

# Επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών στην ανάπτυξη ασθενειών και εχθρών των καλλιεργούμενων φυτών

*Автор(и):* гл. ас. д-р Мария Христозова, Институт по овощарство – Пловдив, Селскостопанска академия –  
София; гл.ас. д-р Дияна Александрова, Институт по овощарство – Пловдив, ССА

*Дата:* 25.07.2025 *Брой:* 7/2025



## Περίληψη

Την τελευταία δεκαετία, παρατηρείται μια επίμονη τάση αύξησης των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτό έχει σημαντικό αντίκτυπο στη γεωργική παραγωγή, συμπεριλαμβανομένης της φυσιολογίας των καλλιεργούμενων φυτών, των αγρονομικών πρακτικών και της σταθερότητας της απόδοσης. Οι αυξημένες θερμοκρασίες επηρεάζουν σημαντικά τη δυναμική ανάπτυξης, κατανομής και βιολογίας μιας σειράς

οικονομικά σημαντικών ασθενειών και εντόμων, δημιουργώντας νέες προκλήσεις για την προστασία των φυτών και τη βιώσιμη διαχείριση των αγροοικοσυστημάτων.

Πολυάριθμες μελέτες επιβεβαιώνουν ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν ταυτόχρονα τα παθογόνα, τα έντομα και την ανθεκτικότητα των φυτών, οδηγώντας σε μετατόπιση των παραδοσιακών αναπτυξιακών κύκλων, αύξηση της πίεσης λοίμωξης και προσαρμογή των παθογόνων μικροοργανισμών. Το στρες από υψηλή θερμοκρασία έχει ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στα φυτά όσον αφορά τη φυσιολογία και βιοχημεία τους. Πιο συχνά, οι φυσιολογικές βλάβες στα καλλιεργούμενα φυτά ως αποτέλεσμα υψηλών θερμοκρασιών εκφράζονται σε έγκαυμα φύλλων και βλαστών, πρόωρη πτώση φύλλων, καταστολή ανάπτυξης νέων βλαστών και παραμόρφωση ή αποβολή καρπών. Αυτές οι αλλαγές οδηγούν σε σημαντική μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, διαταραχή του υδατικού ισοζυγίου και, τελικά, σε μειωμένες αποδόσεις και επιδείνωση της ποιότητας του προϊόντος. Σε ορισμένα είδη, παρατηρείται επίσης επιταχυνόμενη γήρανση των ιστών, διαταραχή της επικονίασης, καθώς και αυξημένη ευαισθησία σε παθογόνα και παράγοντες αβιοτικού στρες.



*Βλάβη σε βατόμουρο που προκλήθηκε από υψηλές θερμοκρασίες*

Υπό την επίδραση του θερμικού στρες, οι καρποφόρες καλλιέργειες υφίστανται σημαντικές βιοχημικές αλλαγές που επηρεάζουν τόσο τον πρωτογενή μεταβολισμό όσο και τη σύνθεση προστατευτικών ενώσεων. Μεταξύ των πιο κοινών αντιδράσεων είναι η αυξημένη συσσώρευση **δραστικών μορφών οξυγόνου**, οι οποίες προκαλούν **οξειδωτικό στρες** στα κύτταρα (Mittler, 2002). Αυτό ενεργοποιεί τα ενζυματικά αντιοξειδωτικά συστήματα που



στοχεύουν στην αποτοξίνωση και σταθεροποίηση της ακεραιότητας της μεμβράνης (Hasanuzzaman et al., 2013). Επιπλέον, παρατηρείται αυξημένη σύνθεση **ωσμοπροστατευτικών ουσιών** όπως η προλίνη, οι σάκχαρα και η γλυκερόλη, οι οποίες υποστηρίζουν την διατήρηση του νερού και προστατεύουν τις πρωτεΐνες από αποφύσηση (Wahid et al., 2007). Το θερμικό στρες αναστέλλει επίσης τη δραστηριότητα βασικών ενζύμων που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση, διαταράσσει τον μεταβολισμό των μακροθρεπτικών συστατικών (όπως  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ) και μειώνει τη σύνθεση χλωροφύλλης, οδηγώντας σε φωτοαποικοδόμηση (Camejo et al., 2005).



*Βλάβη σε δαμάσκηνο και φουντούκι που προκλήθηκε από υψηλές θερμοκρασίες*

Υπό παρατεταμένο στρες, καταγράφεται συσσώρευση **φαινόλων, φλαβονοειδών και φυτοαλεξινών**, που έχουν προστατευτική λειτουργία, συμπεριλαμβανομένης αντιμικροβιακής δράσης, αλλά συχνά εις βάρος της ανάπτυξης και της καρποφορίας (Krasensky & Jonak, 2012). Η ένταση της βιοχημικής απόκρισης είναι ειδική για το είδος και την ποικιλία και εξαρτάται από την ηλικία του φυτού και τις προηγούμενες συνθήκες καλλιέργειας.

Στις δημητριακές καλλιέργειες, έχει διαπιστωθεί ότι οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε μείωση της δραστηριότητας του ενζύμου νιτρική αναγωγάση, που ρυθμίζει τον μεταβολισμό του αζώτου. Αυτό επηρεάζει έντονα τόσο τη σύνθεση όσο και το βάρος των κόκκων (Paulsen, 1994).

Εκτός από τα φυτά, οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν επίσης την ανάπτυξη ασθενειών και εντόμων.

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν έντονα την κατανομή και την ανάπτυξη των εντόμων (Stange and Ayres, 2010). Τα έντομα είναι ποικιλόθερμοι οργανισμοί, δηλαδή δεν έχουν τη δική τους σταθερή θερμοκρασία σώματος. Παίρνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και εξαρτώνται από αυτήν. Όλες οι μεταβολικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα εντός ορισμένων ορίων θερμοκρασίας. Με την αύξηση των θερμοκρασιών, τα περισσότερα είδη εντόμων αρχίζουν να καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες τροφής, η ανάπτυξή τους επιταχύνεται και γίνονται πιο δραστήρια, κάτι που με τη σειρά του επηρεάζει τον κύκλο ζωής τους, το μέγεθος του πληθυσμού και τη γεωγραφική κατανομή (Porter et al., 1991). Ορισμένα είδη δεν καταφέρνουν να προσαρμοστούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες, γεγονός που οδηγεί σε επιβραδυνόμενη ανάπτυξη και μείωση των πληθυσμών τους. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν πολλά είδη εντόμων για τα οποία οι υψηλότερες θερμοκρασίες συμβάλλουν σε ταχύτερη αναπαραγωγή, αύξηση του αριθμού των γενεών και υψηλότερη πυκνότητα πληθυσμού (Bale et al., 2002; Skendžić et al., 2021). Για παράδειγμα, σε υψηλότερη θερμοκρασία και υψηλότερη υγρασία αέρα, οι πληθυσμοί της λευκής μύγας του καπνού (*Bemisia tabaci*) αυξάνονται σημαντικά (Pathania et al., 2020). Στις λαχανικές καλλιέργειες, ο Reddy (2013) παρατήρησε επιταχυνόμενη ανάπτυξη σε πληθυσμούς της μύγας του λάχανου (*Delia brassicae* W.), της μύγας του κρεμμυδιού (*Delia antiqua* M.), του κολοράδο (*Leptinotarsa decemlineata* S.) και της ευρωπαϊκής σκώρου του αραβοσίτου (*Ostrinia nubilalis* H.).

**Στα καρποφόρα είδη**, παρατηρείται αύξηση του αριθμού των γενεών στον σκώρο της μηλιάς (*Cydia pomonella* L.) και στον ερυθρό ακάρεο της μηλιάς (*Panonychus ulmi* Koch) (Porter et al., 1991). Οι πιο ευνοϊκές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη των εντόμων είναι στην περιοχή μεταξύ 10° και 30°C. Για τα μεμονωμένα αναπτυξιακά στάδια υπάρχουν διαφορετικές βέλτιστες θερμοκρασίες στις οποίες οι φυσιολογικές διεργασίες προχωρούν πιο εντατικά. Σε αυτές τις βέλτιστες θερμοκρασίες, τα έντομα ζουν περισσότερο και παρουσιάζουν μέγιστη γονιμότητα. Για κάθε είδος υπάρχει ένα λεγόμενο κατώτερο και ανώτερο όριο θερμοκρασίας για την ανάπτυξη, δηλαδή η χαμηλότερη και υψηλότερη θερμοκρασία κάτω και πάνω από την οποία η ανάπτυξη των εντόμων επιβραδύνεται ή σταματά. Όταν οι θερμοκρασίες ανέβουν πάνω από το ανώτερο όριο ανάπτυξης ή πάνω από 40°C, παρατηρείται θανατηφόρο αποτέλεσμα σε πολλά έντομα. Σε τέτοιες υψηλές θερμοκρασίες, καταστρέφονται τα ένζυμα και τα αιμοσφαίρια στο σώμα του εντόμου, γεγονός που οδηγεί στο θάνατό τους. Για παράδειγμα, οι προνύμφες του σκώρου της μηλιάς (*Cydia pomonella* L.) πεθαίνουν σε θερμοκρασία 48°C (Tang et al., 2000). Τα αυγά της γύπας (*Lymantria dispar* L.) δεν εκκολάπτονται σε θερμοκρασίες πάνω από 55°C (Hosking, 2001).

Η θερμοκρασία έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη, τη λοιμογονικότητα και την επιδημιολογία των ασθενειών στα καλλιεργούμενα φυτά. Για τις βακτηριακές ασθένειες, οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για μόλυνση και εξάπλωση είναι ο συνδυασμός υψηλής υγρασίας αέρα και θερμοκρασιών στην περιοχή από 20 έως 30 °C

(Pokhrel, 2021). Θερμοκρασίες εκτός της βέλτιστης περιοχής – τόσο πάνω όσο και κάτω – μπορούν να επιβραδύνουν σημαντικά ή να αποτρέψουν εντελώς την ανάπτυξη της ασθένειας καταστέλλοντας την αναπαραγωγή και την κινητικότητα των παθογόνων (Cohen & Leach, 2020). Τα μυκητιακά παθογόνα εμφανίζουν επίσης εξάρτηση από τη θερμοκρασία. Στην αμπέλου, ο ασπράδα (*Erysiphe necator*) αναπτύσσεται πιο εντατικά σε θερμοκρασίες μεταξύ 21 °C και 30 °C, ενώ θερμοκρασίες πάνω από 34 °C προκαλούν θάνατο των κονιδίων (Delp, 1954).

Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση των διαδικασιών σποριοποίησης και ανάπτυξης λοίμωξης των μυκητιακών παθογόνων στις καρποφόρες καλλιέργειες. Μελέτες δείχνουν ότι στα φυτοπαθογόνα του γένους *Monilinia*, υπεύθυνα για τη σκούρα σήψη των καρπών, η βέλτιστη θερμοκρασία για σποριοποίηση κονιδίων και μόλυνση είναι μεταξύ 20–25 °C. Θερμοκρασίες κάτω από 10 °C ή πάνω από 25 °C καταστέλλουν τη φυσιολογική σχηματισμό σπορίων και επιβραδύνουν την αποίκιση από το μυκητιακό παθογόνο (Xu et al., 2001). Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε με το φ