Растителна защита
електронно списание за растителна защита
семена, торове и земеделие
ISSN 2815-522X

Απολύμανση του εδάφους σε θερμοκήπια

проф. д-р Стойка Машева, ИЗК "Марица", ССА; проф. д-р Винелина Янкова, Институт за зеленчукови култури "Марица" – Пловдив, ССА

Ημερομηνία 19.10.2026 | **Τεύχος** 10/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Γλώσσα** EL
www.plant-protection.com/article/2481?lang=el



Σύνοψη

Η διασφάλιση οικονομικά και περιβαλλοντικά ορθών μεθόδων για τη διαχείριση εδαφογενών εχθρών και για την αποκατάσταση και διατήρηση της υγείας των εδαφών και των υποστρωμάτων αποτελεί βασικό καθήκον για τους παραγωγούς λαχανικών τόσο στην ύπαιθρο όσο και σε καλλιεργητικές εγκαταστάσεις. Συχνά, για διάφορους λόγους, παθογόνοι παράγοντες και εχθροί συσσωρεύονται στο έδαφος και η παρουσία τους θέτει σε κίνδυνο ολόκληρους παραγωγικούς κύκλους. Το άρθρο εξετάζει τις πιο διαδεδομένες μεθόδους απολύμανσης του εδάφους στα θερμοκήπια – φυσικές, χημικές και βιολογικές – και τους εχθρούς κατά των οποίων στρέφονται. Μεταξύ των φυσικών μεθόδων περιλαμβάνονται η ατμοποίηση και η ηλιακή απολύμανση, μαζί με τις φυσικές παραμέτρους υπό τις οποίες είναι αποτελεσματικές – θερμοκρασία, υγρασία, διάρκεια έκθεσης. Μεταξύ των χημικών μεθόδων, συζητούνται η καπνιστική απολύμανση με Basamid Granulate και Nemasol 510, η εφαρμογή Velum Prime SC μέσω του συστήματος στάγδην άρδευσης και Nematrin 10 G με επακόλουθη ενσωμάτωση, κατά των νηματωδών ριζικών οζιδίων. Μεταξύ των βιολογικών μεθόδων περιλαμβάνονται η βιοαπολύμανση και η εισαγωγή βιολογικών παραγόντων στο έδαφος.

Η απολύμανση του εδάφους είναι ένα σημαντικό μέτρο διότι προστατεύει τα καλλιεργούμενα φυτά από εχθρούς και ασθένειες, βελτιώνει την ποιότητα του εδάφους και διεγείρει την υγιή ανάπτυξή τους. Έχει μεγάλη οικονομική σημασία διότι:

- Προστατεύει τα φυτά. Η απολύμανση εξαλείφει παθογόνα και εχθρούς που επηρεάζουν δυσμενώς την υγεία των φυτών και την απόδοση;

- Βελτιώνει την ποιότητα του εδάφους: Η αποτελεσματική απολύμανση βελτιώνει την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και διατηρεί ένα υγιές οικοσύστημα, το οποίο είναι καίριο για υγιή ριζικά συστήματα;

- Προστατεύει από μελλοντικά προβλήματα μακροπρόθεσμα. Η τακτική απολύμανση μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της επανεμφάνισης εδαφογενών ασθενειών;

Ορθές πρακτικές για την ενίσχυση της δράσης της απολύμανσης είναι:

- Прокаталрктикός έλεγχος του εδάφους για τον προσδιορισμό της σύνθεσης παθογόνων και εχθρών ή ελλείψεων θρεπτικών στοιχείων;
- Προσεκτικός καθαρισμός των φυτικών υπολειμμάτων από την προηγούμενη βλάστηση. Απομάκρυνση όλων των φυτικών και άλλων υλικών από την επιφάνεια για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της επιλεγμένης μεθόδου απολύμανσης. Καθαρισμός και πλύσιμο του γυαλιού και της κατασκευής. Προετοιμασία και ύγρανση του εδάφους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμοζόμενων μεθόδων. Καταστροφή των ζιζανίων γύρω από το θερμοκήπιο.
- Μετά την απολύμανση, εξετάζεται η κατάσταση του εδάφους για να διασφαλιστεί ένα ισορροπημένο οικοσύστημα και να προληφθούν μελλοντικά προβλήματα.

Με την εφαρμογή αυτών των ορθών γεωργικών πρακτικών, το έδαφος μπορεί να απολυμανθεί αποτελεσματικά, γεγονός που θα οδηγήσει στην καλλιέργεια υγιέστερων φυτών και υψηλότερων αποδόσεων.

Πολλά φυτικά παθογόνα και εχθροί μεταδίδονται μέσω του εδάφους. Εκεί διαχειμάζουν ή περνούν από ένα ορισμένο στάδιο της ανάπτυξής τους. Η εντατική και μονοκαλλιεργητική καλλιέργεια λαχανικών σε καλλιεργητικές εγκαταστάσεις οδηγεί στη συσσώρευση παθογόνων μικροοργανισμών και εχθρών στο έδαφος. Οι απώλειες που προκαλούνται από εδαφογενή παθογόνα θεωρείται ότι αντιπροσωπεύουν το 1/3 των απωλειών που προκαλούνται από όλα τα παθογόνα. Για τον έλεγχο των εδαφογενών εχθρών εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι - φυσικές (ατμοποίηση, ηλιακή απολύμανση), χημικές (καπνιστική απολύμανση) και βιολογικές (βιοαπολύμανση).

Η απολύμανση του εδάφους στοχεύει στην καταστροφή: παθογόνων που προκαλούν σήψη του λαιμού και σήψη των ριζών; νηματωδών; εδαφογενών εχθρών; σπόρων ζιζανίων κ.λπ.

Φυσικές μέθοδοι απολύμανσης του εδάφους

Ατμοποίηση του εδάφους

Καλύπτει όλες τις ομάδες εχθρών που βρίσκονται στο έδαφος. Μια πολύ αποτελεσματική αλλά δαπανηρή μέθοδος. Εφαρμόζεται μόνο σε θερμοκηπιακά συγκροτήματα που διαθέτουν αέριο. Το έδαφος θερμαίνεται με ατμό στους 82°C για 30 λεπτά. Διεισδύει βαθιά και εξασφαλίζει πλήρη απολύμανση. Η ατμοποίηση καταστρέφει αποτελεσματικά παθογόνα βακτήρια, ιούς και μύκητες χωρίς να αφήνει χημικά κατάλοιπα. Βασικές παράμετροι στην ατμοποίηση περιλαμβάνουν τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους και το βάθος επεξεργασίας. Για βέλτιστα αποτελέσματα, το έδαφος πρέπει να έχει υγρασία ίση ή μικρότερη του 20% για να αποτραπεί η εξάτμιση και η μειωμένη αποτελεσματικότητα. Τα σημεία έγχυσης ατμού πρέπει να απέχουν 10-15 cm μεταξύ τους, με κάθε εφαρμογή να διαρκεί περίπου 3-5 λεπτά. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν έχει εκλεκτικότητα. Μαζί με τους παθογόνους οργανισμούς, καταστρέφονται και σαπροφυτικοί και ωφέλιμοι οργανισμοί. Δημιουργείται ένα «βιολογικό κενό», μαζί με την πιθανότητα ταχείας επαναποικιοποίησης του εδάφους με παθογόνα – το «φαινόμενο μπούμερανγκ». Η υψηλή θερμοκρασία προκαλεί αλλαγές σε ορισμένες χημικές ενώσεις, γεγονός που οδηγεί σε οξίνιση της αντίδρασης του εδάφους, απελευθέρωση τοξικών ουσιών και αλλαγές στη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων. Με αυτή την επεξεργασία: οι νηματώδεις πεθαίνουν έως τους 50^{o}C; στους 60-72^{o}C εξαλείφονται βακτήρια και εδαφικοί μύκητες; άνω των 82^{o}C - σχεδόν όλοι οι σπόροι ζιζανίων, ιοί, έντομα και άλλοι εχθροί. Ένας κύκλος επεξεργασίας μπορεί να μειώσει τις εδαφογενείς ασθένειες έως και 99%, γεγονός που την καθιστά ελκυστική επιλογή για θερμοκήπια με ευαίσθητες καλλιέργειες ή για εκείνα που αντιμετωπίζουν επαναλαμβανόμενους εχθρούς. Για την επίτευξη καλού αποτελέσματος, το έδαφος πρέπει να είναι καλά προετοιμασμένο. Μπορεί να συνδυαστεί με επακόλουθη εφαρμογή ωφέλιμων μικροοργανισμών.

Ηλιακή απολύμανση του εδάφους

Η ηλιακή απολύμανση είναι μια μη χημική μέθοδος απολύμανσης του εδάφους που χρησιμοποιεί ηλιακή ακτινοβολία. Το έδαφος διαβρέχεται καλά, καλύπτεται με διαφανές φιλμ και αφήνεται για 4-6 εβδομάδες σε ηλιόλουστο καιρό. Το φιλμ πολυαιθυλενίου λειτουργεί ως παγίδα για τη συλλογή ηλιακής ενέργειας.



Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Χρησιμοποιεί τις ημέρες έντονης ηλιοφάνειας τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, όταν οι θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας υπερβαίνουν τους 32^{o}C. Η θερμοκρασία κάτω από το φιλμ ανέρχεται σε τιμές θανατηφόρες για τους εδαφογενείς εχθρούς και τους σπόρους ζιζανίων.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου:

- καμία επιβλαβής επίδραση;

- χαμηλός περιβαλλοντικός αντίκτυπος;

- μεγαλύτερης διάρκειας δράση κατά των παθογόνων παραγόντων;

- αυξάνει την απόδοση και την ποιότητα του προϊόντος λόγω βιολογικών και χημικών μηχανισμών;

- μια σημαντικά φθηνότερη μέθοδος από την ατμοποίηση;

- δεν υπάρχει „βιολογικό κενό”, επομένως ούτε „φαινόμενο μπούμερανγκ”, διότι η ηλιακή απολύμανση αντιπροσωπεύει παστερίωση του εδάφους. Διατηρεί την ωφέλιμη χλωρίδα και πανίδα;

- βελτιώνεται η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό;

- η περίοδος κάλυψης με φιλμ μπορεί να συντομευτεί εάν συνδυαστεί με άλλες μεθόδους.

Μειονεκτήματα της μεθόδου:

- η καλυμμένη έκταση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 1-1,5 μήνα κατά την θερμότερη περίοδο του έτους;

- απρόβλεπτες κλιματικές και βιολογικές συνθήκες;

- πρόβλημα με την ανακύκλωση του πολυαιθυλενίου;

- πιο περιορισμένο φάσμα δράσης σε σύγκριση με τα χημικά καπνιστικά.

Προετοιμασία του εδάφους: Το έδαφος καλλιεργείται έτσι ώστε να παρέχει μια λεία επιφάνεια για να προσκολλάται σφιχτά το φιλμ πολυαιθυλενίου. Η παρουσία χονδροειδών κλασμάτων και φυτικών υπολειμμάτων μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό θυλάκων αέρα, οι οποίοι θα απομονώσουν το έδαφος και θα μειώσουν την άνοδο της θερμοκρασίας του στις απαραίτητες αποτελεσματικές τιμές.

Υγρασία του εδάφους: Η υγρασία του εδάφους δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 70% της υδατοϊκανότητας και το βάθος του υγρού στρώματος - όχι μικρότερο από 60 cm.

Θερμοκρασία του εδάφους: Η αποτελεσματική θερμοκρασία της ηλιακά απολυμασμένης περιοχής πρέπει να φτάνει έως τους 60^{o}C σε βάθος 10 cm, γεγονός που εγγυάται την καταστροφή των σπόρων ζιζανίων και των εδαφογενών εχθρών.

Έκθεση: Απαιτούμενη περίοδος δράσης – 4-6 εβδομάδες. Όταν συνδυάζεται με άλλες μεθόδους, αυτή η περίοδος μπορεί να συντομευτεί.

Η επίδραση της ηλιακής απολύμανσης θα αυξηθεί εάν, μετά την ολοκλήρωσή της, εφαρμοστούν στο έδαφος βιολογικά προϊόντα όπως Trichodermin (10–15 kg/da) και άλλα.

Η ποιοτική ηλιακή απολύμανση εξαρτάται από την ποιότητα του πολυαιθυλενίου, την υγρασία του εδάφους, τη θερμοκρασία του αέρα, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και άλλα.

Χημικές μέθοδοι απολύμανσης του εδάφους

Η εφαρμογή εδαφογενών καπνιστικών είναι καίρια για τον επιτυχή έλεγχο των εδαφογενών παθογόνων και εχθρών. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις μεθόδους και τεχνολογίες εφαρμογής για να διασφαλιστεί η βέλτιστη παροχή και κατανομή με μέγιστο αποτέλεσμα στον στόχο εχθρό. Τα περισσότερα από τα εμπορικά καπνιστικά που είναι ακόμη διαθέσιμα σήμερα εισάγονται στο έδαφος σε υγρή μορφή στο επιθυμητό βάθος με διάφορα μηχανήματα. Οι χημικές ουσίες κατανέμονται σε υγρή φάση και διασπείρονται μέσω του εδάφους προκειμένου να φτάσουν σε κάθε θέση που καταλαμβάνουν οι εχθροί. Ο βαθμός ελέγχου εξαρτάται από την κατανομή του καπνιστικού στο έδαφος, από το καπνιστικό (και τις ιδιότητές του) και τη δοσολογία, καθώς και από το βάθος έγχυσης. Το τελευταίο συνήθως περιορίζεται στα 30 cm, το οποίο δεν είναι πάντα επαρκές. Η εφαρμογή καπνιστικών με νερό μέσω του συστήματος στάγδην άρδευσης εξασφαλίζει παροχή σε βαθύτερα στρώματα και είναι η πιο κοινή πρακτική παγκοσμίως.

Παρέχει ομοιόμορφη παροχή, υπό την προϋπόθεση ότι η κατανομή του νερού είναι ομοιόμορφη και η χημική ουσία δεν διεισδύει στα βαθύτερα στρώματα. Η εφαρμογή εδαφογενών καπνιστικών μέσω στάγδην άρδευσης εφαρμόζεται κυρίως σε σπορεία και θερμοκηπιακή παραγωγή. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του τύπου εφαρμογής είναι η βελτιωμένη κατανομή των καπνιστικών στο έδαφος. Ωστόσο, απαιτεί ειδική γαλακτωματοποιημένη σύνθεση του καπνιστικού και κατάλληλο σύστημα άρδευσης.

Ο συνδυασμός χημικών καπνιστικών με ηλιακή απολύμανση είναι ευρέως αποδεκτός και εφαρμόζεται. Μια βελτίωση αυτής της τεχνικής έγινε από τους Eshel et al. (2000), οι οποίοι έδειξαν ότι η διαδοχική εφαρμογή πρώτα ηλιακής απολύμανσης και στη συνέχεια έγχυσης καπνιστικού δύο εβδομάδες αργότερα βελτιώνει περαιτέρω τον έλεγχο των εχθρών με μειωμένη δόση και ποσότητα καπνιστικού. Αυτή η προσέγγιση υιοθετείται ευρέως στο Ισραήλ σε αγρούς με στάγδην άρδευση (Gamliel, 2012).

Basamid Granulate (δ.ο. dazomet) είναι ένα καπνιστικό για την απολύμανση εδαφών και υποστρωμάτων ελεύθερων καλλιεργειών. Δραστική ουσία - dazomet 98%; LD50 520 mg/kg. Κοκκώδες καπνιστικό. Κατά την επαφή με υγρό έδαφος, το dazomet αποσυντίθεται σε μεθυλοϊσοθειοκυανικό άλας, φορμαλδεΰδη, μεθυλαμίνη, υδρόθειο. Εφαρμόζεται σε δόση 50-70 kg/da.