

# Ανοσία στα φυτά έναντι ασθενειών

Автор(и): проф. д-р Иван Киряков, Добруджански земеделски институт – гр. Генерал Тошево, ССА

Дата: 02.05.2025 Брой: 5/2025



Η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων θεωρείται η πιο αποτελεσματική και περιβαλλοντικά φιλική μέθοδος για τον έλεγχο των ασθενειών στις γεωργικές καλλιέργειες. Δυστυχώς, συχνά παρατηρούμε μια μείωση της ανθεκτικότητας μεμονωμένων γονότυπων όταν καλλιεργούνται για παρατεταμένο χρονικό διάστημα σε συγκεκριμένες περιοχές. Η διάρκεια διατήρησης του επιπέδου ανθεκτικότητας σε μεμονωμένους γονότυπους (ποικιλίες, υβρίδια) σχετίζεται στενά με τους μηχανισμούς που χτίζουν την ανοσία τους, καθώς και με το δυναμικό λοιμογόνου στους πληθυσμούς των αντίστοιχων παθογόνων. Η γνώση των μηχανισμών που χτίζουν την ανοσία στα φυτά είναι ουσιώδους σημασίας τόσο για την ανάπτυξη μιας επαρκούς στρατηγικής εκπαιδευτικής όσο και για την εφαρμογή μέτρων πρόληψης της απώλειας της ήδη επιτευχθείσας ανθεκτικότητας.

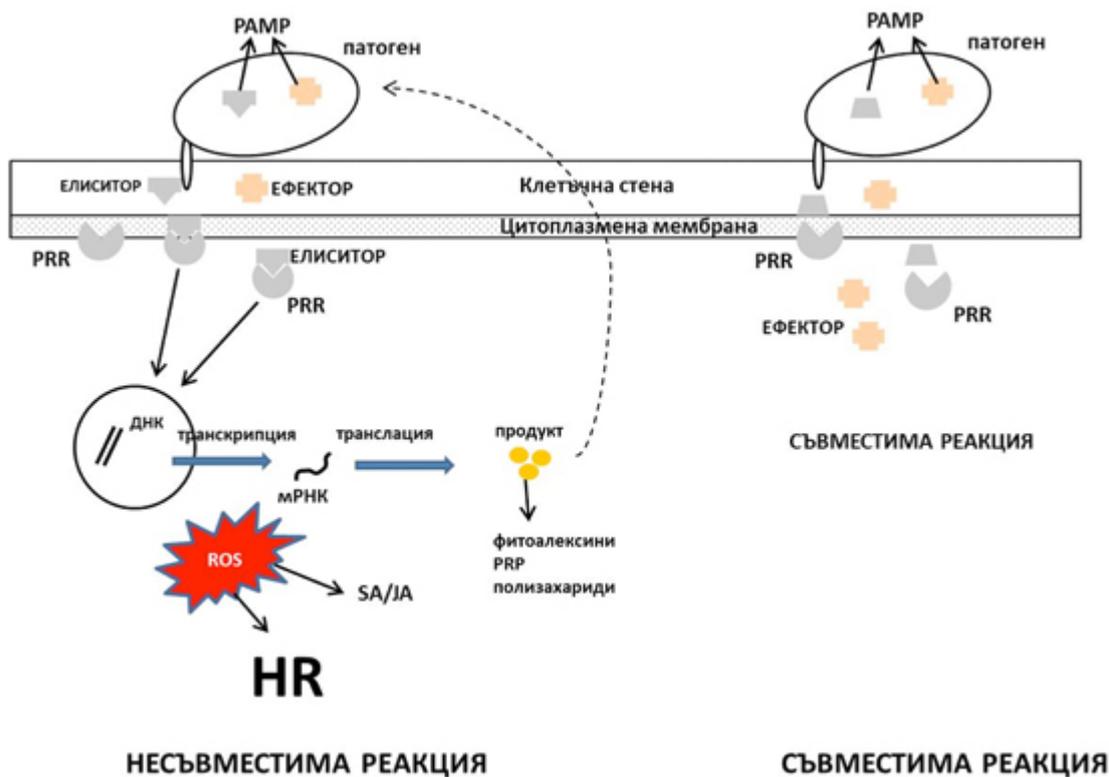
Ο όρος «ανοσία» προέρχεται από τη λατινική λέξη «*imunitas*», που σημαίνει ελεύθερος ή απαράβιαστος. Ανάλογα με την ειδικότητά της, η φυτική ανοσία διαιρείται σε μη ειδική και ειδική. Η μη ειδική ανοσία σχετίζεται με την απόλυτη, πλήρη ανθεκτικότητα ενός συγκεκριμένου είδους φυτού σε φυτοπαθογόνα, στα οποία δεν εμπίπτει στο φάσμα ξενιστών του. Ως παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί ο αιτιολογικός παράγοντας της σκωριάς των φασολιών *Uromyces appendiculatus*, στον οποίο οι ποικιλίες του *Triticum aestivum* (κοινό χειμερινό σιτάρι) είναι εντελώς ανθεκτικές. Ειδική ανοσία είναι αυτή στην οποία μεμονωμένοι γονότυποι ενός δεδομένου είδους φυτού παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε φυτοπαθογόνα που είναι ικανά να μολύνουν το αντίστοιχο είδος. Ο αιτιολογικός παράγοντας της καφέ σκωριάς του σιταριού *Puccinia triticina* μολύνει το *Triticum aestivum*, αλλά οι μεμονωμένες ποικιλίες διαθέτουν διαφορετικά επίπεδα ανθεκτικότητας.

Σύμφωνα με την προέλευσή της, η ανοσία μπορεί να διαιρεθεί σε έμφυτη ή κληρονομική και επίκτητη. Η έμφυτη ανοσία σχετίζεται με παράγοντες που κληρονομούνται στις γενιές της αντίστοιχης ποικιλίας. Η επίκτητη ανοσία εμφανίζεται ή προκύπτει στα φυτά κατά την οντογενετική (ατομική) τους ανάπτυξη υπό την επίδραση ενός δεδομένου παθογόνου ή εξωτερικών συνθηκών και δεν κληρονομείται από τους απογόνους. Τις περισσότερες φορές προκύπτει μετά από μόλυνση ή ασθένεια στα φυτά, μετά από την οποία αυξάνουν την ανθεκτικότητά τους σε αυτό και σε άλλα παθογόνα.

Σύμφωνα με τους μηχανισμούς σχηματισμού της, η φυτική ανοσία διαιρείται σε παθητική και ενεργητική. Η παθητική ανοσία σχετίζεται με μορφολογικά ή ανατομικά χαρακτηριστικά των μεμονωμένων ποικιλιών – παρουσία κηρώδους επικάλυψης, πάχος της κυτταρίνης και της επιδερμίδας, αριθμός ανά μονάδα επιφάνειας και δομή των στομάτων, αρχιτεκτονική του φυτού κ.λπ. Αυτά τα ποικιλιακά χαρακτηριστικά είναι σταθερά ανεξάρτητα από την παρουσία ή απουσία συνθηκών για τη διεξαγωγή της παθογένεσης (της διαδικασίας μόλυνσης και ανάπτυξης της ασθένειας). Συνολικά, οι μηχανισμοί της παθητικής ανοσίας εμποδίζουν ή καθυστερούν τη διαδικασία μόλυνσης, γεγονός που στη δεύτερη περίπτωση οδηγεί σε λιγότερους αναπτυξιακούς κύκλους των παθογόνων. Η μείωση του αριθμού των κύκλων κατά τη διάρκεια της περιόδου καλλιέργειας είναι ουσιώδους σημασίας για πολυκυκλικά παθογόνα (σκωριές, ασκομύκητες, σεπτωριώσεις κ.λπ.), στα οποία η ανάπτυξη επιφυττωτιών (επιδημιών) σχετίζεται στενά με την επαναλαμβανόμενη τους πολλαπλασιασμό. Για παράδειγμα, η παθητική ανοσία μπορεί να απεικονιστεί από την επιρροή της μορφής ανάπτυξης του κοινού φασολιού στην επίπτωση της σκληρωτινικής σήψης που προκαλείται από το *Sclerotinia sclerotiorum*. Ποικιλίες με όρθια και χαλαρή μορφή ανάπτυξης προσβάλλονται λιγότερο σοβαρά από το παθογόνο, καθώς δημιουργούν ένα μικροκλίμα που δεν επιτρέπει παρατεταμένη διατήρηση υγρασίας κατά την άνθηση, δηλαδή εμποδίζουν τη μόλυνση των φυτών.

Η ενεργητική ανοσία σχετίζεται με αμυντικούς μηχανισμούς που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια της μόλυνσης ή σε διαφορετικά στάδια της παθογένεσης, και οι παράγοντες που καθορίζουν την ανοσία κληρονομούνται από τους απογόνους. Ποικιλίες των οποίων η ανθεκτικότητα βασίζεται σε ενεργητική ανοσία διαθέτουν ειδικά γονίδια των οποίων η ενεργοποίηση σχετίζεται με υποδοχείς (PRR) που βρίσκονται στην πλασματική μεμβράνη του κυττάρου και/ή στο κυτταρόπλασμα (σχήμα). Για την έκφρασή τους, είναι απαραίτητο το παθογόνο έναντι του οποίου παρέχουν προστασία να παράγει μοριακές ουσίες (PAMP), γνωστές ως ελυσίτορες (μόρια που αναγνωρίζονται από τους υποδοχείς). Σε περιπτώσεις που οι υποδοχείς των ειδικών γονιδίων αναγνωρίζουν τους ελυσίτορες στο προσβεβλημένο κύτταρο, συσσωρεύονται μόρια σηματοδότησης, τα οποία ενεργοποιούν την έκφραση των ειδικών γονιδίων. Ως αποτέλεσμα, συνθέτονται φυτοαλεξίνες και πρωτεΐνες που σχετίζονται με παθογόνα (PRP), οι οποίες έχουν τοξική επίδραση στο παθογόνο. Η αναγνώριση του παθογόνου οδηγεί στη συσσώρευση στο κύτταρο δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) όπως τα ανιόντα υπεροξειδίου ( $O_2^-$ ) και το υπεροξειδίο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ), με αποτέλεσμα τον προγραμματισμένο θάνατό του, γνωστό ως υπερευαίσθητη αντίδραση (HR). Ταυτόχρονα, στο κύτταρο συνθέτονται φυτοορμόνες όπως το ιασμονικό οξύ (JA) και το σαλικυλικό οξύ (SA), οι οποίες μεταφέρονται σε γειτονικά κύτταρα και μεταδίδουν ένα σήμα συναγερμού. Ως αποτέλεσμα, τα γειτονικά κύτταρα πεθαίνουν, αποκλείοντας έτσι την περαιτέρω ανάπτυξη του παθογόνου. Ταυτόχρονα, οι φυτοορμόνες που παράγονται από τα ετοιμοθάνατα κύτταρα, και πάνω απ' όλα το SA, μεταφέρονται σε όλο το φυτό και διεγείρουν την ενεργοποίηση γενικών αμυντικών μηχανισμών, οδηγώντας στην εμφάνιση της λεγόμενης συστηματικά επίκτητης ανοσίας, η οποία παρέχει προστασία σε ολόκληρο το φυτό έναντι του παθογόνου. Εάν οι μοριακές ουσίες που παράγονται από το παθογόνο (επίσης γνωστές ως εφεκτόρες) δεν αναγνωρίζονται από τους υποδοχείς, η μόλυνση είναι μη αναστρέψιμη, δηλαδή παρατηρείται συμβατή αντίδραση. Η θεωρία του [Harold Henry Flor](#) (1942), επίσης γνωστή ως θεωρία «γονίδιο-για-γονίδιο», σχετίζεται με την ενεργητική ανοσία. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, για κάθε γονίδιο ανθεκτικότητας στον πληθυσμό ενός δεδομένου είδους φυτού υπάρχει ένα αντίστοιχο γονίδιο λοιμογόνου στο αντίστοιχο παθογόνο είδος.

Ανάλογα με τους μηχανισμούς που καθορίζουν την ανοσία, η φυτική ανθεκτικότητα διαιρείται σε τρεις κατηγορίες – ανοχή, κάθετη ανθεκτικότητα και οριζόντια ανθεκτικότητα. Η ανοχή σχετίζεται με την ικανότητα μεμονωμένων γονότυπων να αντέχουν σε υψηλό βαθμό μόλυνσης (παρόμοιο με εκείνο των ευαίσθητων ποικιλιών) χωρίς αυτό να επηρεάζει την απόδοση ή την ποιότητα του προϊόντος.



Μηχανισμοί ενεργητικής ανοσίας. PAMP – μοριακές ουσίες που σχετίζονται με παθογόνα; PRR – υποδοχείς που σχετίζονται με παθογόνα; PRP – πρωτεΐνες που σχετίζονται με παθογόνα; ROS – δραστικές μορφές οξυγόνου; SA/JA – φυτοορμόνες; HR – υπερευαίσθητη αντίδραση

Η κάθετη ανθεκτικότητα σχετίζεται με την ενεργητική ανοσία. Ελέγχεται από ειδικά γονίδια γνωστά ως «ειδικά για φυλή» γονίδια και ως εκ τούτου αναφέρεται επίσης ως ανθεκτικότητα «ειδική για φυλή». Δεδομένου ότι αυτή η ανθεκτικότητα ελέγχεται από ένα ή πολλά κύρια γονίδια, συχνά αναφέρεται ως «μονογονιδιακή» ή «ολιγογονιδιακή». Το πλεονέκτημα των ποικιλιών με κάθετη ανθεκτικότητα είναι ότι παρουσιάζουν πλήρη ανθεκτικότητα στο παθογόνο έναντι του οποίου κατευθύνεται. Το κύριο μειονέκτημα, ωστόσο, είναι ότι αυτή η ανθεκτικότητα εκφράζεται μόνο σε ορισμένα μέρη των πληθυσμών του αντίστοιχου παθογόνου, γνωστά ως «φυσιολογικές φυλές». Ένα άλλο ουσιαστικό μειονέκτημα της κάθετης ανθεκτικότητας είναι η πίεση επιλογής που ασκεί στους πληθυσμούς των παθογόνων. Ένα παράδειγμα είναι η ολοένα και πιο συχνή επίπτωση της καφέ σκωριάς σε ευρέως καλλιεργούμενες ξένες ποικιλίες σιταριού στη χώρα μας. Κατά την αρχική τους εισαγωγή, η ανθεκτικότητά τους σε αυτή την ασθένεια ήταν σε υψηλό επίπεδο. Η ευρεία καλλιέργειά τους τα τελευταία χρόνια οδήγησε σε σημαντικές αλλαγές στους πληθυσμούς των παθογόνων, γι' αυτό και τώρα παρατηρούμε σοβαρές μολύνσεις. Οι λόγοι για αυτό το φαινόμενο σχετίζονται με μια αλλαγή στο δυναμικό λοιμογόνου του παθογόνου ως αποτέλεσμα της μείωσης των εκτάσεων που φυτεύτηκαν με ποικιλίες που διατήρησαν τους τότε υπάρχοντες πληθυσμούς