τον τετράνυχχο, αλλά και από άλλους σοβαρούς εντομολογικούς εχθρούς, οι γεωργοί θα πρέπει να εφαρμόζουν στις καλλιέργειές τους Ολοκληρωμένα Προγράμματα Φυτοπροστασίας. Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση του τετράνυχχου θα πρέπει να περιλαμβάνει την πρόληψη, την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση. Η έγκαιρη διάγνωση και η συστηματική παρακολούθηση του φαινομένου της ανθεκτικότητας στον αγρό, η μελέτη και η κατανόηση των μηχανισμών που την προκαλούν, είναι μερικές από τις βασικές προϋποθέσεις για την ορθή αντιμετώπισή της. Όμως, για να επιτευχθεί η αποτελεσματική αντιμετώπισή της, θα πρέπει να προηγείται συστηματική και λεπτομερής παρακολούθηση της καλλιέργειας από το γεωργό και το γεωπόνο φυτοπροστασίας για τον έγκαιρο εντοπισμό των ακάρεων και άλλων επιβλαβών εντόμων, ώστε η επέμβαση να γίνεται όταν οι πληθυσμοί είναι χαμηλοί και στα ευαίσθητα στάδια ανάπτυξής τους.

Η αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας θα πρέπει να αφορά τον περιορισμό της επιλεκτικής πίεσης των ακαρεοκτόνων/εντομοκτόνων πάνω σε έναν πληθυσμό. Αυτό επιτυγχάνεται με: 1) τη σωστή και επιστημονικά βάσιμη εναλλαγή των εντομοκτόνων/ακαρεοκτόνων, 2) τη ρύθμιση της δόσης του εντομοκτόνου/ακαρεοκτόνου, 3) τη ρύθμιση του αριθμού των επεμβάσεων ανά καλλιεργητική περίοδο, με σκοπό τη διατήρηση των ευαίσθητων αλληλόμορφων, 4) τη χρήση εντομοκτόνων/ακαρεοκτόνων με χαμηλή υπολειμματική διάρκεια, 5) την αποφυγή προληπτικών επεμβάσεων, 6) τη συχνή εναλλαγή των δραστικών ουσιών που εφαρμόζονται, 7) την αποφυγή χρήσης δραστικών με αργή απελευθέρωση, 8) τη χρήση δραστικών ουσιών με διαφορετικό μηχανισμό δράσης, 9) την εφαρμογή τοπικών επεμβάσεων, και 10) τη διατήρηση ή χρήση ωφέλιμων οργανισμών και άλλων φυσικών εχθρών, όπου αυτό είναι εφικτό.



Ενήλικο του κοινού τετράνυχχου



Σοβαρή προσβολή (έντονη φυλλόπτωση) σε φασολιά