

Εισαγωγή

Virus = δηλητήριο ή μολυσματικός παράγοντας

Ανάπτυξη της ιολογίας με την ανακάλυψη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου

Γερμανός Meyer (1886): λαμβάνει ως μόλυσμα χυμό ασθενών φύλλων καπνού και επιτυγχάνει τη μηχανική μετάδοση του συμπτώματος του μωσαϊκού μετά από επάλειψη και τριβή υγιών φύλλων

Ρώσος Ivanowski (1892): ο χυμός παραμένει μολυσματικός και μετά τη διόδό του μέσω βακτηριακών φίλτρων, επισημαίνοντας την υπερμικροσκοπική τους φύση

Ολλανδός Beijerinck (1898): η ασθένεια του μωσαϊκού του καπνού οφείλεται σε νέα κατηγορία παθογόνων αιτίων και ανακάλυψε, ότι έχουν τη δυνατότητα να πολλαπλασιάζονται χωρίς να είναι ορατά στο οπτικό μικροσκόπιο

Αμερικανός Stanley (1935) & Βρετανοί Bawden & Prie (1937): ανεκάλψαν τη χημική σύνθεση των ισωματίων (νουκλεϊνικό οξύ και πρωτεΐνη)

Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (1939): παρατήρηση ισωματίων και μάλιστα ότι ο ιός του μωσαϊκού του καπνού είναι ραβδόμορφος.

Οι ταχύτατες εξελίξεις στη χημεία-βιοχημεία & μοριακή βιολογικά- γενετική οδήγησαν σε σημαντικές ανακαλύψεις σχετικά με τη φύση, σύσταση, σχήμα των φυτικών ιών

Ιδιότητες φυτικών ισωματίων

Είναι νουκλεοπρωτεΐνες ικανές να προκαλούν σοβαρότατες ασθένειες στα φυτά. Συνήθως αποτελούνται από μία ή περισσότερες αλυσίδες νουκλεϊνικών οξέων (RNA ή DNA) και περιβάλλονται από πρωτεϊνικό κάλυμμα, το καψίδιο

Αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ζώσας ύλης και συμπεριφέρονται ως παθογόνα αίτια προκαλώντας ποικιλία συμπτωμάτων στα φυτά-ξενιστές

Διαθέτουν γενετικό κώδικα πληροφοριών (ένανς μέχρι αρκετούς εκατοντάδες γόνους) που είναι απαραίτητο για τον πολλαπλασιασμό τους και παθογένεσή τους

Είναι στα υποχρεωτικά παράσιτα μιας και πολλαπλασιάζονται αποκλειστικά μέσα στο φυτό χρησιμοποιώντας τις απαραίτητες χημικές ενώσεις, τα κατάλληλα ενζυμικά συστήματα και τα αναγκαία οργανίδια των κύτταρων

Ορισμός

Άθροισμα ενός ή περισσότερων πρότυπων γονιωματικών μορίων νουκλεϊνικών οξέων, που περιβάλλονται από προστατευτικό κάλυμμα ή καλύμματα πρωτεΐνης ή λιποπρωτεΐνης και είναι ικανά να οργανώσουν και να ολοκληρώσουν την αναπαραγωγή τους μέσα στα κύτταρα του κατάλληλου ξενιστή

Η αναπαραγωγή των ιών:

- Είναι εξαρτημένη από το κυτταρικό μηχανισμό σύνθεσης πρωτεϊνών
- Προέρχεται από δεξαμενές απαραίτητων δομικών υλικών και όχι από δυαδική διαίρεση

- Πραγματοποιείται σε διάφορες θέσεις, όπως στο πρωτόπλασμα ή στον πυρήνα των κυττάρων

Μέγεθος γονιώματος των ιών

Οι φυτικοί ιοί είναι πολύ μικροί και γενετικά απλοί σε σύγκριση με τα κύτταρα, τα οποία μολύνουν

Μικρότεροι ιοί είναι αυτοί που έχουν μέγεθος ανάλογο του μεγέθους ενός κυτταρικού αγγελιοφόρου RNA (mRNA)

Το εύρος των πρωτεϊνών που κωδικοποιούνται από τα νουκλεοξέα των φυτικών ιών είναι 1-12

Ονοματολογία των ιών

Έχει επικρατήσει η ορολογία που περιγράφει τα πλέον χαρακτηριστικά συμπτώματα στους σημαντικότερους ξενιστές ή/και το συχνότερο στον πρώτο ξενιστή, που περιεγράφηκε για πρώτη φορά

Αν και οι περισσότεροι ιοί που μολύνουν τα φυτά προκαλούν εμφανή συμπτώματα στα φυτά-ξενιστές, ωστόσο υφίστανται και φυτοϊοί που μολύνουν χωρίς να προκαλούν συμπτώματα (λανθάνων ιός) ή άλλοι ιοί που προκαλούν ταχύτατη και καθολική νέκρωση του ξενιστή-φυτού

Ιοί δεν είναι μικροοργανισμοί

Όλοι οι οργανισμοί έχουν RNA & DNA, ενώ οι ιοί έχουν ή RNA ή DNA (περισσότεροι φυτοπαθογόνοι RNA και λίγοι DNA)

Όλοι οι οργανισμοί διαθέτουν εξοπλισμό για το μεταβολισμό τους, ενώ οι ιοί δεν τον διαθέτουν (ούτε και ένζυμα)

Όλοι οι οργανισμοί αναπαράγονται από όλα τα σημεία του κυττάρου τους, ενώ οι ιοί μόνο ως προς το νουκλεοξύ τους

Η αναπαραγωγή των ιών δεν μπορεί να γίνει έξω από το κύτταρο του ξενιστή τους

Χαρακτηριστικά των ιών

Βιολογική οντότητα **απουσίας** κυτταρικής δομής

Σωματίδια αποτελούμενα από ένα νουκλεοξύ (RNA ή DNA) προστατευμένο από το πρωτεϊνικό περίβλημα (καψίδιο)

Σε μερικούς υπάρχει εξωτερική λιποπρωτεϊνική μεμβράνη από λιπίδια του ξενιστή και πρωτεΐνες του ιού (μεμβράνη, φάκελος)

Συμπεριφέρονται ως υποχρεωτικά παράσιτα και κατευθύνουν το μεταβολισμό του παρασιτούμενου κυττάρου, για την ολοκλήρωση του δικού τους βιολογικού κύκλου (φυτά: εκδήλωση συμπτωμάτων)

Δομή ιολογικού σωματιδίου (virion)

Αποτελείται από 1 νουκλεοξύ. Στους περισσότερους φυτοπαθογόνους ιούς κατά κανόνα απλής αλυσίδας RNA (οι βακτηριοφάγοι ιοί έχουν κυρίως DNA)

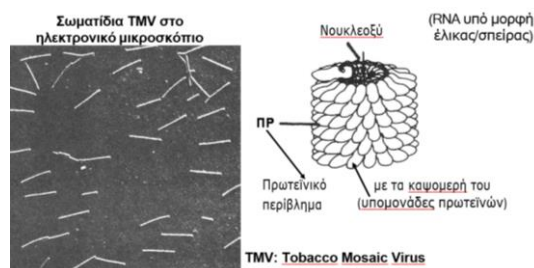
Και από το πρωτεϊνικό περίβλημα (καψίδιο), το οποίο περιβάλλει το νουκλεοξύ σαν προστατευτική θήκη

Κατά κανόνα υπάρχει ένα μόριο RNA ανά σωματίδιο ιού και μόνο ένα είδος πρωτεΐνης

Η πρωτεΐνη αποτελείται από πολλές πολυπεπτιδικές αλυσίδες (υπομονάδες πρωτεΐνης ή καψομέρη)

Η πρωτεΐνη είναι μεγάλου μοριακού βάρους, αποτελούμενη από μεγάλο αριθμό αμινοξέων

TMV (tobacco mosaic virus): 2130 καψομέρη, 300-350 χιλιάδες μόρια αμινοξέων με συνολικό μοριακό βάρος 40 εκατομμύρια περίπου



Σύσταση των φυτικών ιών

Ιοσωμάτια από RNA ή DNA ή σπανίως και από τα δύο μαζί και συντίθενται από τα 4 βασικά νουκλεοτίδια που απαντούν στα αντίστοιχα νουκλεϊνικά οξέα των κυττάρων των ξενιστών

Πρωτεΐνες των ιών περιέχουν τα 20 ίδια απαραίτητα αμινοξέα, που υπάρχουν φυτικά κύτταρα

Πρωτεΐνες μεμβράνης στο λιποπρωτεϊνικό φάκελο κωδικοποιούνται από τον ιό και είναι γλυκοπρωτεΐνες, που περιέχουν υδατάνθρακες. Τα λιπίδια προέρχονται από διάφορες κυτταρικές πηγές (κυτταρική μεμβράνη ξενιστή)

Όλοι οι ιοί κωδικοποιούν μία ή περισσότερες πρωτεΐνες, που είναι απαραίτητες για το σχηματισμό του καψιδίου και για τον πολλαπλασιασμό το γονιώματος του ιού δρώντας ως ένζυμα

Κωδικοποιούν και πρωτεΐνες που μετακινούν τα ιοσωμάτια από κύτταρο σε κύτταρο και συμβάλλουν στη μετάδοσή τους μέσω φορέων (ασπόνδυλα, πρωτόζωα, μύκητες)

Περιέχουν και περιορισμένο φάσμα μικρού μοριακού βάρους ενώσεις, όπως μόρια ύδατος, ορισμένα ιόντα Ca^{2+} και πολυαμίνες (συμβάλλουν κατασκευαστικά και όχι μεταβολικά)

Μορφολογία των ιών

Όλοι οι φυτοπαθογόνοι ιοί καθίστανται ορατοί με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

Οι μισοί σχεδόν είναι νηματόμορφοι (480-2000 nm μήκος και 10-13 nm πλάτος), αρκετοί είναι σφαιρικοί (υπό την έννοια της πολυεδρικότητας διαμέτρου 17-60 nm), ενώ ορισμένοι παραμένουν ραβδόμορφοι και μοιάζουν με βακίλλους (βραχείς, κυλινδρικοί, 300-380 x 52-75 nm)

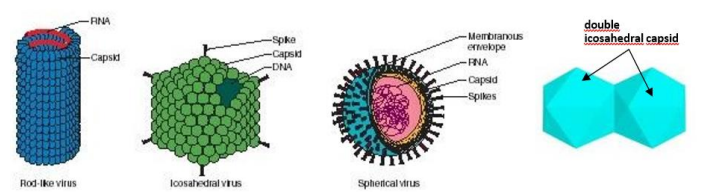
Πολλοί φυτικοί ιοί διαθέτουν γονιώματα διαχωρισμένα σε δύο ή περισσότερες διακριτές αλυσίδες νουκλεοξέων ενθυλακωμένες (εμπεριεχόμενες) σε διαφορετικού συνήθως σχήματος σωματίδια, τα οποία προέρχονται από την ίδια πρωτεϊνική υπομονάδα

Αρκετοί φυτικοί ιοί έχουν 2 ή 3 ισωμάτια ίδιου μεγέθους, που περιέχουν όμως αλυσίδες νουκλεοξέων διαφορετικού μήκους

Καψομερή είναι συγκεκριμένος αριθμός πρωτεϊνικών υπομονάδων που αποτελούν το καψίδιο και εντοπίζονται στην επιφάνεια ισωματίων

Κατά κανόνα όλα τα καψομερή είναι όμοια, ωστόσο υφίστανται και περιπτώσεις που υπάρχουν μέχρι και 9 διαφορετικά είδη πρωτεϊνών

Στους νηματόμορφους ιούς τα καψομερή είναι σπειροειδώς διατεταγμένα, ενώ στα πολυεδρικά ισωμάτια των σφαιροϊών βρίσκονται στις πλευρές. Επιφάνεια ραβδοειδών και ορισμένων σφαιροϊών καλύπτεται από λιποπρωτεϊνική μεμβράνη



Ρόλοι των καψομερών

Προστατευτικός και αντιγονικής εξειδικεύσεως

Καθορίζει τον τρόπο μεταδοτικότητας των ισωματίων από τους φορείς του ιού

Καθορίζει το είδος των συμπτωμάτων που προκαλεί

Καψιδιακή πρωτεΐνη δεν έχει μολυσματικότητα, αλλά η παρουσία της τη διευκολύνει

Είσοδος των ιών στα φυτικά κύτταρα

Πραγματοποιείται μόνο μέσω πληγών, που προκαλούνται μηχανικά ή με υπαιτιότητα των φορέων τους (π.χ. έντομα)

Απαιτείται λύση της συνέχειας των προστατευτικών στρωμάτων του κυτταρικού τοιχώματος και της κυτταροπλασματικής μεμβράνης

Εξαίρεση αποτελεί η είσοδος φυτικού ιού μέσω της αποθέσεώς του εντός ωοθήκης μέσω του μολυσμένου κόκκου γύρεως

Εισαγωγή του ιού θα πρέπει να είναι σχεδόν ταυτόχρονη με τη δημιουργία τραύματος, γιατί η πληγή επουλώνεται μετά από 5-30 λεπτά (ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες)

Πολλαπλασιασμός των ιών στα φυτικά κύτταρα

Κύτταρο σε κύτταρο τα ισωμάτια μετακινούνται μέσω πλασμοδεσμών και αυτή η κίνηση είναι αργή και προκαλεί κυρίως τοπική μόλυνση

Σε διασυστηματικούς ιούς, η μετακίνηση των ισωματίων σε μεγάλες αποστάσεις επιτυγχάνονται μέσω των κυττάρων του ηθμού με ταχύτητα που υπολογίζεται σε 2 περίπου cm/min

Αν η μόλυνση γίνει σε επιδερμικό κύτταρο του φύλλου, ο ιός θα ανιχνευτεί στους ηθμοσωλήνες του φύλλου σε 2-5 ημέρες

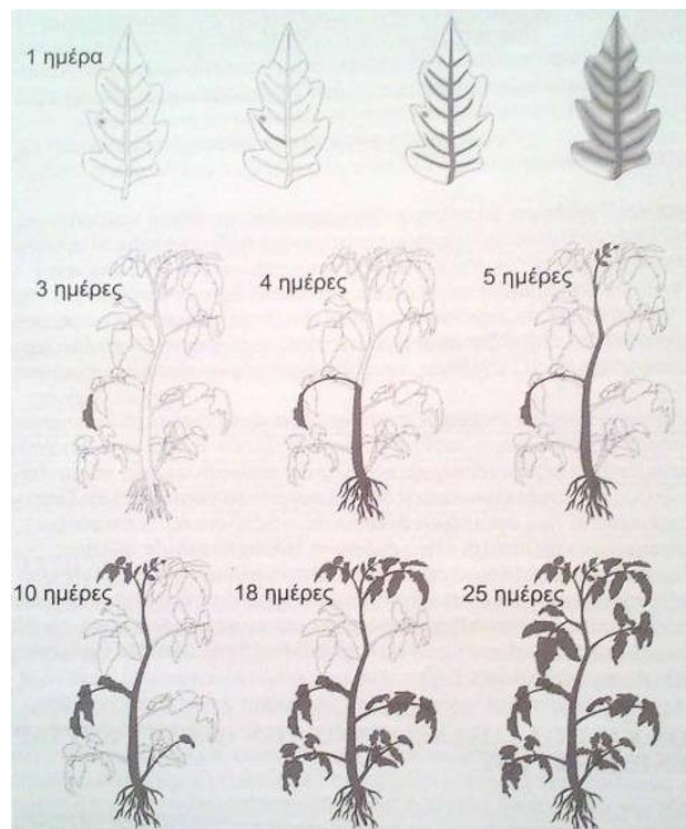
Μετά θα μεταφερθεί αρχικώς στις ρίζες και αργότερα θα εξαπλωθεί στο υπόλοιπο υπέργειο φυτικό τμήμα

Κατεύθυνση και ταχύτητα διασυστηματικής μετακίνησης των φυτοϊών

Παρουσία ιοσωματίων μόνο στον ηθμό και στα παρακείμενα παρεγχυματικά κύτταρα

Παρουσία ιοσωματίων σε όλους τους ιστούς (π.χ. μωσαϊκώσεις) σε υψηλές συγκεντρώσεις (105-107 ιοσωμάτια ανά κύτταρο)

Στις διασυστηματικές μολύνσεις, όλα τα ζωντανά κύτταρα περιέχουν τον ιό



Αναπαραγωγή των ιών

Μονόκλωνο νουκλεϊνικό οξύ (απλή αλυσίδα) μπορεί να είναι κωδικό ή αντικωδικό

Μονόκλωνοι κωδικοί ιοί σημαίνει ότι διαθέτουν νουκλεϊκό οξύ, που δρα απευθείας ως mRNA με αλληλουχία που κωδικοποιεί μία πρωτεΐνη

Μονόκλωνοι αντικωδικοί ιοί διαθέτουν νουκλεϊνικό ξύ που δεν δρα απευθείας ως mRNA, γιατί έχουν συμπληρωματική αλληλουχία και άρα είναι αναγκαία η αντιγραφή της σε κωδικό, για να δράσει ως mRNA

Μολυσματικότητα νουκλεϊνικών οξέων των ιών

Γονιδίωμα ενός ιού περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, για την αναπαραγωγή πλήρων ιοσωματίων in vivo

Φυσική ακεραιότητα & είδος νουκλεϊνικού οξέος είναι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται αν είναι μολυσματικό το αιώρημα ιοσωματίων

Φυσική ακεραιότητα νοείται η πληρότητα, άθικτο σωματίο χωρίς θραυσθέντες φωσφοροδιεστερικούς δεσμούς λόγω φυσικοχημικής ή ενζυμικής δράεως

Είδος νουκλεϊνικού οξέος νοούνται ιοί μονόκλωνοι κωδικού & αντικωδικού RNA, ιοί δίκλωνου RNA και ιοί DNA

Ιοί μονόκλωνου κωδικού RNA

Είναι οι ιοί με κωδικό ριβοζονουκλεϊνικό οξύ μονής αλυσίδας (ssRNA)

Αυτός το γονίωμα με την είσοδό του στον κατάλληλο ξενιστή δρα ως mRNA και άρα είναι μολυσματικό

Πολύ περιορισμένη μολυσματικότητα σε σύγκριση με το πλήρες ιοσωμάτιο, ίσως λόγω της ενζυμικής δράσης των νουκλεασών που καταστρέφουν μεγάλο ποσοστό του γυμνού RNA

Μερικοί ιοί διαθέτουν μικρό τμήμα πρωτεΐνης συνδεδεμένης στο 5' άκρο του RNA και αυτή (η πρωτεΐνη) είναι απαραίτητη για τη μολυσματικότητα

Άλλοι ιοί απαιτούν την παρουσία του καψιδίου ή mRNA για τη σύνθεση της πρωτεΐνης του καψιδίου και να αρχίσει η διαδικασία της μόλυνσης

Σε 10 ώρες περίπου έχουν σχηματισθεί τα νέα ιοσωμάτια σε ζωντανό φυτικό πρωτόπλασμα του ξενιστή

Είναι οι ιοί με αντικωδικό ριβοζονουκλεϊνικό οξύ μονής αλυσίδας

Αυτό το γονίωμα αρνητικής έννοιας (αντικωδικό) πρέπει να αντιγραφεί σε θετικής έννοιας (κωδικά) mRNA, για να καταστεί λειτουργικό

Αυτή η αντιγραφή επιτυγχάνεται με την παρουσία ενός ενζύμου στα ιοσωμάτια, του οποίου η πληροφορία παραγωγής είναι κωδικοποιημένο στον ιό

Απουσία προφανώς αυτού του ενζύμου καθιστά το γονιωματικό RNA μη μολυσματικό

Δίκλωνοι RNA ιοί

Είναι οι ιοί με ριβοζονουκλεϊνικό οξύ διπλής αλυσίδας (dsRNA)

Διαθέτουν γονιδίωμα με κωδικοποιημένη πληροφορία παραγωγής ενός ενζύμου, που αντιγράφει το γονιδιακό RNA σε mRNA

Απομάκρυνση αυτού του ενζύμου κατά τη διάρκεια απομόνωσης του RNA καθιστά αυτό το γονιωματικό RNA μη μολυσματικό

DNA ιοί

Γονιδίωμα μονής ή διπλής αλυσίδας

Αυτοί οι ιοί χρησιμοποιούν τα ενζυμικά συστήματα του ξενιστή-φυτού στα αρχικά στάδια της μόλυνσης, όπου σχηματίζονται λειτουργικά mRNA

Αυτοί οι ιοί μολύνουν απουσία ενζύμων, γιατί η γενετική πληροφορία παραγωγής τους είναι καταγεγραμμένη στο γονιδίωμά τους

Διαδικασία σύνθεσης των ιών

Περισσότεροι φυτοπαθογόνοι ιοί διαθέτουν μονόκλωνο RNA και άρα ένα μόριο RNA υφίσταται ανά ιοσωμάτιο και ένα μόνο είδος καψομερούς σε κάθε ιό

Αρχικά, απελευθέρωση RNA από το πρωτεϊνικό καψίδιο

Επαγωγή σύνθεσης ιικής RNA-πολυμεράσης, η οποία χρησιμοποιεί ιικό

RNA ως εκμαγείο (μήτρα) για να σχηματίσει συμπληρωματικό RNA

Προσωρινή σύνδεση συμπληρωματικού RNA με την (αρχική θετική) ιική αλυσίδα, αλλά ταχέως διαχωρίζονται και αυτή η συμπληρωματική αλυσίδα έχει το ρόλο εκμαγείου οδηγώντας στη σύνθεση νέου ιικού RNA

Διαδικασία σύνθεσης των RNA ιών

Ιοί με διαφορετικά τμήματα RNA σε δύο ή περισσότερα ιοσωμάτια, η αναπαραγωγή του και μόλυνση πραγματοποιούνται όταν όλα τα ιοσωμάτιά του είναι παρόντα στο ίδιο φυτικό κύτταρο

Μονόκλωνοι ραβδόμορφοι RNA ιοί δεν έχουν RNA μολυσματικό ως αντικωδικό και αυτή η μολυσματικότητα εκφράζεται, όταν γίνει μεταγραφή εντός του ξενιστή μέσω του ενζύμου μεταγραφάση (transcriptase) και ακολουθήσει η αντιγραφή του RNA σε κωδικό

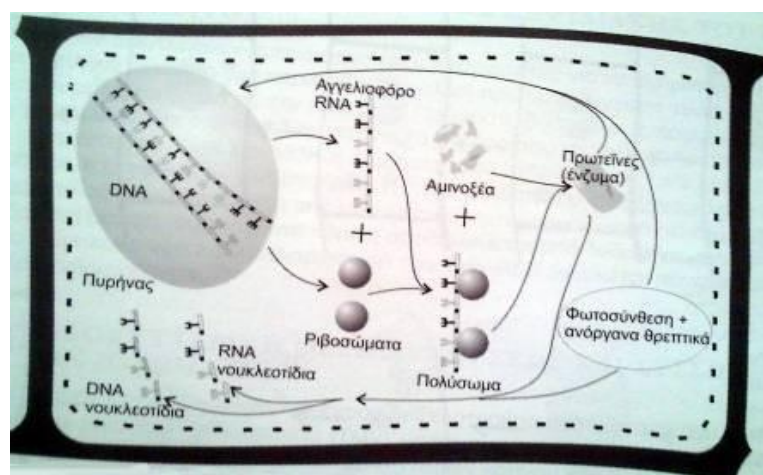
Δίκλωνοι ισοδιαμετρικοί RNA ιοί φέρουν το RNA χωρισμένο εντός του ίδιου ιοσωματίου (είναι μη-μολυσματικό) και η αντιγραφή του στον ξενιστή εξαρτάται από το ένζυμο της μεταγραφάσης, που πρέπει να συνυπάρχει εντός του ιού

Διαδικασία σύνθεσης των dsDNA ιών

Ιοί με δίκλωνο DNA, η μόλυνση εντός του φυτού γίνεται όταν το ιικό δίκλωνο DNA εισέρχεται στον πυρήνα του φυτικού κυττάρου, όπου και μεταγράφεται σε δύο μονόκλωνα RNA

Ακολούθως, το μικρότερο RNA μεταφέρεται στο κυτταρόπλασμα και μεταφράζεται σε κωδικοποιημένες πρωτεΐνες του ιού

Το μεγαλύτερο RNA μεταφέρεται στην ίδια περιοχή του κυτταροπλάσματος και περικλείεται από τα καψομερή και χρησιμοποιείται ως εκμαγείο για αντίστροφη μεταγραφή στο πλήρες ιικό δίκλωνο DNA



Διαδικασία σύνθεσης των ssDNA ιών

Αντιγραφή ιού μονόκλωνου DNA λαμβάνει χώρα με την παραγωγή πολυμερικής αλυσίδας, που αποτελεί το εκμαγείο για την παραγωγή πολυμερικών ικών αλυσίδων βάσει του σχηματισμού κυλιόμενου κύκλου (rolling circle)

Ακολούθως, οι πολυμερικές ικές αλυσίδες συνενώνονται για να δημιουργεί το πλήρες μήκος της κανονικής ικής αλυσίδας

Η πρωτεϊνόςύνθεση στα υγιή φυτικά κύτταρα εξαρτάται από την παρουσία αμινοξέων και από τη συμβολή/συνεργασία των ριβοσωμάτων, του mRNA και των tRNA (κάθε tRNA αντιστοιχεί στην αλληλουχία mRNA)

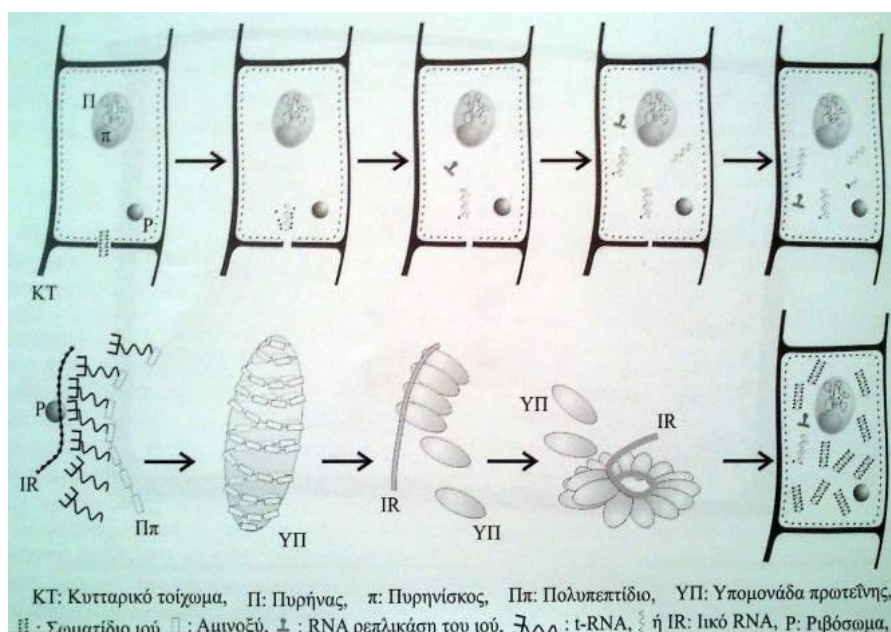
Το mRNA που παράγεται στον πυρήνα και κωδικοποιεί τμήμα DNA καθορίζει το είδος της πρωτεΐνης που θα παραχθεί, κωδικοποιώντας την αλληλουχία κατά την οποία τα αμινοξέα είναι διατεταγμένα

Τα ριβοσώματα μετακινούνται κατά μήκος του mRNA και παρέχουν την ενέργεια για τη σύνδεση των προδιατεταγμένων αμινοξέων, για το σχηματισμό της πρωτεΐνης

Για την ική πρωτεϊνόςύνθεση, τμήμα ικού RNA που κωδικοποιεί την ική πρωτεΐνη κατέχει ρόλο mRNA

Ο ιός χρησιμοποιεί τα αμινοξέα, τα ριβοσώματα και τα tRNAs του ξενιστή και οι σχηματιζόμενες πρωτεΐνες είναι αποκλειστικά προς χρήση του ιού ως περίβλημα-καψίδιο ή για άλλες λειτουργίες

Όταν ολοκληρωθεί η παραγωγή του νέου ικού νουκλεοξέος και των καψομερών, το νουκλεοξύ οργανώνει τις πρωτεϊνικές υπομονάδες πέριξ του και αυτά τα δύο συγκροτούν το ιοσωμάτιο



Διαδικασία σύνθεσης των ιών

Το σημείο ή σημεία του κυττάρου που γίνεται η σύνθεση του ιικού νοκλεοξέος και των καψομερών ποικίλλει και εξαρτάται από τον ιό

Ιικό RNA, αφού απελευθερωθεί από το πρωτεϊνικό καψίδιο, αναπαράγεται στο κυτταρόπλασμα

Απόθεση ιοσωματίων γίνεται επίσης στο κυτταρόπλασμα

Η σύνθεση των ιικών νουκλεοξέων & πρωτεϊνών των ssDNA ιών και η συνάθροιση των ιοσωματίων τους γίνεται στον πυρήνα και στη συνέχεια απελευθερώνονται στο κυττόπλασμα

Ιοσωμάτια στο κυττόπλασμα (10 ώρες μετά τη μόλυνση) του φυτικού κυττάρου εντοπίζονται είτε μόνα τους, είτε σε ομάδες και ίσως σχηματίζουν κρυσταλλικά έγκλειστα

Ρόλος RNA

Το RNA των ιών έχει τη μοναδικότητα να δρα είτε ως εκμαγείο, είτε ως mRNA και για αυτό λέγεται πολυλειτουργικό

Υφίστανται γόνοι για την RNA-πολυμεράση, την πρωτεΐνη του καψιδίου και ίσως για τη σύνθεση προϊόντων που ευθύνονται για την εκδήλωση συγκεκριμένων συμπτωμάτων στο φυτό-ξενιστή

Εκδήλωση συμπτωμάτων δεν οφείλονται μόνο στο ότι η σύνθεση του ιού καταναλώνει συστατικά του φυτικού κυττάρου, αλλά και στο ότι ο ιός κατευθύνει τη σύνθεση βιολογικά ενεργών ουσιών που δεν προϋπάρχουν στα υγιή φυτά ή τουλάχιστον στις ίδιες ποσότητες

Μετακίνηση & κατανομή των ιών στα φυτικά κύτταρα

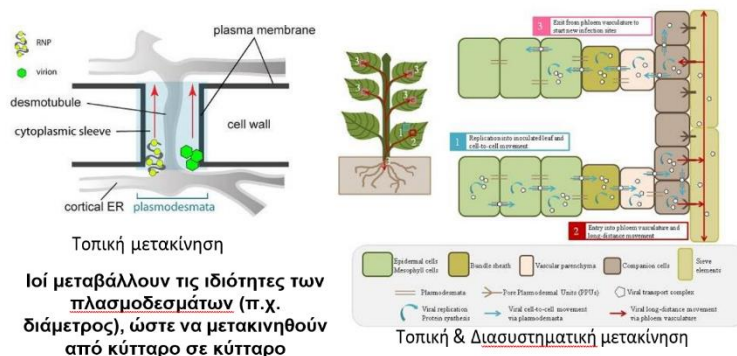
Μετακίνηση τοπικά ή διασυστηματικά εντός μολυσμένων φυτών

Τοπική μετακίνηση μέσω των πλασμοδεσμάτων των κυττάρων από τη θέση της αρχικής εισόδου και είναι βραδεία

Διασυστηματική μετακίνηση μέσω των αγγείων του ηθμού και είναι ταχύτερη

Οι κινητές μορφές του ιού από κύτταρο σε κύτταρο είναι οι άθικτοι ιοί, αλλά και οι μονές κωδικές αλυσίδες νουκλεϊνικών οξέων

Ριβονουκλεοπρωτεΐνες (vRNP): μορφές συμπλόκων που περιέχουν ιικό RNA, καψιδιακή πρωτεΐνη και νουκλεϊνικά οξέα και μετακινούνται σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις εντός του φυτού



Αντίδραση φυτών σε μολύνσεις δύο διαφορετικών ιών

Η μόλυνση φυτού από δύο ιούς μπορεί να γίνει είτε ταυτόχρονα, είτε διαδοχικά, ο πολλαπλασιασμός του κάθε ιού δεν επηρεάζεται από την παρουσία του άλλου

Εμφάνιση τυπικών συμπτωμάτων και των δύο ιώσεων ή συμπλόκου συμπτωμάτων, που δεν μοιάζουν σε καμία από τις δύο ιώσεις

Αν πρόκειται για φυλές του ίδιου ιού που προκαλούν διαφορετικά συμπτώματα, έχει μεγάλη σημασία αν η μόλυνση στο φυτό έγινε ταυτόχρονα ή διαδοχικά από αυτές τις δύο φυλές

Μόλυνση φυτού από δύο φυλές του ίδιου ιού με διαφορετικά συμπτώματα

Ταυτόχρονη μόλυνση: οι 2 φυλές να πολλαπλασιαστούν ανεξάρτητα η μία από την άλλη και να παραχθούν συμπτώματα ενδιάμεσης φύσεως ή η μία φυλή να πολλαπλασιαστεί ταχύτερα και να υπερισχύσει της άλλης (ανταγωνισμός) ή η μία φυλή να «βοηθήσει» στο πολλαπλασιασμό & εξάπλωση της άλλης μέσα στο φυτό (συνεργία)

Διαδοχική μόλυνση: η παρουσία ισωματίων της πρώτης φυλής παρεμποδίζει πλήρως τη μόλυνση οποιασδήποτε άλλης φυλής του ίδιου ιού (είδος επίκτητης ανοχής και δεν εξαρτάται από το ποια φυλή θα μολύνει πρώτη)

Μόλυνση φυτού τεχνητώς με ήπια μορφή ενός ιού έχει προσφέρει προστασία από καταστρεπτικές φυλές του ίδιου ιού (cross protection)

Πολυσωματιακοί, συνιοί & δορυφόροι ιοί

Πολυσωματιακοί: μερικοί RNA-φυτοϊοί διαθέτουν δύο ειδών ισωμάτια εκ των οποίων κανένα από μόνο του δεν είναι μολυσματικό (το γονίωμά τους είναι καταναμεμημένο σε δύο τμήματα RNA και μολύνουν μόνο που συνευρίσκονται στα κύτταρα του ξενιστή)

Συνιοί: μερικοί RNA-φυτοϊοί διαθέτουν δύο διαφορετικών ειδών ισωμάτια

Δορυφόροι ιοί: ισωμάτιο που μοιάζει με ιό, αλλά περιέχει μόνο ένα γόνιο που κατευθύνει την πρωτεϊνσύνθεση μόνο του δικού του καψιδίου και εξαρτάται ολοκληρωτικά από τον κύριο ιό για την παραγωγή της RNA-πολυμεράσης

Ιοειδή

Οι μικρότερες παθογόνες οντότητες μολυσματικών ασθενειών των φυτών.

~20 ασθένειες των φυτών οφείλονται σε ιοειδή

Μικρών διαστάσεων κυκλικά RNA μονής αλυσίδας μικρού μοριακού βάρους. Μήκος 40 nm και πάχος δίκλωνου RNA

Τα νουκλεοτίδιά τους δεν κωδικοποιούν καμιά πρωτεΐνη και πολλαπλασιάζονται μόνο σε κύτταρα φυτών

Αποτελούν το ελάχιστο γενετικό σύστημα και ορίζουν το μέτρο του ελάχιστου της μολυσματικής μονάδας

Φαίνεται να εντοπίζονται στον πυρήνα του κυττάρου και ίσως στο ενδομεμβρανικό του σύστημα

Στην ονοματολογία τους γίνεται με τη χρήση του γράμματος «d» στο τέλος του αρτικόλεξου του ονόματός τους (π.χ. Potato spindle tuber virod, PSTVd). Αγγλικά: viroid

Πολλαπλασιασμός των ιοειδών γίνεται με τη χρήση προϋπαρχόντων ενζύμων του φυτού (RNA ιοειδούς δεν κωδικοποιεί για κανένα από τα πολυπεπτίδια), τα οποία είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση νουκλεϊνικών οξέων. Λαμβάνει χώρα μέσω RNA προτύπου και περιλαμβάνει ένα κυκλόμενο (rolling-circle) μηχανισμό

Άγνωστο πως μολύνουν τα ιοειδή και οι ασθένειές τους εκδηλώνονται με διάφορα συμπτώματα. Πιθανά ο βαθμός δράσης μίας πρωτεϊνικής κινάσης να σχετίζεται με το βαθμό παθογένεσης του ιοειδούς και άρα με την ανάπτυξη της ασθένειας στο φυτό

Στάδια πολλαπλασιασμού ιοειδών

Ξεκινά με την κωδική (θετική) μολυσματική αλυσίδα, που καθίσταται πρότυπο για τη σύνθεση των αντικωδικών (αρνητικών) αλυσίδων

Η πολυμερής γραμμική αντικωδική αλυσίδα αντιγράφεται σε πρόδρομες πολυμερείς κωδικές αλυσίδες

Αυτές οι πρόδρομες αλυσίδες τεμαχίζονται και κυκλοποιούνται 4 ένζυμα υπεισέρχονται στη σύνθεση ιοειδών μέσω της αντιγραφής της κωδικής αλυσίδας από μία αντικωδική: DNA-εξαρτώμενη πολυμεράση με 3 μορφές (I, II, III) και μία RNA-εξαρτώμενη πολυμεράση (πιθανά η μορφή II)

Μετακίνηση ταχέως μέσω των κυττάρων & αγγείων του ηθμού του ξενιστή (όπως και οι ιοί) και αυτό ίσως λαμβάνει χώρα ως προσδεσμένα σε μία πρωτεΐνη του φυτού

Μετάδοση & Επιδημιολογία: εύκολα μηχανικώς (χυμός μολυσμένου φυτού στα χέρια, εργαλεία, καλλιεργητικές φροντίδες κ.λπ.) και με το αγενές πολλαπλασιαστικό υλικό, αλλά και με τη γύρη & σπόρο (μικρός ρυθμός μεταδοτικότητας). Φορείς ιοειδών δεν πρέπει να υπάρχουν

Επιβίωση ιοειδών εκτός του ξενιστή τους στα νεκρά φυτικά υπολείμματα για λίγα λεπτά της ώρας έως λίγους μήνες. Κυρίως επιβιώνουν εντός πολυετών ξενιστών

Αρκετά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Δεν αδρανοποιούνται εντός των μολυσμένων φυτών με τη θερμική μεταχείρισή τους

Ομοιότητες ιών-ιοειδών

Και τα δύο είναι υπερμικροσκοπικά υποχρεωτικά παράσιτα (πολλαπλασιάζονται μόνο σε ζωντανά κύτταρα), αυτόνομα πολλαπλασιαζόμενα, αποτελούμενα κατά βάση από νουκλεϊκό οξύ (DNA ή RNA οι ιοί, RNA τα ιοειδή) και αναπαραγόμενα βάσει του δόγματος της βιολογίας

Συμπτωματολογία των ιοειδικών ασθενειών περιλαμβάνεται σε εκείνη των ιών (που είναι ευρύτερη)

Τρόποι μετάδοσης των ιοειδών επίσης περιλαμβάνονται σε εκείνους των ιών

Διαφορές ιών-ιοειδών

Μέγεθος RNA ιοειδούς είναι 250-370 βάσεις, ενώ το αντίστοιχο ιικό RNA είναι των 4-20 kb

Το ιικό RNA περικλείεται από το πρωτεϊνικό καψίδιο, ενώ τα ιοειδή στερούνται και προφανώς το RNA τους είναι ελεύθερο

Οι ιοί περιέχουν τις γενετικές πληροφορίες για τη σύνθεση κάποιων πρωτεϊνών (τουλάχιστον του ενζύμου πολυμερισμού του ίδιου του νουκλεϊκού οξέος τους), ενώ τα ιοειδή δεν κωδικοποιούν πρωτεΐνες

Τα ιοειδή έχουν μοναδική χημική δομή και έχουν υψηλότερη από τους ιούς άριστη θερμοκρασία πολλαπλασιασμού και εκδήλωσης των συμπτωμάτων (πάνω από τους 30°C, ενώ άνω από αυτό το επίπεδο θερμοκρασίας γίνεται η θεραπεία των φυτών από τους ιούς).