

ROSTLINY a STRES

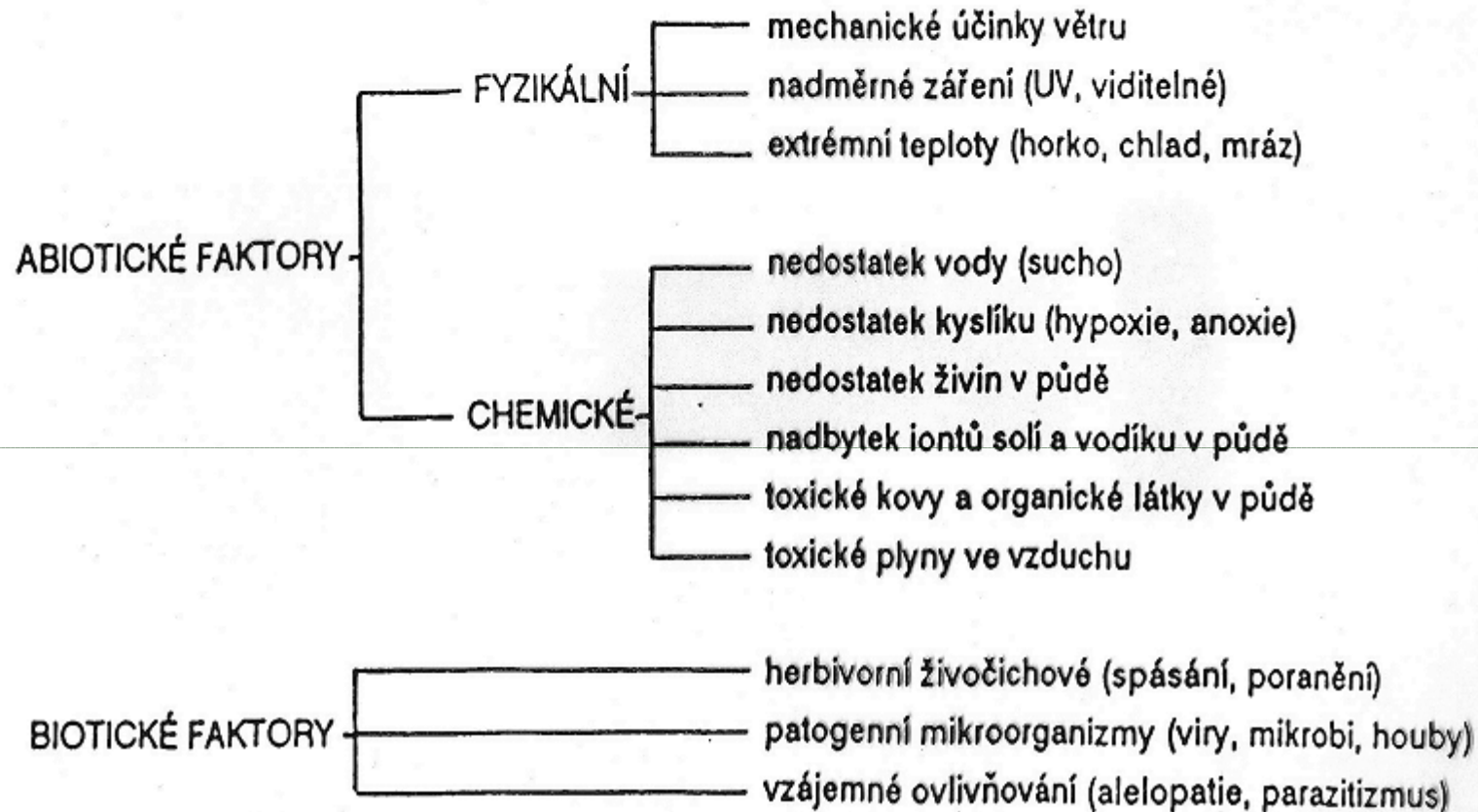
II. BIO

Zdeněk OPATRNÝ

Katedra experimentální biologie rostlin
Přírodovědecká fakulta UK Praha

U3V 2013/14

Opakování **Souhrnná tabulka stresorů**



Přehled nejdůležitějších stresových faktorů, se kterými se rostliny setkávají v přírodě.

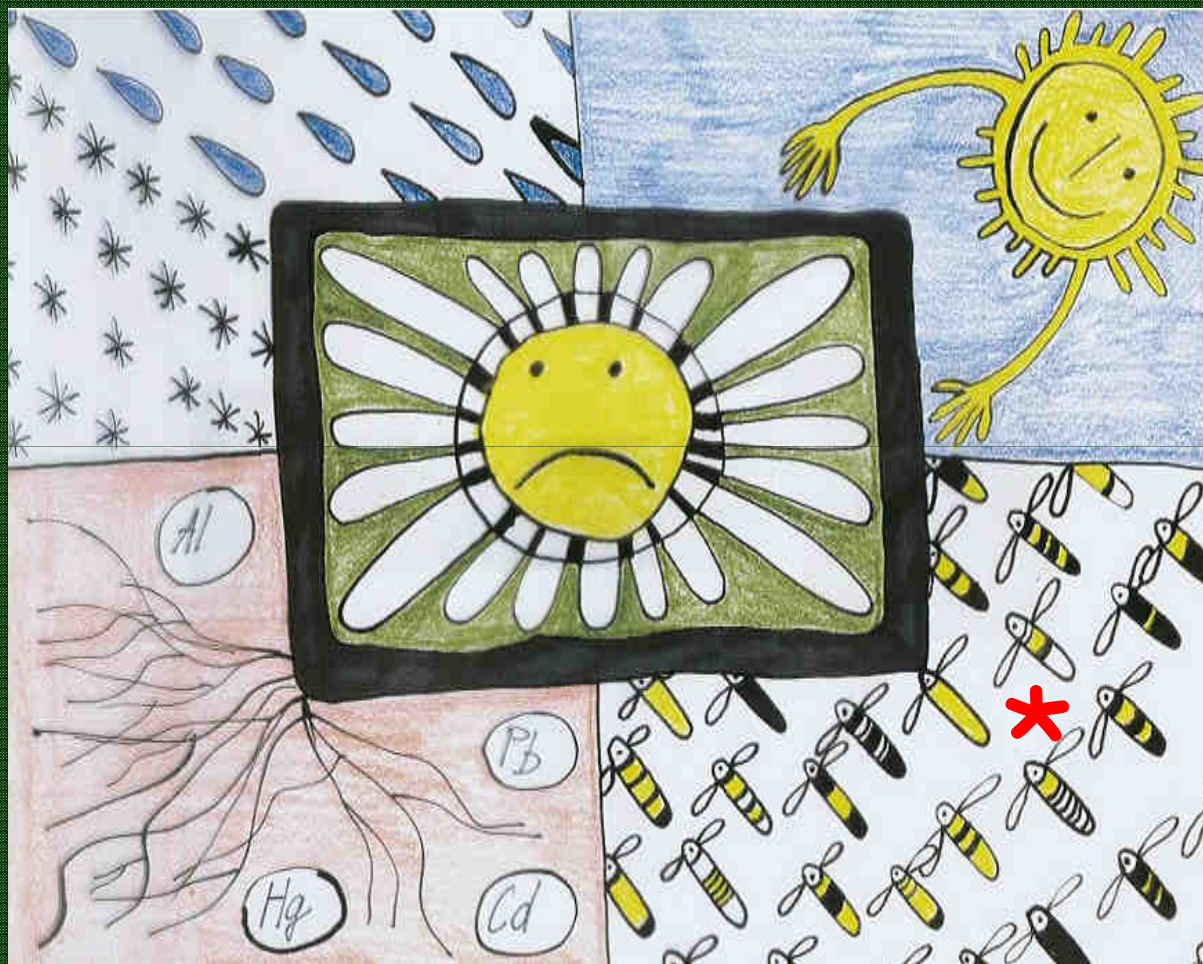
Opakování

Základní sebezáchovné protistresové strategie:

- utéci ... nepoužitelné pro rostliny
- vyhnout se stresu (avoidance) různou pasivní ochranou (ochlupení, kutikula, adaptace atd.)
- (inter) aktivní ochrana vůči danému stresoru
- programovaná smrt buněk jako strategie pro záchranu jedince

Opakování

„Biostresy“ ?



„BIOKONTAKTY“

rostliny interagují se všemi typy jiných živých organizmů

- viry
 - bakteriemi
 - houbami
 - živočichy
-
- i mezi sebou navzájem

„BIOKONTAKTY“ :

- konkurence
- spolupráce
- kompetice o „místo na slunci“
- potravu

- vzájemné predátorství

Parazitismus

coby nejchytřejší forma koexistence ?

Nejprve se musel vyvinout hostitel
až poté „simplifikovaný“ parazit

Symbioza versus paratizismus

aneb když se rovnováha zvrhne

Parazitismus versus saprofytismus

aneb když to parazit přežene :
patogeny **biotrofní, hemibiotrofní, nekrotrofní**

Parazité parazitů

u rostlin i živočichů

Obecné ochranné strategie:

PASIVNÍ ... chlupy, trny, kutikula, toxicita

AKTIVNÍ ... celkové
... lokální / místní

PM ... PAMP triggered immunity
... Patogen Assistant Molecular Patterns
všechny bakterie které mají bičík
nebo houby které mají chitin

EM ... effector triggered immunity
specifická až po určitý patvar či rostlinný
ekotyp

Aktivita virem, bakterií, houbou napadené buňky:

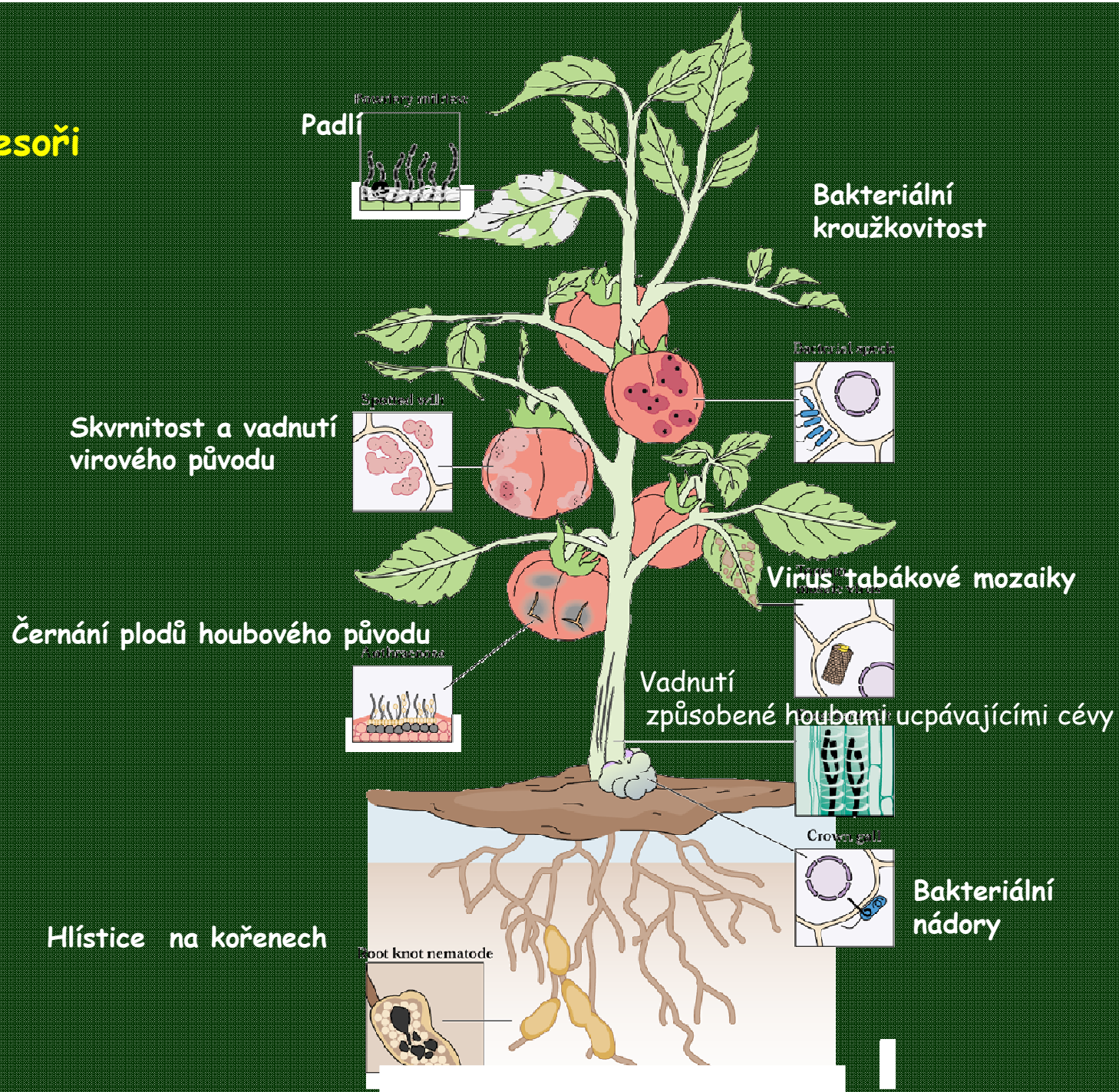
preinvazivní či postinvazivní

směřovaná sekrece obranných látek

... viz úloha exocytozy

od obranné papily vůči houbovému haustoriu
po programovanou buněčnou smrt

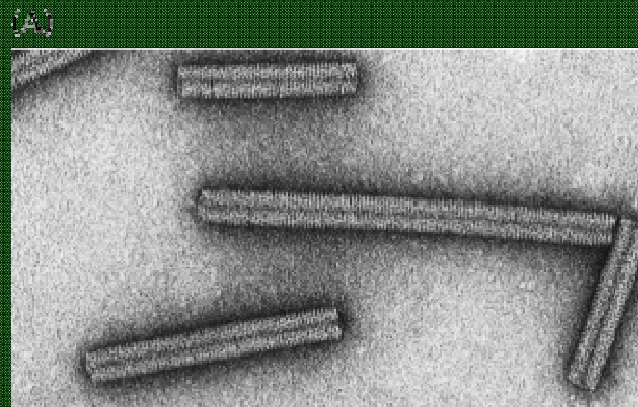
Biotičtí stresori



A začínáme od virů

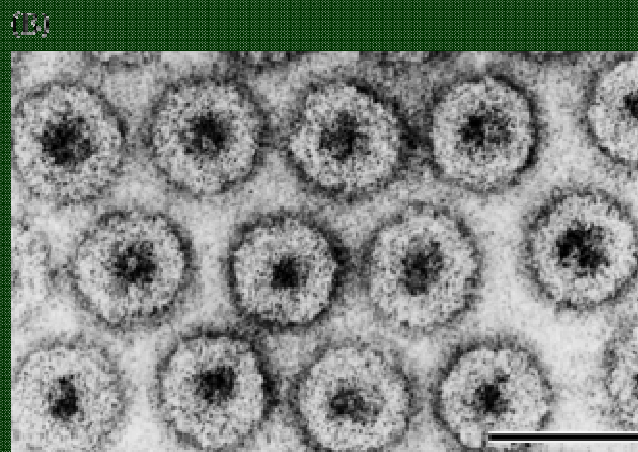
klasické modely:

virus mozaiky tabáku ... VTM



virus mozaiky rajčete

Cauliflower Mosaic Virus CMV



VIROVÁ onemocnění rostlin

- * vysoce kalamitní
šíření bodavě savým hmyzem, křísy, hád'átky, roztoči,
ale i parazitickými houbami,
- * obtížně léčitelná
- * karantenní (S-viry brambor, šarka švestky)
- * velmi přenosná u vegetativně množených plodin (brambor,
chmel, banány, cukrová třtina a p.)
- * vzácné genové zdroje resistance
- * značný přínos biotechnologických metod ozdravování -
eradikace
- * GMO techniky - obalové proteiny

Příklady virových onemocnění



Virové onemocnění révy vinné vyvolává žloutnutí listů podél cévních svazků



Deformace plodů lilku (vlevo je zdravý plod)



Virová skvrnitost plodů papriky



Hypersenzitivní reakce je odumírání buněk v okolí vstupu patogena. Představuje jednu z účinných obranných reakcí. Jedná se o tzv. **programovanou buněčnou smrt**. Je rostlinou regulována, destrukce buňky probíhá rychle avšak koordinovaně. Hypersenzitivní reakce se projevuje vznikem **nekrotických skvrn**. Některé agresivní kmeny biotrofních hub produkují látky zvané supresory, které potlačují vznik a průběh HR.

BAKTERIÁLNÍ onemocnění rostlin

až 250 druhů, často v mnoha rasách různé virulence

Agrobacterium tumefaciens ... "crown gall" ... vinná réva aj.

Erwinia amylovora ... spála růžokvětých ... jabloně, hrušky

Erwinia carotovora ... hniloba zelenin

Erwinia tracheiphila ... hniloba okurek

Pseudomonas syringae ... rakovina peckovin

Xanthomonas phaseoli ... hniloba luštěnin

Mechanismus působení:

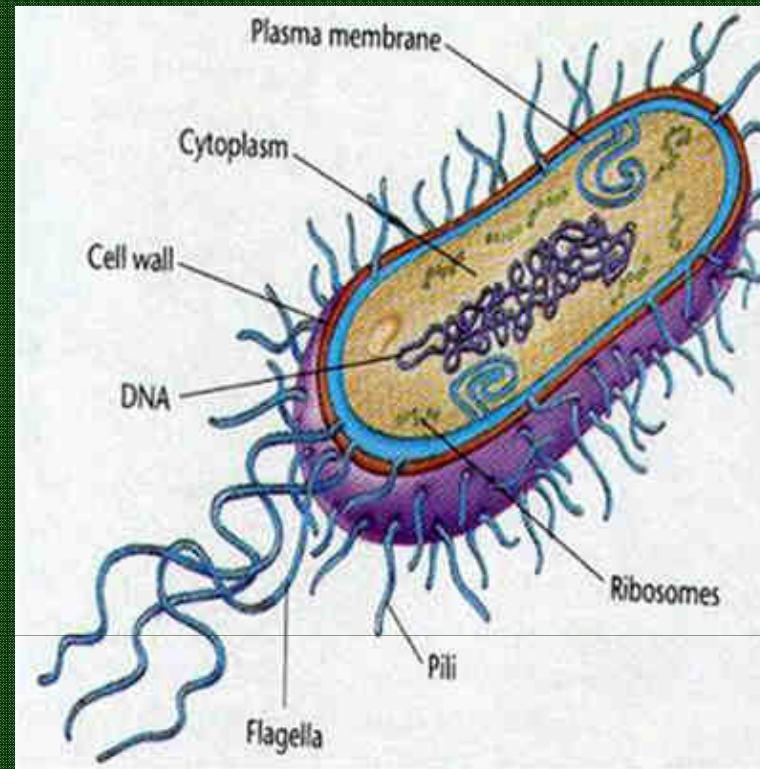
toxiny

ucpávání vodivých pletiv, průduchů,

macerace pletiv a buněčných stěn (pektinázy, celulázy)

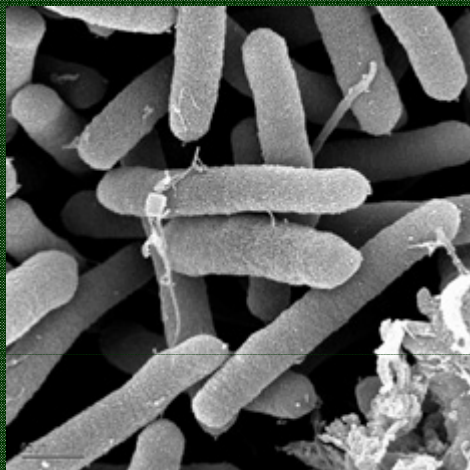
Plané druhy - **genové zdroje resistance**

Fytopatogenní bakterie



Fytopatogenní bakterie jsou jednobuněčné prokaryotické obvykle heterotrofní organismy, schopné parazitismu. Nejznámější jsou rody *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium*. Zejména *Pseudomonas syringae* je významným rostlinným patogenem, který je celosvětově zodpovědný za velké množství ekonomicky důležitých chorob. Tyto bakterie infikují široké spektrum rostlin - zeleninu, ovocné dřeviny i okrasné rostliny. Ztráty, způsobené patogenními pseudomonádami např. na peckovinách v mnoha oblastech dosahují až 50 % produkce.

Pseudomonas syringae



Skvrnitost plodů a listů rajčete způsobené
Pseudomonas syringae



List sóji napadený bakterií *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*.

Prof. Bohumil Němec

anatomie, cytologie, morfogeneze, rozmnožování rostlin,
regenerační procesy, nádorový růst



Hálky – rostlinná rakovina ?

PRÁCE Z ARCHIVU AKADEMIE VĚD

Bohumil Němec
Vzpomínky

ARCHIV AKADEMIE VĚD ČR

a.
A

2002

B

16

Odedávna mne poutaly hálky, rozmanité znetvořeniny, které vznikají na rostlinách vlivem cizopasných nebo symbiotických živočichů a rostlin. Pokoušel jsem se, jako jiní přede mnou a po mně, uměle vyvolat na rostlinách něco hálkám analogického. Zvláště mne zajímaly bakteriové nádory, jejichž příčinou je *Bacterium tumefaciens*, neboť mají jakousi podobnost s lidskou rakovinou (Erwin Smith). O svých pokusech jsem referoval v Lékařských rozhledech r. 1913.

Ještě jednou jsem se touto otázkou zabýval, a to v přednášce, kterou jsem měl r. 1927 v Budapešti na mezinárodním sjezdu zoologickém, k němuž byl připojen sjezd pro experimentální cytologii. Přednáška vyšla v německém časopise pro exper. cytologii r. 1928. R. 1929 jsem uveřejnil ve Věstníku Královské české společnosti nauk pojednání, v němž jsem popsal nález bakterií v buňkách nádorků na větévkách slivek. Zkoumal jsem však také přímo rostlinné hálky, a sice jejich vývoj, anatomii i cyto-

logii. Uveřejnil jsem o svých výzkumech čtyři pojednání v Rozpravách České Akademie (1916–1921) a později ve Studies, které vydával můj ústav (I. 1923).

Moje přednáška o rostlinných tumorech byla Pringsheimem prohlášena za velmi kritickou. Odmítl jsem v ní Smithův názor, že bakteriové tumory rostlinné jsou pravá analoga maligních rakovin člověka, nýbrž že běží o hálky. Tenkrát nebyly známy rostlinné nádory bez bakterií a také ne nádory vznikající po bastardovi, které objevil Dončo Kostoff na bastardech mezi *Nicotiana Langsdorfis* a *glauca*. Moje přednáška vyšla v časopise pro experimentální cytologii r. 1928.

viry, bakterie, hád'atka, hmyzí larvy, genetické poruchy...

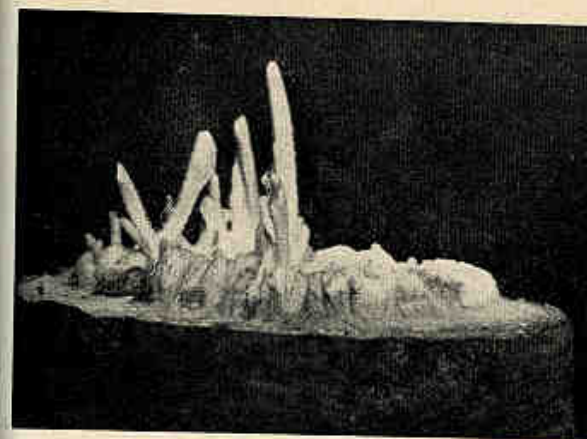
Agrobacterium rhizogenes - živé či mrtvé



Obr. 63. Pohled z plochy na seřiznutý kořen čekanky (*Cichorium intybus*). Pravá polovina byla natřena kulturou *Pseudomonas rhizogenes*. Na ní vznikl tumor, z něhož vyrůstá adventivní kořeny. Na nenatřené polovině vyrůstají četné adventivní pupeny. 13. XII. 1929—21. I. 1930. Zvětšeno 2:1.



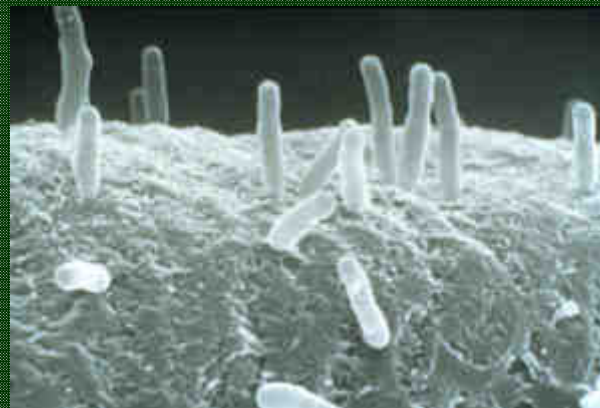
Obr. 64. Seřiznutý kořen čekanky (*Cichorium intybus*). Polovinu řezné plochy byla potřísněna kulturou *Pseudomonas rhizogenes*. Na ní vznikl tumor a kořeny. Na druhé polovině vyrůstají četné adventivní pupeny. 8. III.—12. IV. 1929.



Obr. 65. Seřiznutý kořen čekanky (*Cichorium intybus*). Pravá polovina natřena několikrát slizovým usmrcenou kulturou *Pseudomonas rhizogenes*. Adventivní pupeny na ní nenastávají. Na levé, nenatřené polovině vznikají pupeny. 23. I.—13. II. 1930. Zvětšeno 2:1.



Obr. 66. Seřiznuté hypokotyle mandle (*Alsecula hippocastanum*). Od levé strany: 1. řezná plocha nenatřena. 2. Polovina řezné plochy natřena kulturou *Pseudomonas rhizogenes*. Na nenatřené části vyrůstá adv. pupen, na natřené adv. kořeny. 3. a 4. řezná plocha celá natřena kulturou *Pseudomonas rhizogenes*. Na řezných plochách vzniká tumor, později z něho vyrůstají adventivní kořeny. 23. II.—31. III. 1934. Zvětšeno 1,5:1.



Bakterie *Agrobacterium tumefaciens*
na povrchu rostlinné buňky

Bakterie *Agrobacterium tumefaciens* je půdní bakterie příbuzná hlízkovým bakteriím, která působí specifické **nádorové onemocnění rostlin**. Z ekonomického hlediska působí vážné škody např. u ořešáku, révy vinné, peckovin, cukrovky aj. Vedle bakteriálního chromosomu obsahuje tzv. plazmid (mimochromosomovou DNA), který mimo jiné vlohy nese genetickou informaci pro vznik nádoru na hostitelské rostlině a geny pro syntézu rostlinných hormonů, které působí vznik nádoru. Část plazmidové DNA může být přenesena do jádra rostlinné buňky a stát se součástí jaderného genomu. Tento unikátní mechanismus interakce je využíván v genetickém inženýrství pro vnášení cizích genů do rostlin.

Houbová a plísňová onemocnění rostlin

rzi, sněti, padlí, plísně, hniloby

Puccinia graminis tritici ... rez pšeničná

Puccinia striiformis/graminis ... rez travní

Ustilago maydis ... sněť kukuřičná

Erysiphe graminis, polygoni, cicoracearum ... padlí

Fusarium oxysporum, solani, nivale ... fuzarium, plíseň sněžná

Phytophthora infestans ... plíseň bramborová

Ceratocystis ulmi ... grafioza jilmů

Mají pleitrofní účinky:

toxiny i enzymy, mechanické bloky transportu, parazitismus až saprofytismus, mono-či polygenně kodované resistance (*b/b1, b/b2*)

Transgenóze, hybridizace zygotická i somatická, mutageneze ?

Fytopatogenní houby

Výtrusy hub se šíří větrem, deštěm nebo žijí v půdě a šíří se přenašeči (vektory). Houby vstupují do hostitele ranami, průduchy, lenticelami, pokožkou s tenkou kutikulou např. na bliznách, nektariích, meristémech, kořenových vláscích a někdy i neporušenou pokožkou s normálně vyvinutou kutikulou. Kombinují mechanický tlak rostoucí hyfy s enzymatickým rozkladem kutikuly a buněčné stěny.

Některé **biotrofní houby** žijí jen v mezibuněčných prostorech (např. *Cladosporium fulvum* působící plíseň na listech rajčat), hyfy jiných hub pronikají buněčnou stěnou, vytvářejí haustoria, která působí vchlipování plasmatické membrány a zvětšování kontaktní plochy houby s plasmalemou, umožňující získat větší množství asimilátů a vody.

Nekrotrofní houby vylučují toxické látky, které buňky hostitele ireverzibilně metabolicky a strukturně poškozují a usmrcují. Mrtvé buňky slouží nejen jako zdroj potravy pro patogena ale usnadňují také jeho šíření v hostiteli.

Obrana proti houbám a bakteriím

Rozpoznání patogenu aktivuje obranné reakce. Látka, která prozradí přítomnost patogena, se obecně nazývá **elicitor**. Elicitor se váže na **receptorový protein** rostlinné buňky. Vytvoření komplexu receptorového proteinu s elicitorem je signálem pro spuštění obranných reakcí.

Jako elicitory mohou působit látky pocházející z buněčné stěny nebo z vnější membrány patogenu, jiné látky sekretované patogenem ale i látky, které vznikají při rozkladu stěny napadené rostlinné buňky působením enzymů produkovaných patogenem.

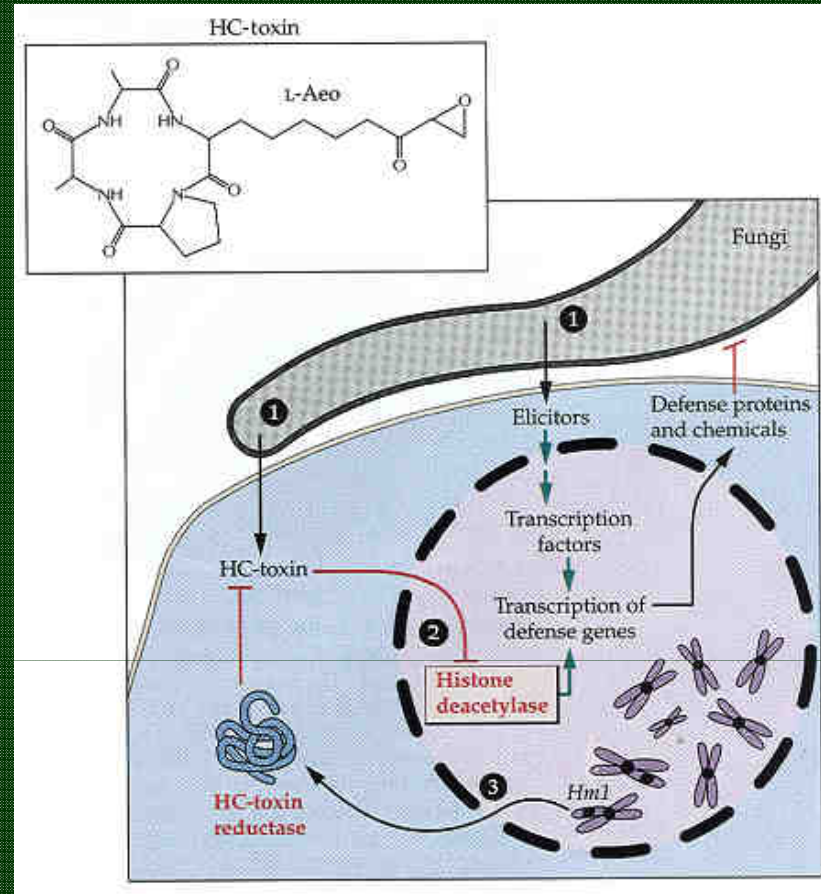
Často se aktivují enzymy, které vytvářejí tzv. volné kyslíkové radikály (**reaktivní formy kyslíku**) ROS

např. peroxid vodíku.

Zvýšené hladiny superoxidu a peroxidu vodíku byly u některých rostlin prokázány již v prvních 5 minutách po infekci a bývají jedním z prvních projevů obranné reakce.



Botrytis cinerea, the gray mold fungus, sporulating on grapes. This necrotroph secretes large numbers of cell wall-degrading enzymes and thereby destroys plant tissue in advance of the colonizing hyphae.



(1) The maize pathogen *Cochliobolus carbonum* secretes HC-toxin and numerous nonspecific fungal elicitors that trigger plant defense responses. (2) HC-toxin is hypothesized to enter the responding plant cells, where it inhibits histone deacetylase enzyme activity. Histone deacetylase is responsible for the reversible deacetylation of core histones (H3 and H4) assembled in the chromatin. Inhibition of histone deacetylase activity is believed to interfere with transcription of maize defense genes and thus favors fungal growth and disease development. (3) Hm1-resistant maize plants produce an HC-toxin reductase (HCTR), which detoxifies HC-toxin by reducing the carbonyl group of the side chain of L-Aeo (2-amino-9,10-epoxy-8-oxo-decanoic acid), an unusual epoxidated fatty amino acid.

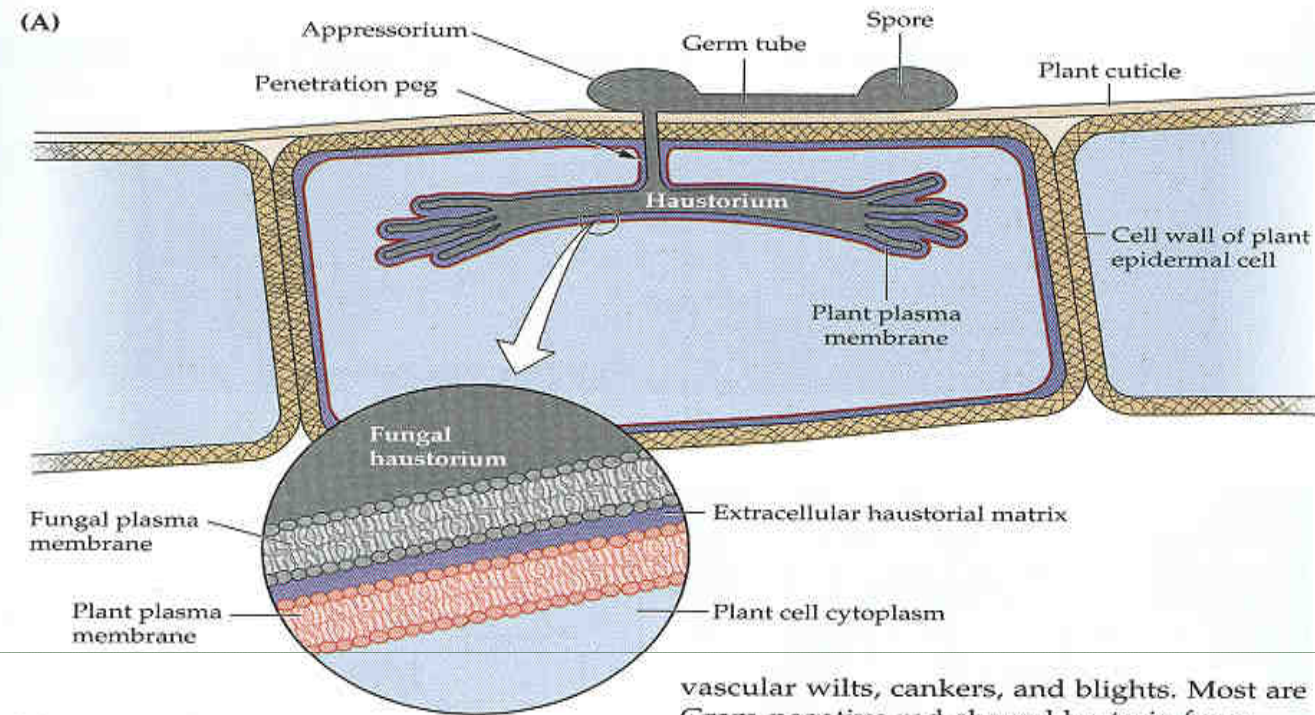
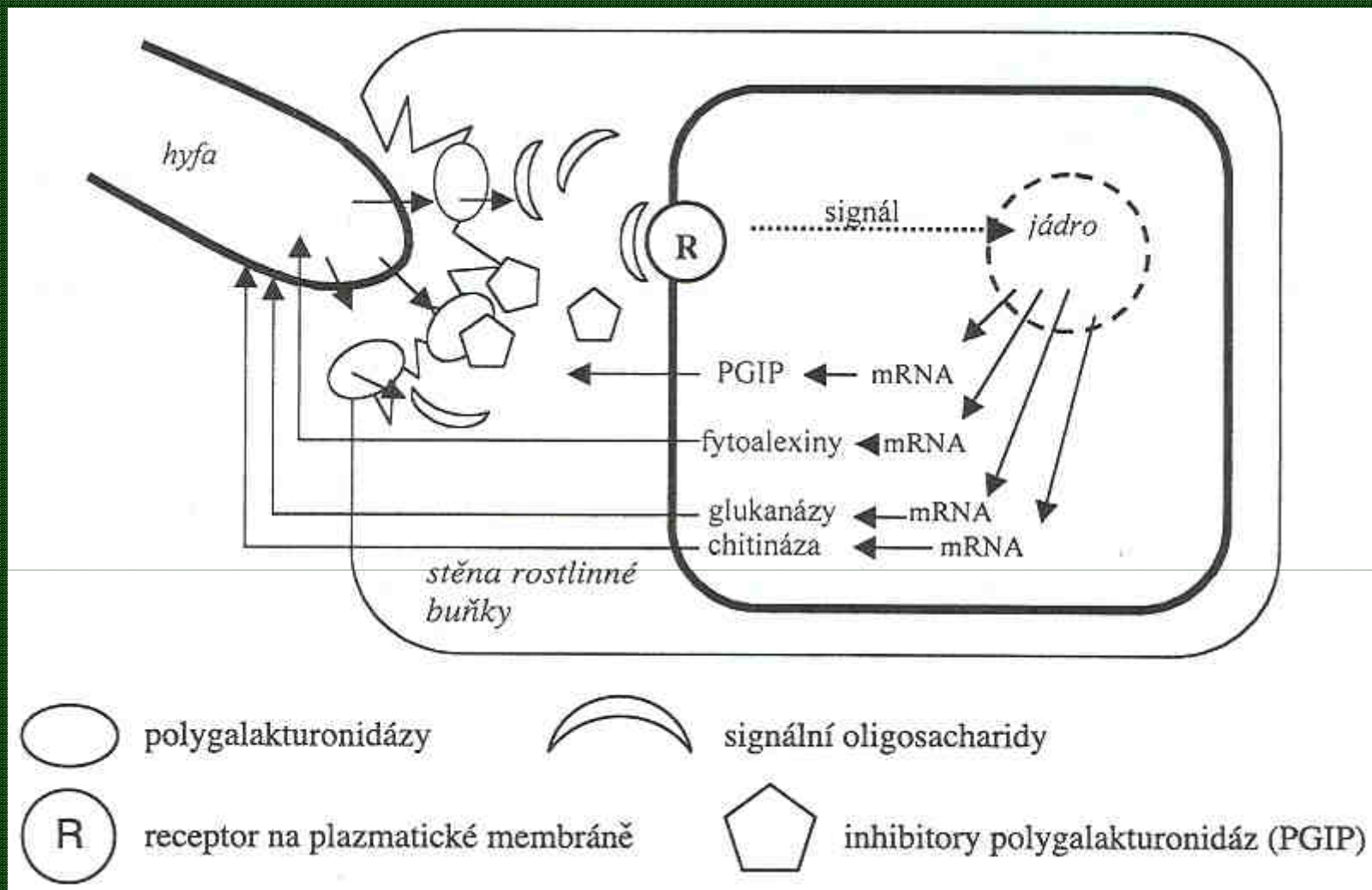


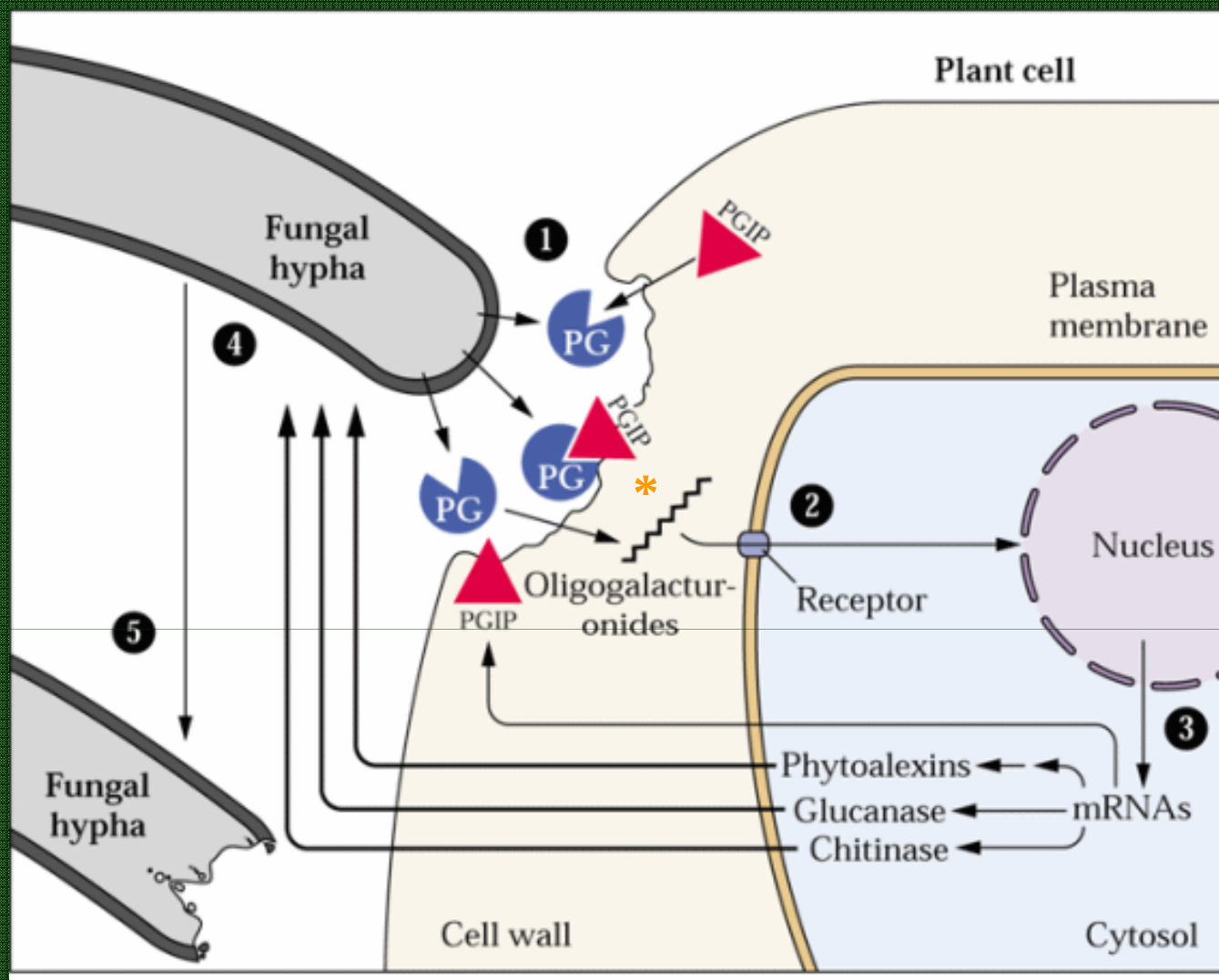
Figure 21.6

(A) Diagram of a fungal haustorium, a structure that facilitates the transfer of nutrients from a living plant cell to the pathogen. The extracellular haustorial matrix contains products of both fungal and plant origin. (B) Scanning electron micrograph of a haustorium of the biotrophic barley mildew fungus *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* (*Blumeria graminis*) inside the epidermal cell of barley.

vascular wilts, cankers, and blights. Most are Gram-negative rod-shaped bacteria from the genera *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, and *Erwinia*. Two features characterize bacteria-plant relationships. First, during their parasitic life, most bacteria reside within the intercellular spaces of the various plant organs or in the xylem (Fig. 21.8). Second, many cause considerable plant tissue damage by secreting either toxins, extracellular polysaccharides (EPSs), or cell wall-degrading enzymes at some stage during pathogenesis. Bacterial toxins contribute to the production of symptoms on certain plant species, but targeted mutagenesis has shown that the toxins are not essential for pathogenesis. The secreted EPSs, which entirely surround the growing bacterial colony, may aid bacterial virulence—for example, by saturating intercellular spaces with water or by blocking the xylem to produce wilt symptoms;

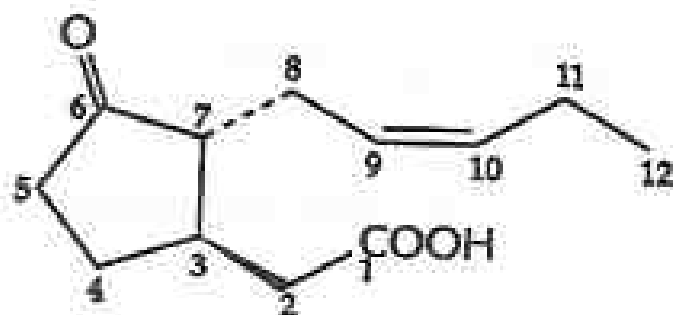


Interakce houby a napadené rostlinné buňky. Houba vylučuje do prostoru buněčné stěny rostlinné buňky polygalakturonázy štěpící pektiny za vzniku oligosacharidů (tzv. oligosacharinů), které působí jako signální molekuly. Jsou rozeznány receptorem na plazmatické membráně a signál je přenesen do jádra, kde vyvolá transkripci genů pro fytoalexiny, inhibitory polygalakturonáz (PGIP), glukanázy a chitinázu. Glukanázy a chitináza štěpí složky buněčné stěny houbové hyfy. Fytoalexiny jsou obranné látky rostliny, které poškozují buňky patogenní houby.

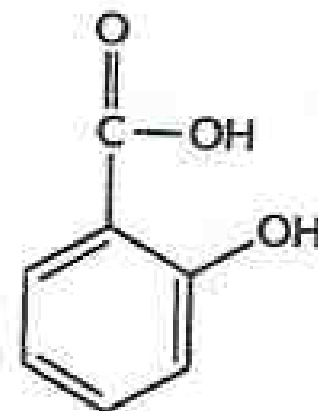


Houbová hyfa začíná produkovat enzymy rozkládající buněčnou stěnu rostlinné buňky (1). Produkty rozkladu (*) se dostávají do buňky působí jako elicitory, které vazbou na receptor (2) spouštějí obranné reakce. Vytvářejí enzymy, které jednak odbourávají enzymy produkované houbou (PGIP), dále pak enzymy, které rozkládají buněčnou stěnu houbové hyfy a dále tzv. fytoalexiny.

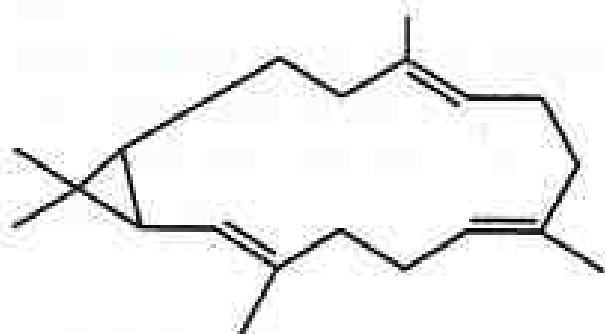
Jak se rostlina chemicky brání ???



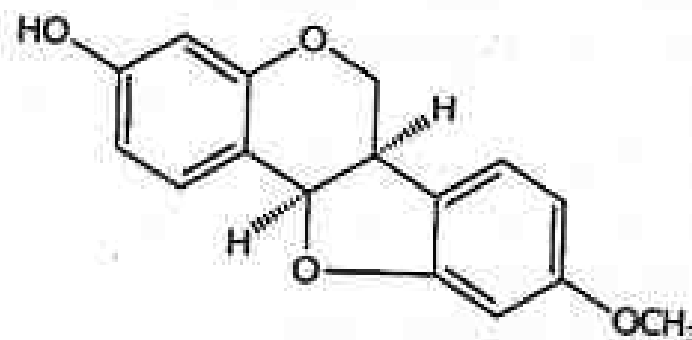
kyselina jasmonová



kyselina salicylová

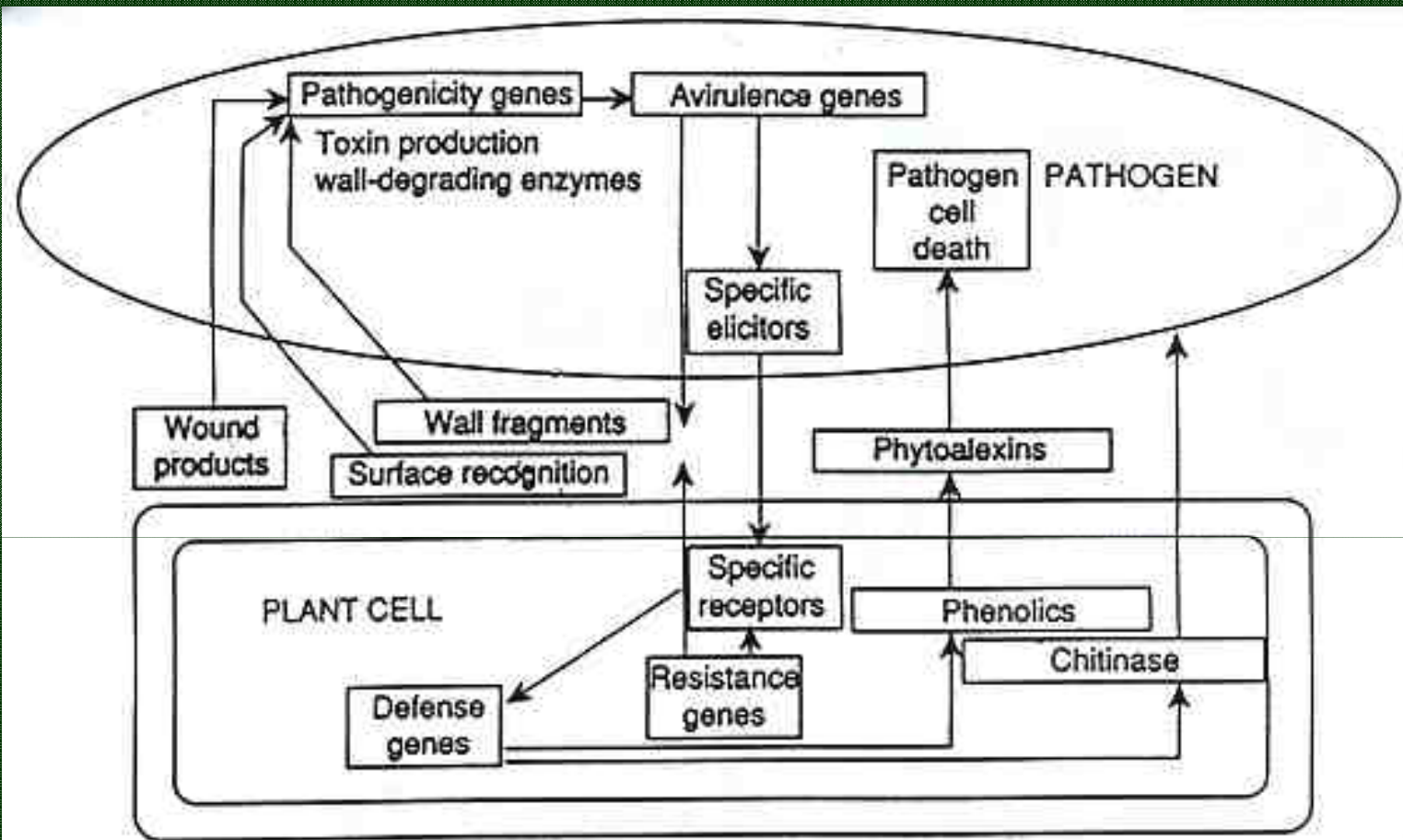


kasben



medikarpin

Fytoalexiny – kasben (diterpen; skočec – *Ricinus communis*) a medikarpin (izoflavonoid; vojtěška – *Medicago sativa*).



Summary of the interactions between pathogenic microorganisms and their plant hosts

Reprinted with permission from Lamb *et al.* (1989).

Příklady houbových onemocnění



Biotrofní plíseň na listech okurky



Plíseň šedá na jahodníku



Nekrotrofní houba na listech rýže

Monilióza jabloní



Monilióza je choroba ovocných stromů, způsobena cizopasnými houbami rodu **Monilia**. Parazitická houba napadá různé části rostlin, nejčastěji plody, květy, listy, dřevo. Po napadení houba vniká do pletiv svými houbovými vlákny (tzv. hyfy), a tvoří podhoubí. Poté vytvoří na povrchu napadené části plodničky. Během vegetace se z místa napadení uvolňují spory hub. Houba přezimuje ve větvích, ve spadáných plodech, v mumifikovaných plodech na stromě, a na listí. Houba se do rostliny dostane nejčastěji ranou způsobenou mechanickým poškozením. (odřená kůra, plody poškozené hmyzem, stopky od plodů, aj.)

Po napadení plod měkne, zbarvuje se dohněda, a na povrchu se tvoří plodničky houby. Plody jsou tímto způsobem znehodnoceny. Plod umírá, a následuje opad, či zůstane na stromu a zde mumifikuje. Nemoc se může vyskytnout i na skladovaných plodech. Houba dále napadá i květy a kůru rostlin. Na kůře vytváří tzv. léze, kde choroba nejlépe a nejčastěji přezimuje.



Padlí růžové



Padlí angreštové



Padlí révové



Plíseň sněžná

Nejčastěji se onemocnění vyskytuje ve vyšších polohách, především v letech, kdy na pozemcích dlouho zůstává ležet sníh, avšak při vhodných klimatických podmínkách se patogen projevuje na celém území.



Plíseň bramborová *Phytophthora infestans*

způsobuje specifické, velmi vážné onemocnění brambor a několika příbuzných druhů

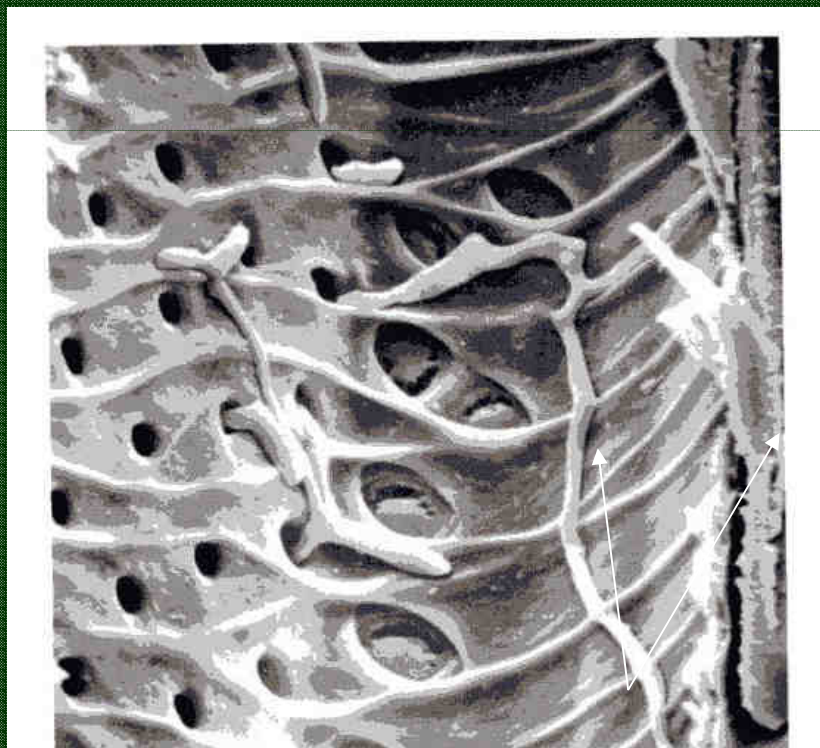


Listy a hlízy bramboru napadené plísní bramborovou

Plíseň bramborová způsobila ve čtyřicátých až padesátých letech 19. století jedny z největších hladomorů, a to v Irsku, kde zemřelo přes milion lidí a další více než milion lidí emigroval, především do USA. Počet obyvatel Irska klesl asi na čtvrtinu původního počtu. Rovněž během 1. světové války tato choroba způsobila smrt mnoha civilistů v Německu. Plíseň bramborová byla také studována jako potenciální biologická zbraň v USA i v SSSR.

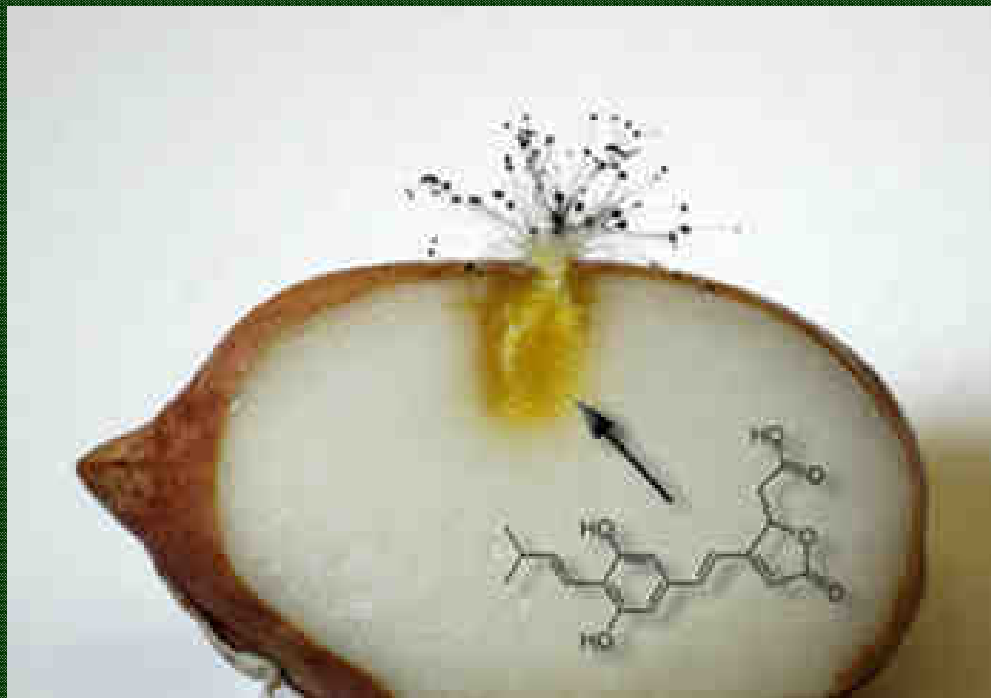
Grafióza (nebo též **holandská nemoc**) je houbové onemocnění jilmů, které je způsobeno houbou druhu *Ophiostoma novo-ulmi*. Houba zamezuje transportu cévami, což způsobuje postupné odumírání nejdříve větví, později celého stromu. Choroba u nás zlikvidovala velkou část populací jilmů zejména v 70. letech minulého století. První výskyt v Evropě byl zaznamenán roku 1920, a to v Nizozemsku - odtud název *holandská nemoc*. Avšak nemoc pochází z orientu. Na přenosu choroby se podílí hlavně hmyz. Houbové spory se mohou šířit xylémem, kde jsou unášeny xylémovým tokem a houbové hyfy prorůstají cévami.

Začátkem tohoto století je už houbová choroba na ústupu a populace jilmů stoupá.

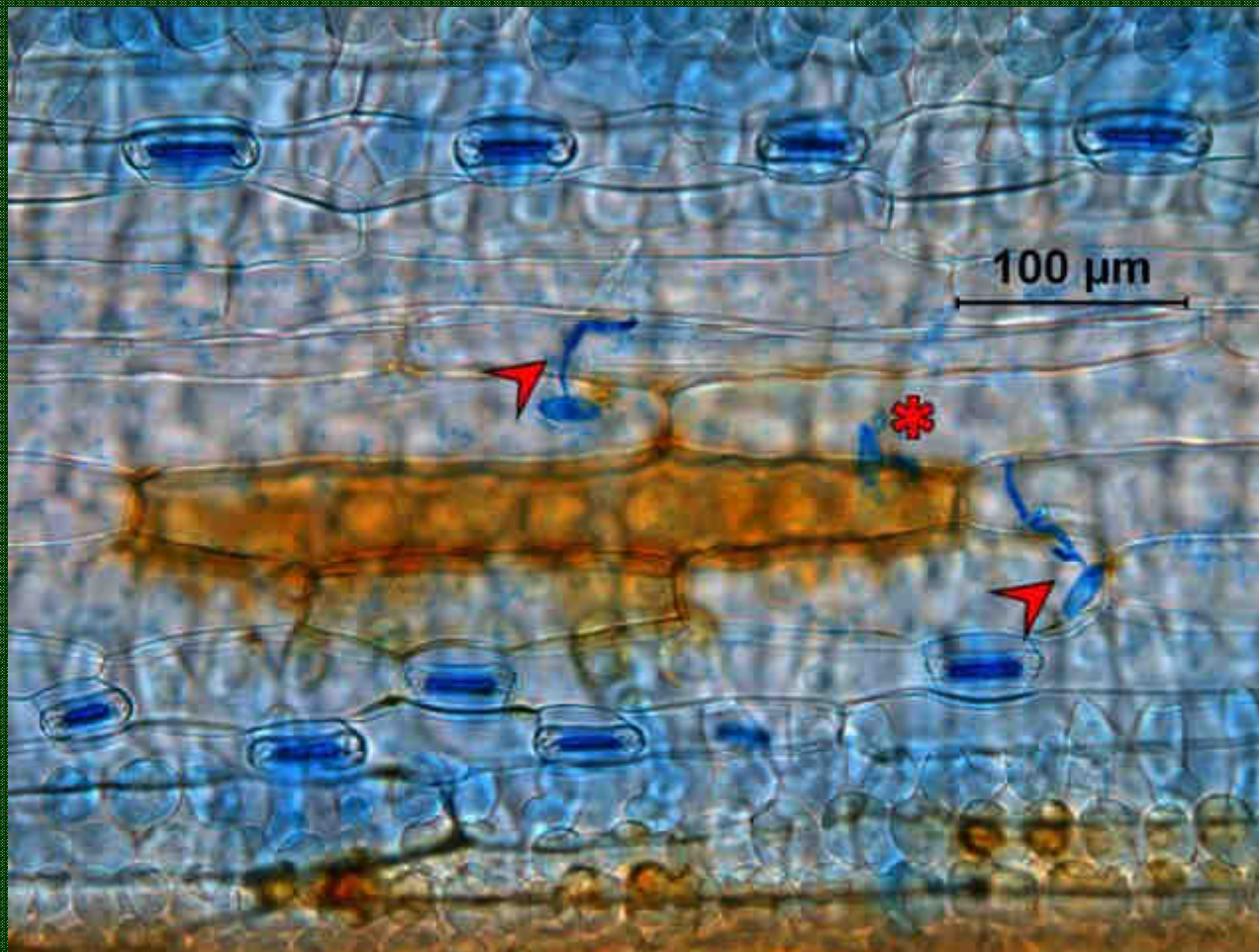


Houbové hyfy v cévách

Fytoalexiny jsou nízkomolekulární látky, které jsou pro patogeny, především nekrotrofni houby, **vysoce toxické** a na rozdíl od fytoncidů se začínají v rostlině tvořit až po kontaktu s patogenem. Fytoalexiny se syntetizují v **buňkách sousedících s buňkami napadenými**. Jsou účinné ve velmi nízkých koncentracích (10^{-6} až 10^{-5} M). Jejich charakter je převážně **lipofilní**, což jim umožňuje průchod membránami a vstup do patogenu.



Řez burským oříškem infikovaným půdní houbou *Aspergillus niger*. Žlutě zbarvená část ukazuje produkci fytoalexinu.



Rostlina versus choroba: kdo s koho?

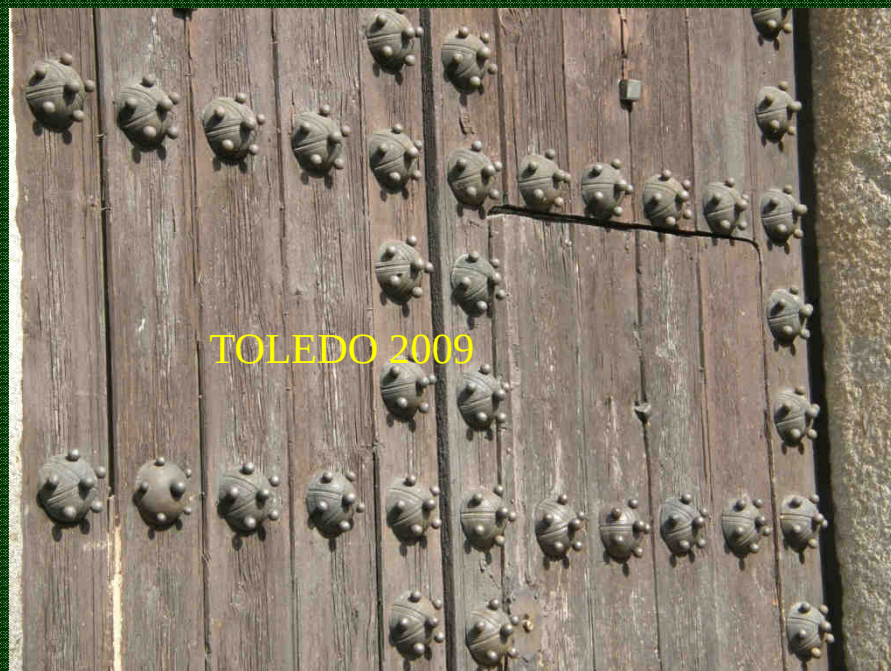
Na list ječmene zaútočily tři výtrusy padlí. Buňka vytvářející peroxid vodíku (hnědá) útok zastavila. Sice při tom zahynula, ale její smrt znamená i smrt padlí. Vidíte, že vlákno klíčící z výtrusu se přestalo prodlužovat (hvězdička). Dalším dvěma „výsadbkářům“ se dařilo lépe (šipky). Jejich houbová vlákna překonala obranu ječmene, pronikla do jeho buněk a dál rostou. Poradí si ječmen i s nimi?

Rostlina a HERBIVOŘI

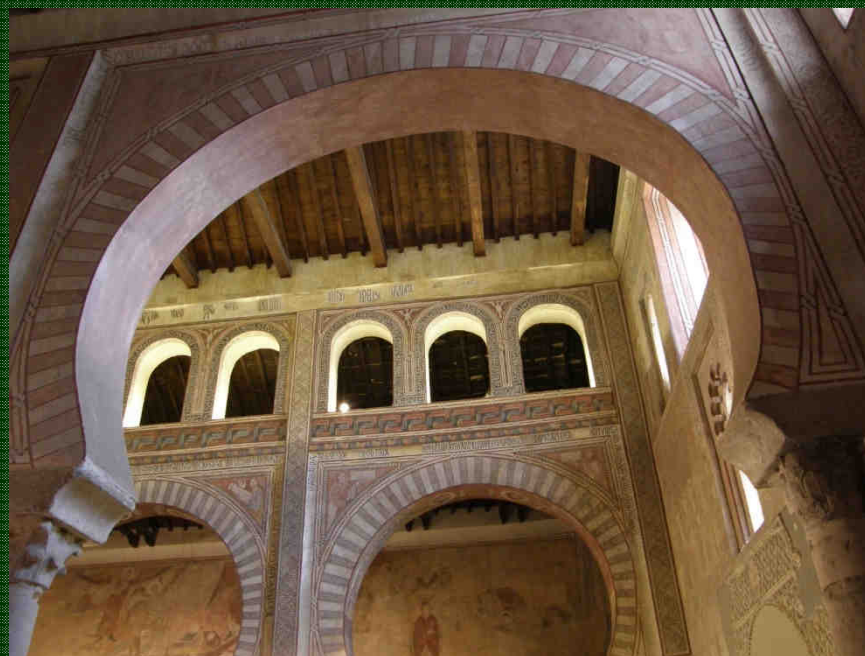
- larvy motýlů, brouků
- dospělý hmyz
- háďátka
- roztoči
- slimáci
- obratlovci včetně člověka

Hádátka

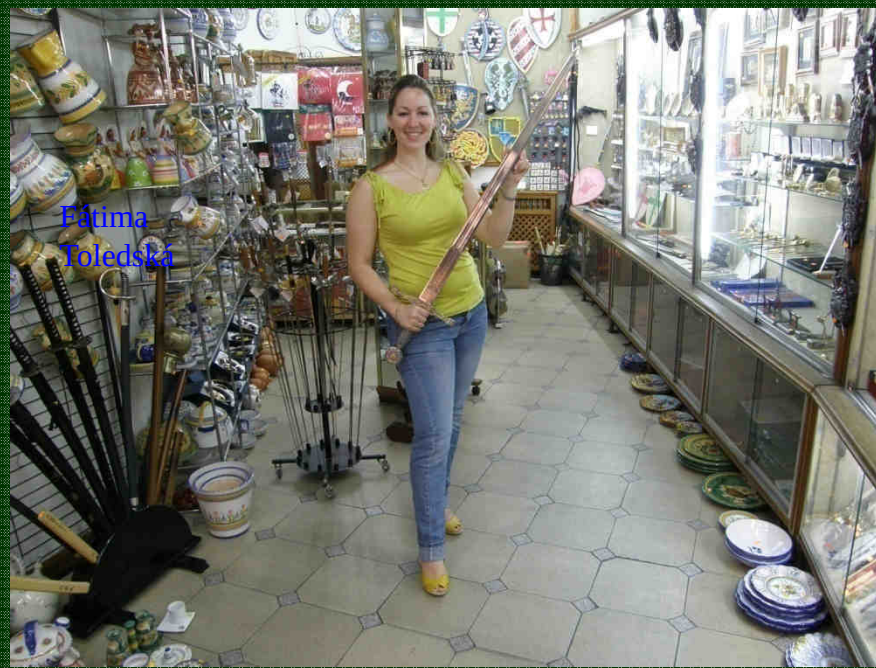
údajně vůbec nejhorší celosvětový
zemědělský škůdce



TOLEDO 2009



Isabela
Kastilská



Fátima
Toledská



NEMAGENICS

Exploiting genomics to understand
plant-nematode interactions

Proceedings of the Third Annual Meeting

Toledo, Spain
25-28 May 2009

Organised by



COST meeting Toledo 2009

Czech Republic

Prof.Dr. Zdenek OPATRNY

Faculty of Science, Charles University Prague, Vinicna 5 128 44 Prague 2, Czech Republic

opat@natur.cuni.cz , jaz.opat@tiscali.cz
+ 420 2 2195 1690

Egypt

Mohamed SAMEH HEIKAL

Agricultural Genetic Engineering Research Institute (AGERI), Gene bank division, Agricultural Research Center (ARC), 9 Gamaa St.- Giza- Egypt, 12619, Giza, Egypt

Samehheikal@hotmail.com
+2 010 8536404

France

Pierre ABAD

INRA Sophia Antipolis, 400 Route des Chappes, BP 167, 06903 Sophia Antipolis Cedex, France

Pierre.abad@sophia.inra.fr
04 92 38 64 02

X

Janice de ALMEIDA-ENGLER

INRA Centre de Recherche Sophia-Antipolis, 400 Route des Chappes BP 167, 06903 Sophia Antipolis Cedex - France

Janice.almeida-engler@sophia.inra.fr
+33492386459

9

Molecular Aspects of Plant-Nematode Interactions

Godelieve Gheysen¹ and John T. Jones²

¹Department of Molecular Biotechnology, Ghent University, Coupure links 653, 9000 Ghent, Belgium; ²Plant-Pathogen Interactions Programme, Scottish Crop Research Institute, Invergowrie, Dundee, DD2 5DA, UK

9.1. Nematode parasitism of plants	234
9.2. Invasion and migration	237
9.3. Wound and defence responses of the plant	240
9.4. Protection from host responses	241
9.5. Molecular and cellular aspects of the development of nematode feeding cells	243
9.5.1. Cellular changes	243
9.5.2. Cell wall and membrane modifications	243
9.5.3. The cytoskeleton	246
9.5.4. Nuclear changes and cell cycle activation	247
9.5.5. Signal transduction pathways and transcription factors	248
9.5.6. Functional analysis and comparisons	248
9.6. Nematode signals for feeding site induction	249
9.6.1. Chorismate mutase	249
9.6.2. CLAVATA3-like peptides	250
9.6.3. The ubiquitin pathway	250
9.6.4. Cytokinins	251
9.6.5. Nodulation factors	251
9.6.6. Others	251
9.7. Comparison between cyst and root-knot nematodes	252
9.8. Resistance and avirulence genes	252

9.1. Nematode Parasitism of Plants

The relationships between plant-parasitic nematodes and their hosts are diverse. Plant-parasitic nematodes may be sedentary or browsing and can be ectoparasites or endoparasites. For some nematodes, including most migratory ectoparasites, plants simply provide an ephemeral food source and the interaction between the nematode and the plant is limited. For other nematodes the interactions are far more complex and long

Cyst x Root-knot NEMATODES

cystotvorná x hálkotvorná

Table 9.1. Comparison of secreted proteins and feeding sites of cyst and root-knot nematodes.

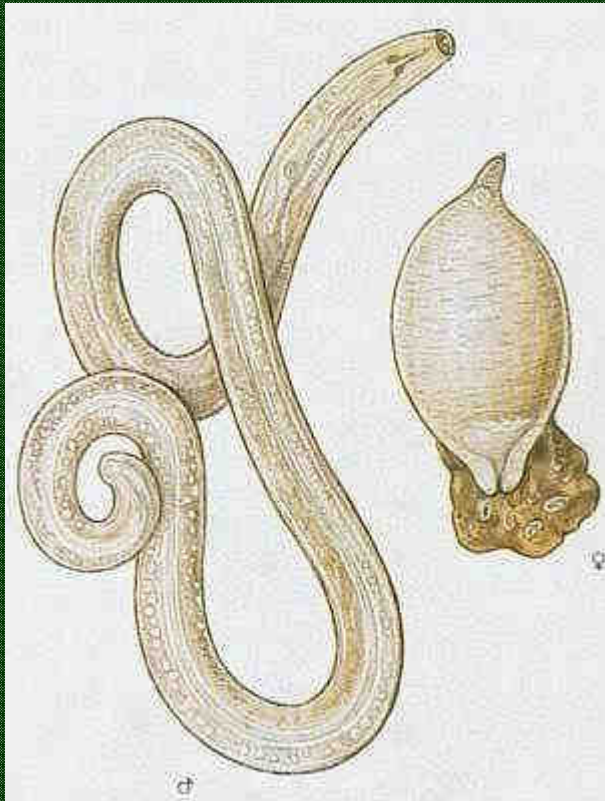
	Cyst nematodes	Root-knot nematodes
Nematode secretions		
Sub-ventral glands		
Cell wall-degrading enzymes		
β-1,4,-endoglucanase	+	+
Pectate lyase	+	+
Polygalacturonase	N	+
Expansin	+	+
Xylanase	N	+
Cellulose-binding domain	+	+
Calreticulin	N	+
Chorismate mutase (also in dorsal gland in some species)	+	+
Dorsal gland		
RanBPM	+	N
Ubiquitin-extension	+	N
CLAVATA3 or other peptides	+	+
14-3-3	N	+
Other		
Plant hormones	N (very low levels)	+
Feeding sites		
Origin	Syncytium by fusion of protoplasts	Giant cells by acytokinetic mitosis
Cytology	Dense cytoplasm with many organelles	Dense cytoplasm with many organelles
Nuclei	Many large nuclei	Many large nuclei
Cell wall	Cell wall ingrowths close to xylem	Cell wall ingrowths close to xylem
	Cell wall degradation	-
Differential plant gene expression examples		
Aquaporin <i>TobRB7</i>	-	O
Plasmalemma H ⁺ -ATPase	-	O
Beta 1-4 endoglucanase <i>AtCel1</i>	-	O
<i>Atrpe</i>	-(low and much later)	O
<i>AtRha1</i>	O	-(very low and transient)
<i>AtAbi3</i> transcription factor	O	-
<i>AtSuc2</i> sucrose transport	O	-

Note: N = Not found; + = present; O = up-regulated; - = not up-regulated.

Hád'átko bramborové - *Globodera rostochiensis*
„zralé“ samičky se mění v cystu s vajíčky

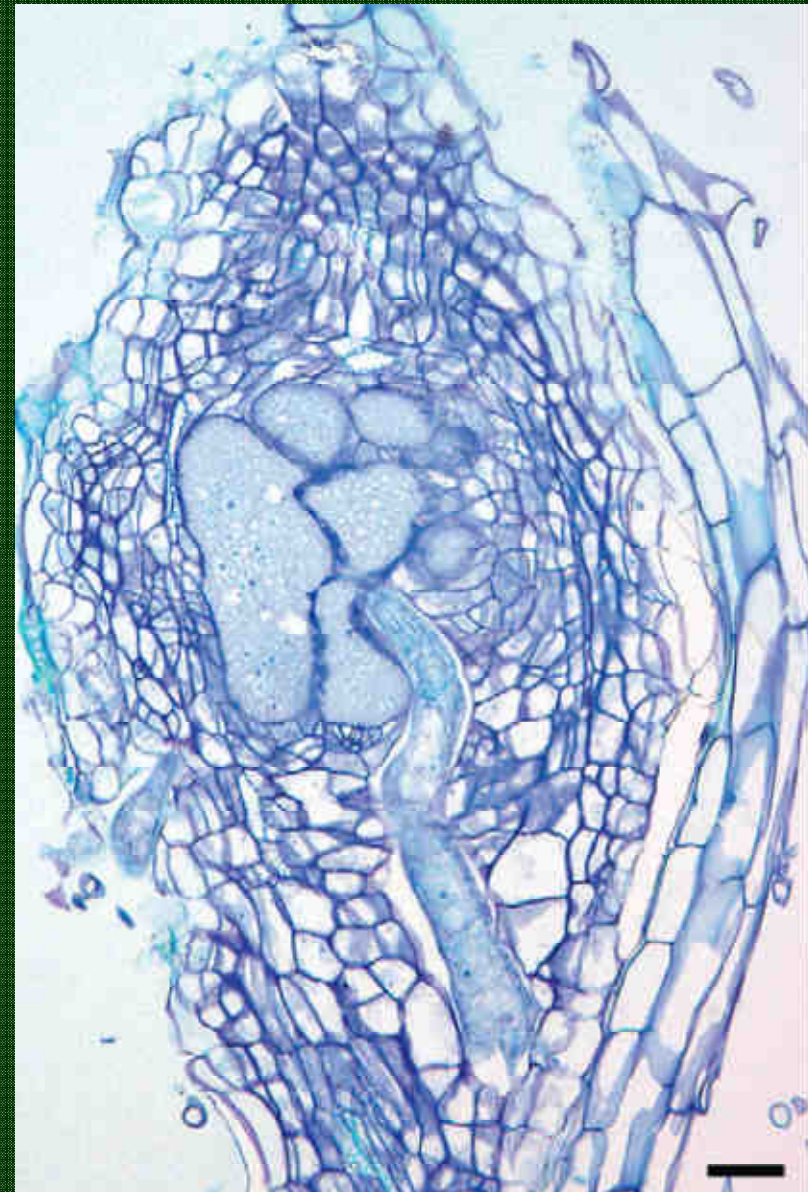
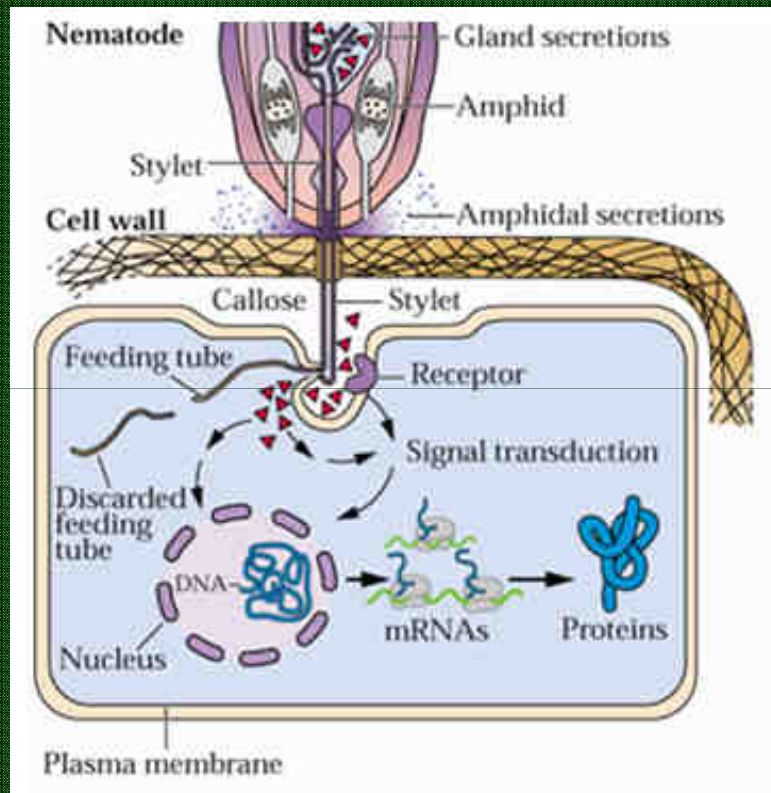


Hád'átko řepné *Heterodera schachtii*



Hád'átko kořenové *Meloidogyne incognita*





Bodec útočníka

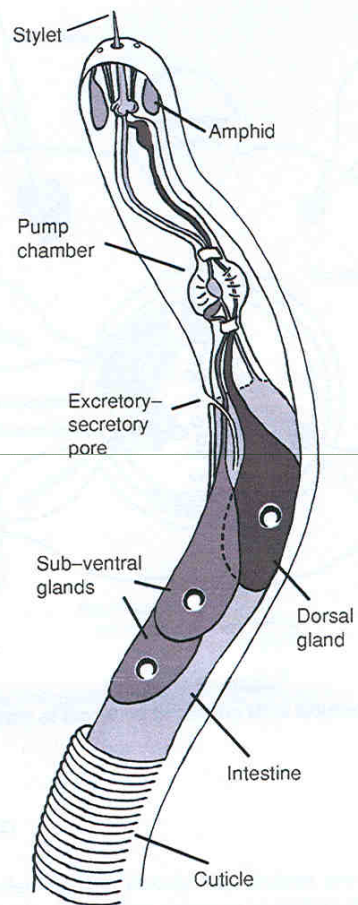


Fig. 9.2. Sketch of the anterior end of a second-stage juvenile (J2) of a tylench plant-parasitic nematode showing the relative positions of various nematode structures including the sub-ventral and dorsal pharyngeal gland cells.

Reakce oběti

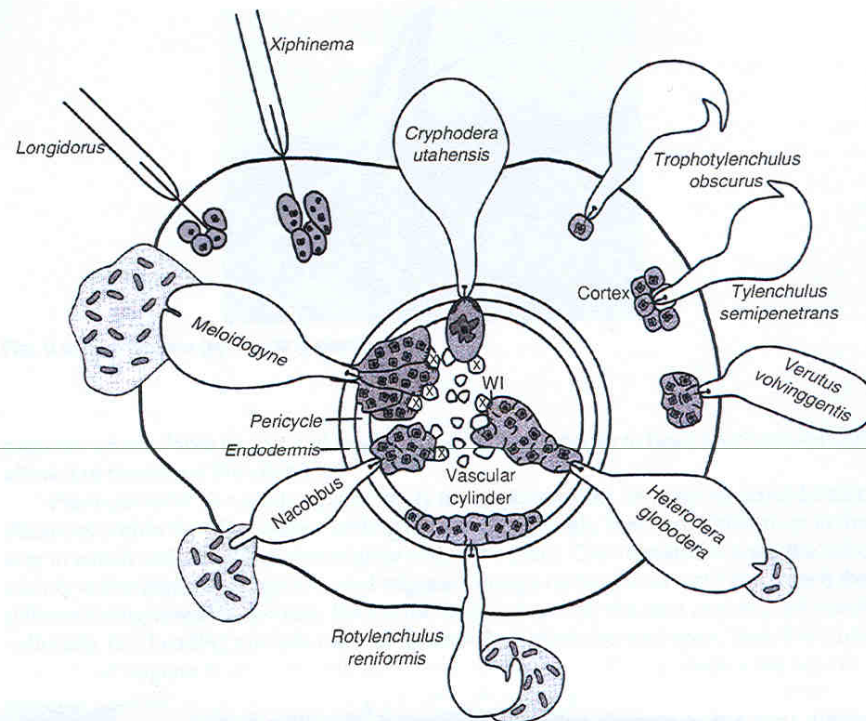


Fig. 9.3. Schematic diagram of the range of feeding sites induced by various plant-parasitic nematodes.

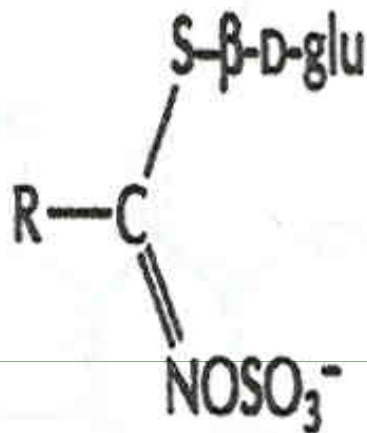
Chemické obrany

- Phytoalexiny
- Phytoanticipiny
- Lectiny
- Inhibitory trávicích enzymů

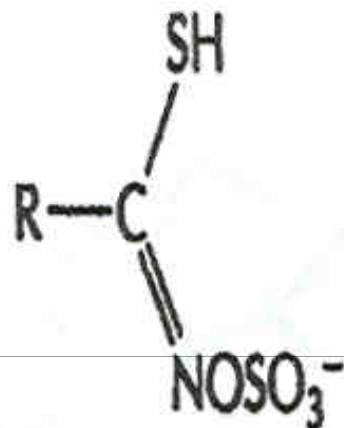
.....viz GM biotechnologie

Glukosinoláty

zdravé i nezdravé



glukosinolát



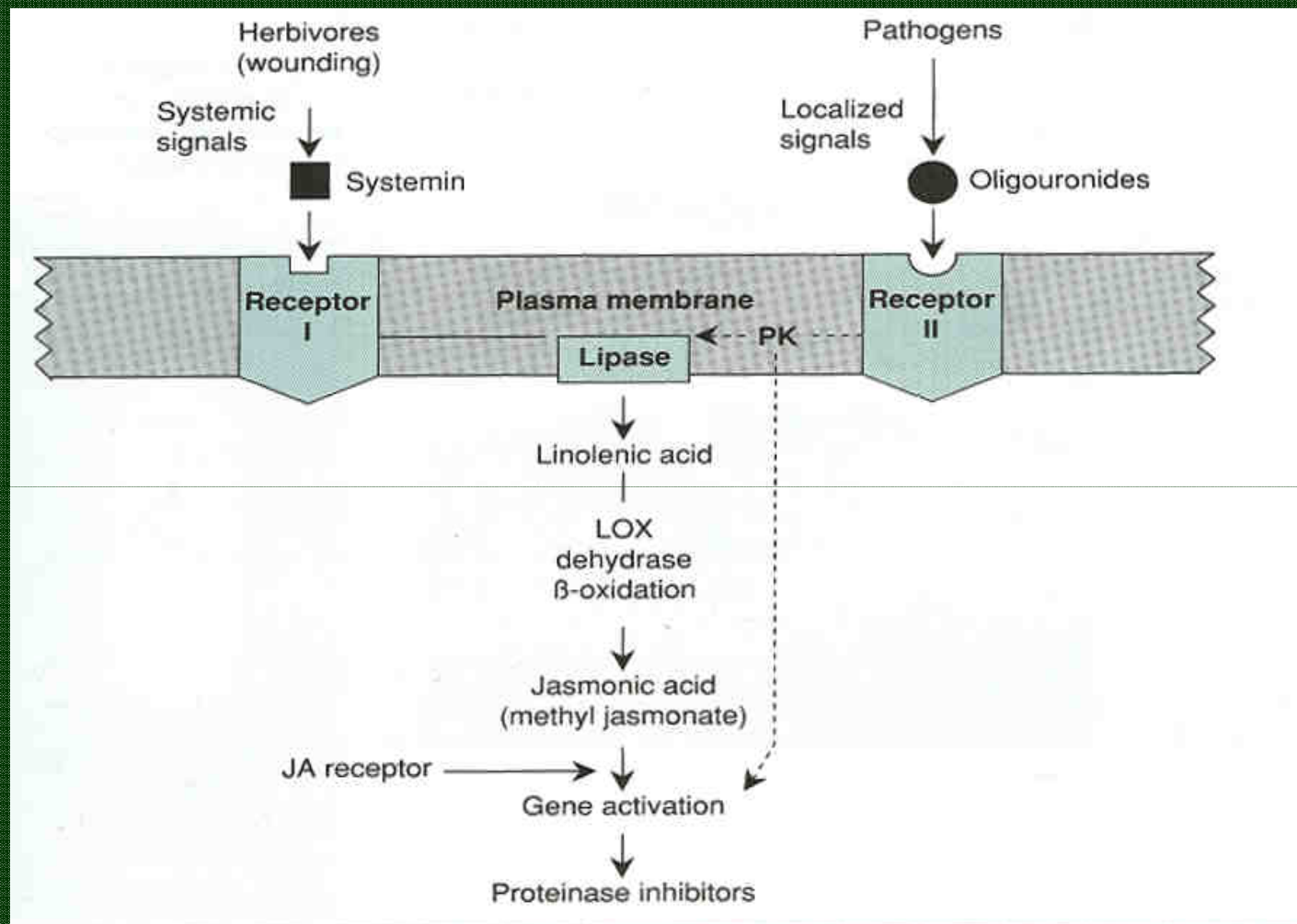
meziprodukt
uvolňující SO_4^{2-}



různé toxické látky
izothiokyanát, nitril, thiokyanát

Glukosinoláty jsou glukosidy obsahující síru. Při poranění jsou hydrolyzovány na nestálé meziprodukty a dále se mění na látky uvolňující SO_4^{2-} a HCN.

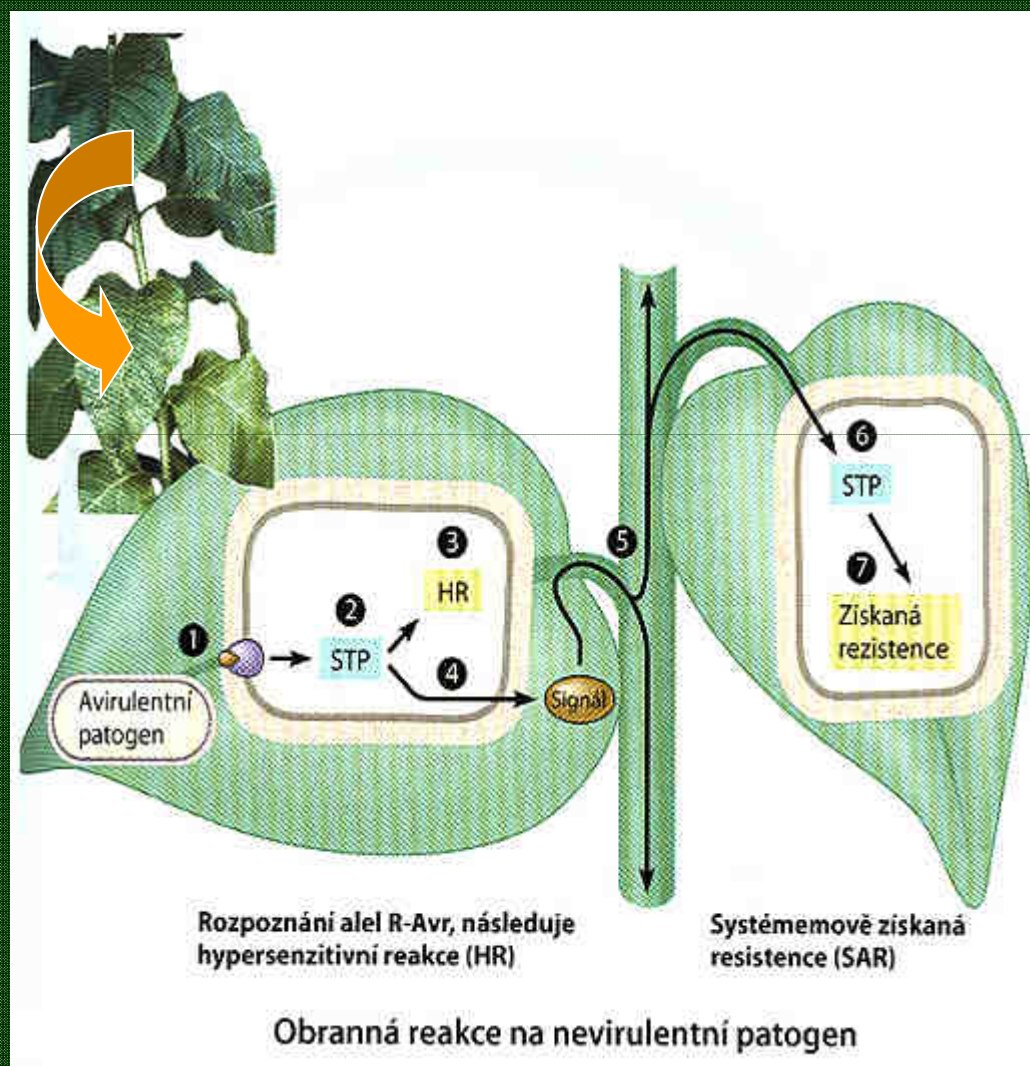
Jak rostlina vnímá kontakt s HERBIVOREM ?



Model for the signaling pathway leading to the induction of proteinase inhibitor genes

PK, protein kinase; LOX, lipoxygenase; JA, jasmonic acid. Redrawn with permission from Farmer and Ryan (1992).

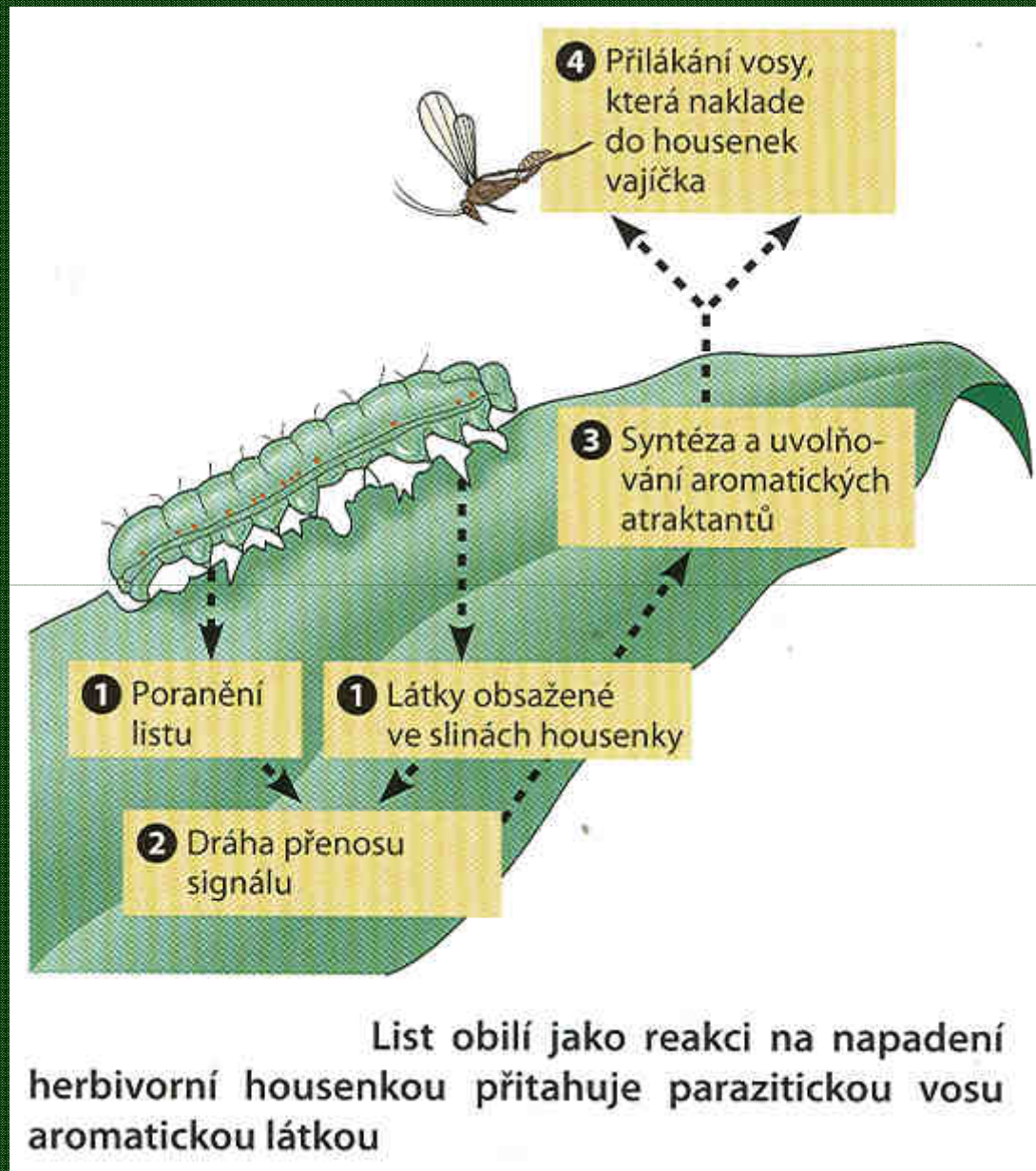
Systémově získaná rezistence



- 1 Specifická rezistence je založena na tom, že molekuly ligandu z patogenního organismu se navážou na specifické receptory v buňkách infikované rostlinné tkáně.
- 2 Tato identifikace spustí dráhu přenosu signálu (STP, signal transduction pathway).
- 3 Výsledkem přenosu signálu je hypersenzitivní reakce. Rostlinné buňky začnou produkovat antimikrobiální molekuly a oddělovat postiženou oblast od zdravých tkání tím, že modifikují stavbu svých buněčných stěn. Poté odumřou. Tato lokální odpověď je na fotografii listu patrná jako poškozená místa.
- 4 Před svým zánikem vyšlou infikované buňky chemický signál. Pravděpodobně se jedná o kyselinu salicylovou.
- 5 Signál je přenášen do ostatních částí rostliny.
- 6 V částech rostliny, které nejsou infekcí postižené, spustí chemický posel dráhu přenosu signálu.
- 7 Tak je aktivována systémově získaná rezistence (SAR, *systemic acquired resistance*). Začne syntéza antimikrobiálních molekul, které pomáhají chránit buňky proti patogenům po několik dní.

Vykoumané ochrany proti

herbivorům



Rostlina rostlině vlkem

Allelopatie - jdi si bydlet jinam

Parazitizmus

různého stupně agresivity

Allelopatie

řečtina: allelon - navzájem, pathos - trpět

- **přímý nebo nepřímý škodlivý vliv jedné rostliny na rostlinu jinou produkcí chemických látek, které jsou uvolňovány do prostředí.**
- inhibice růstu a klíčení semen
 - rostliny potřebují k životu prostor, jedna ze strategií je alelopatie: typ chemické kompetice
- **ne všechny rostliny používají alelopatii, ale pozorována jak u bylin, tak u dřevin**
- ALELOPATIKA: fenolické sloučeniny, flavonoidy, terpenoidy, alkaloidy, steroidy, aminokyseliny
 - směsi různých alelopatik mívají mnohdy větší účinek než samotné látky
 - exudáty kořenů; kapilární vodou potom přijímány jinými rostlinami
 - výluhy nadzemních částí rostlin (větve, listy, plody, květy) nebo jejich dekompozice
 - aromatické těkavé látky; vliv přímý nebo v dešťových srážkách
- projev alelopatie konkurenční výhoda snížení diverzity společenstva



Ořešák černý (*Juglans nigra*)

juglon (5 hydroxy-1,4 naphthoquinone)

- inhibitor respirace, hlavně v pupenech, slupkách a kořenech,
- nerozpustný ve vodě, není proto v půdě příliš pohyblivý
- obzvláště náchylné jsou: rajče, paprika, lilek
- po vystavení vadnutí, chlorosa, smrt
- tolerantní k tomuto toxinu: fazol, řepa, mrkev, třešeň, katalpa





inhibiční účinky chemických látek byly zjištěny i u dalších dřevin např. u

- smrku obecného (*Picea abies*)
- platanu západního (*Platanus occidentalis*)
- trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*)



Robinia pseudoacacia
Black Locust
Photo: Ginger Webb

Parazitické rostliny

Parazitická rostlina je rostlina, která získává svoji potravu nebo její část z jiné rostliny.

Existuje přes 4000 parazitických druhů rostlin.

Parazitické rostliny mají modifikovaný kořen zvaný **haustorium**. Haustorium proniká do vodivých pletiv rostliny hostitelské.

Parazitické rostliny můžeme rozdělit podle několika kritérií:

1a. Rostliny parazitující na stoncích - pronikají do stonku hostitele

1b. Rostliny parazitující na kořenech - pronikají do kořene hostitele

2a. **Holoparaziti** - rostliny zcela závislé na hostiteli, přijímají z něho veškeré živiny, nemají chlorofyl

2b. **Hemiparaziti** - rostliny schopné fotosyntézy, často přijímají od hostitele jen vodu a minerální látky, někdy i částečně látky organické.

Některé rostliny mohou parazitovat na širokém spektru rostlin, některé jen na některých druzích

Příklady parazitických rostlin

Kokotice (*Cuscuta*) je stonkový holoparazit. Její semena mohou přežívat řadu let a vyklíčí až poté, co se dostanou do blízkosti vhodného hostitele. Po vyklíčení má pouze šest dní na spojení s hostitelem. Jak kokotice pozná blízkost hostitele? Je zřejmě schopná zachytit pach vydávaný hostitelem - mnohé rostliny produkují látky, které vydávají do ovzduší. Pokusy ukázaly, že některé druhy reagují na terpenoidy produkované rajčetem a orientují svůj růst směrem ke zdroji. Jakmile se kokotice dostane do kontaktu s hostitelem ovíjí kolem něho stonek a vytváří haustoria, která pronikají do vodivých pletiv stonku hostitele.



kokotice na bezu chebdí



© Ivan Bilek

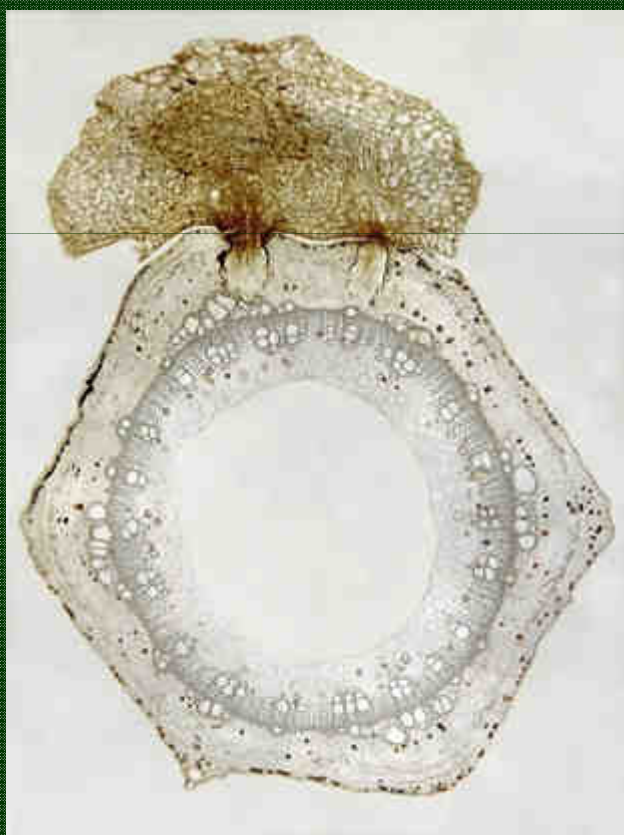
www.naturfoto.cz

Kokotice na akácii v Pakistánu



Kokotice na hostitelské rostlině

Stonek kokotice se ovíjí kolem hostitele a vytváří haustoria



Haustoria se napojují jak na xylém, tak na floém hostitele.

Striga je rod parazitických nebo poloparasitických rostlin, které parazitují na kořenech. Jsou původní ve velké části Afriky a na řadě míst v Asii. Některé druhy byly zavlečeny i do USA. Některé jsou nebezpečnými parasy kulturních plodin, zejména kukuřice, rýže, čiroku, cukrové třtiny. Mohou snižovat výnosy až o 70%. Jeden z nejhorších druhů je *Striga asiatica*.

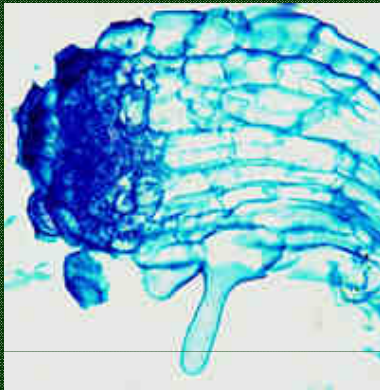


courtesy USDA APHIS PPQ

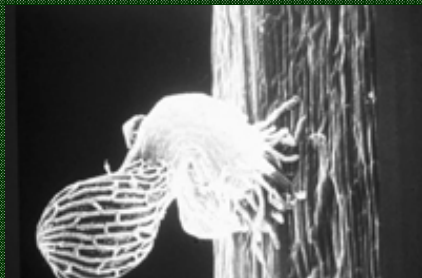


Kukuřičné pole, které napadla *Striga asiatica*

Striga asiatica musí vyklíčit v těsné blízkosti kořenů hostitele (přibližně ve vzdálenosti 3 - 4 mm. Pokud zachytí signál od hostitele, začne klíčit. Využívá k tomu látky typu fytohormonů (tzv. strigolaktony), které rostliny vylučují jako signál k navázání symbiosy s houbou (mykorhizy).



Když se klíčící rostlina dostane do blízkosti kořene hostitele, vytváří vychlípeniny podobné kořenovým vláskům.



Těmito „vlásky“ se přilepí k povrchu kořene a vytvoří haustorium, tím pronikne do vodivých pletiv kořene



Mladá rostlinka na povrchu kořene.



Po určité době se rostlina dostává nad zem, vytváří zelené listy, kvete a vytváří semena.



Podbílek šupinatý je vytrvalá parazitická bylina, které chybí chlorofyl. Vyskytuje se ve vlhkých listnatých nebo smíšených lesích, podél lesních potoků. Roste na vlhkých až mokřích humózních půdách. Svým způsobem života je vázán na stromy, a to jak listnaté tak jehličnaté, na jejichž kořenech parazituje. Z dlouhého oddenku vyrůstají tenká haustoria, která napadají kořeny hostitele.



Záraza (*Orobanche*)



Záraza žlutá

Naše parazitická, nezelená, 30-65 cm vysoká bylina. Roste na výslunných křovinatých a travnatých stráních, mezích, v křovinatých lemech, na travnatých terasách. Vyhovují jí hluboké, vysychavé půdy. Daří se jí nejlépe na extrémně slunných a suchých stanovištích. Parazituje na rostlinách z čeledi bobovité.



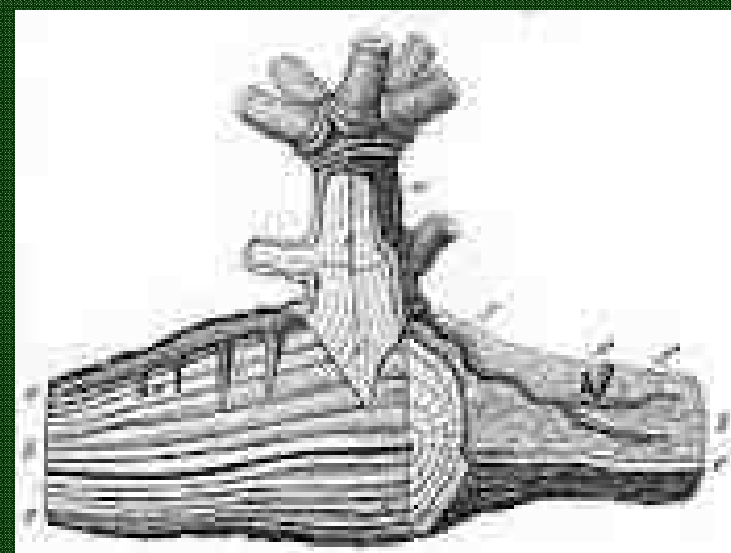
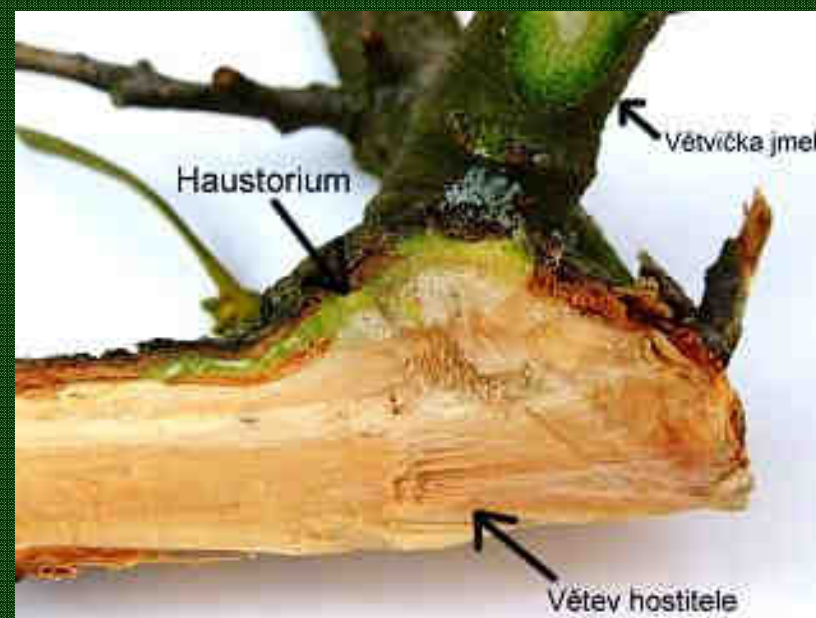
Záraza z Kalifornie

Některé zárazy působí vážné škody zemědělcům, např. na slunečnicích (Bulharsko)



Nejznámější **poloparazitickou** rostlinou je **jmelí**. Je to neopadavý stálezelený keřík rostoucí ve větvích stromů. Je schopen fotosyntézy a hostiteli odebírá hlavně vodu a minerální látky z xylému.







Mladá rostlina jmelí v prvním roce růstu

Jmelí v přírodě rozšiřují především drozdovití ptáci; nejčastěji trusem. Přilnutí semene ke kůře stromu, které je základním předpokladem k jeho úspěšnému vyklíčení, umožní **lepkavé oplodí s viscinovou vrstvou**. Viscin je tvořen provazci celulosy obklopenými slizovitým materiálem tvořeným pektiny.

HGT mezi ROSTLINAMI

přenašeči
jsou buď **PARAZITICKÉ** rostliny
Striga x rýže, kukuřice, čirok
Cuscuta, kokotice x motylokvěté, jitrocel

nebo **EPIFYTICKÉ** rostliny
např. keře *Amborella trichopoda* (Nová Kaledonie)
údajně až 30 cizích genů v mitochondriích,
některé i z mechorostů



Plastidový genom je naopak mozaikou
genů fylogenetických předků
Sporný je recentní přenos plastidových genů !!



Základní strategie pomoci kulturním rostlinám v odolnosti vůči stresům

- * regulovat výskyt stresorů, zejména civilizačních (těžké kovy, skleníkové plyny, radiace, okyselování půdy)
omezit jejich produkci, dekontaminovat půdu, vodu
- * dodávat rostlinám účinné a zdravotně nezávadné ochranné faktory (herbicidy, fungicidy, virostatika, insekticidy)
- * dodávat rostlinám nové vlastnosti resistance či tolerance prostřednictvím klasického šlechtění nebo metodami moderních biotechnologií

- Jak život přináší paradoxy

Colorado Beatle

hrdlička

bolševník

šarka švestky

....

BSE

ptačí chřipka

ale také

Russian Aphid

v Colorado 1995



Globální oteplení a „plants for future“

BBSRCbusiness

Plant breeding in a changing climate

A gene that helps plants to measure day-length and so optimise their flowering time could be used in plant breeding programmes to produce UK crops better adapted to global warming.

Once it was relatively straightforward. For climates with hot dry summers, such as those of the Mediterranean, growers needed crops that flower early before drought sets in later in the summer. On the other hand, for the traditional cooler, wetter summers of the UK, later flowering varieties were needed that could amass yield throughout the summer. With global climate change, however, requirements are beginning to alter. For growers needing an earlier flowering variety, yet one that is otherwise adapted to UK conditions, help is at hand.

Scientists at the John Innes Centre have identified a gene in barley that controls how the plant responds to photoperiod (the length of daylight). "We have known for some time that different varieties of barley and other crops respond differently to increasing day-length in springtime," said Dr David Laurie, who leads the research. "We know this is important for adaptation to different environments, and we now know one of the key genetic determinants - the *Ppd-H1* gene."

By looking at variations in the *Ppd-H1* genes of different barley varieties, the researchers are beginning to understand how these equip plants to be optimally productive in different

climates and environments. With this information, breeders and growers could select for the variations that will tailor crop flowering time to suit UK conditions.

The researchers are confident that comparable genes will be found to carry out similar roles in other crops such as wheat and rice, opening the way to new varieties of these as well.



Plant clockwork

The 'body clock' of plants regulates levels of activity of a gene called CO (*CONSTANS*) on a daily basis. Peak CO activity only coincides with the plant being exposed to daylight if the length of the day is long enough. When this happens CO activates a gene called FT (*FLOWERING LOCUS T*) which is an important trigger for flowering.

The *Ppd-H1* gene affects the timing of CO expression during the day. A variant of the gene found in late flowering barley causes the peak of CO expression to be shifted to later in the day. This reduces FT expression and delays flowering.

CONTACT

Dr David Laurie John Innes Centre

email: david.laurie@bbsrc.ac.uk

January 2006 [5]