

BUNĚČNÁ STĚNA

- dynamická struktura, jejíž složení a fci dokáže buňka průběžně modulovat
- bez BS se rostlinná buňka nerozdělí a neporoste
- po odstranění BS buňka přežívá jen ve vhodném prostředí (osmotické síly) a okamžitě syntetizuje (regeneruje) novou buněčnou stěnu (možnost regenerace v nové pletivo či rostlinu)
- i při laciném růstu (zvětšování vakuoly; není potřeba tolik energie pro syntézu složek cytoplasmy) musí nicméně růst BS i PM za zachování mechanické pevnosti BS
- Pletiva tvořená Rb s pevnou BS mohou tvořit specifické struktury pomocí polarizovaného růstu a směrovaného dělení, ne migrací buněk jako u Ž

Význam:

- potrava pro býložravce – pro ně primární zdroj sacharidů
- zdroj energie; uhlí v podstatě fosilizované BS
- Zdroj materiálů (dřevo, papír, len, bavlna, konopí, juta)

FCE

- **určuje tvar buněk** – bez ní zaujmou kulovitý tvar
- **zajišťuje pevnost buňky, zajišťuje turgový tlak** = tlak protoplastu na BS
- **ochrana b.** – př. před ztrátou vody; průnikem patogenu – tyto fce provázeny modifikacemi
- **spojení b. do pletiv** – b. pletiv nejsou schopny pohybu a tím je zabráněno buněčné migraci; propojení umožňuje morfogenezi – dáno směrem růstu a dělení
 - macerace – porušení střední lamely, např. při zrání plodů (banány, rajčata, moučná jablka)
- jde vlastně o extracelulární matrix, kterou prochází signální molekuly; při pohybu apoplastem
- **regulace růstu a vývoje**
- **signální fce** – př. auxin – šíření zahrnuje apoplast
 - samotné složky BS se podílí na signalizaci – po napadení patogenem dochází k degradaci polysacharidů – uvolňování oligosacharidů (oligogalakturonidy), což působí jako signál pro buňky, že rostlina byla napadena
- **zásobní** – obrovský zdroj vápníku, i polysacharidů (př. plody datlovníku, kávovníku – ukládání mannanů, ty pak štěpeny během klíčení semene jako zdroj energie)
- komplexní struktura, jejíž jednotlivé struktury často nejdou izolovat v nativním stavu a tak je studium velice obtížné

viz. obr. – BS se liší i buňka od buňky, ale i část buňky od jiné části

- buňky pokožky – strana b. směrem do pletiva tvořena primární BS vs. vrstva ven - ztlustlá vrstva BS a kryta kutikulou

Struktura

- **střední lamela** - ukládána do prostoru dělení mezi buňkami – pektinový charakter
 - vždy spojuje buňky, macerace pletiv je vlastně rozpuštění střední lamely
- **primární BS** – ukládání dostředivě
- **sekundární BS** – tvořena pouze u některých b., opět ukládání dostředivě
 - ukládáním dalších vrstev se zmenšuje protoplast
 - depozice sekundární BS často znamená odumření protoplastu; fce b. jako podpůrné struktury často

Složení

- **Polysacharidy**

- základ. stav. jed. **sacharidové podjednotky**
- syntéza polysacharidů pro konstrukci buněčné stěny je důležitou funkcí GA (kromě celulózy a kalózy, které jsou syntetizovány na plazmatické membráně)
- **vždy se uplatňují ve formě kruhu – pyranosový (6 členný) či furanosový (5 členný)**
- **všechny jednotky odvozeny od glukosy**
- důležité i jednotky ve formě kyselin – nesoucí COOH sk. a tím i náboj COO⁻ – př. kys. galakturonová...

Střední lamela

- **neobsahuje celulózu**
- je gelovitá a má za úkol spojovat buňky, tvořena pektiny
- není pevná

Primární BS

- pevnost díky **celulose** (30 % - průměrná hodnota; u trichomů některých šlechtěných bavlníků až 98%)
- **zesíťující glykany (=hemicelulosa)** – chem. podobné celulose(C)
- **pektiny**
- **proteiny se strukturální fcí** – při zesíťování
- **enzymy** – podílející se na remodelaci - katalyzace vzniku vazeb ve stěně; rozvolňování jednotlivých struktur
- dle obsahu jednotlivých složek dělení na typy:

Typ I - u všech 2 děl. a některých 1 děložních R

Typ I - u některých 1 děložních R

CELULÓZA

- (C₆H₁₀O₅) – 1→4- β-D- glukosa,
- **Vazba β – jednotlivé molekuly G jsou oproti sobě otočeny o 180° - zajištěno, že výsledná molekula má stužkovitý (rovný) charakter a nevytváří helix**
- **Celulóza je nevětvená – jednotlivé molekuly celulosy se tak k sobě mohou přikládat a tvořit vodíkové můstky**
 - nenajdeme tak v buňce samotné celulos. vlákno, ale **mikrofibrily – 36 molekul C tvoří** a je nesmírně pevná jak tahu tak tlaku
 - mikrofibrila je téměř krystalická struktura – díky přesnému s těsnému uspořádání molekul C
 - **krystalické vs. parakrystalické oblasti** – zde mírně narušeno uspořádání
 - mikrofibrily se přikládají a tvoří makrofibrily (možno pozorovat mikroskopem)
- 1→4 spojení mezi uhlíky jednotlivých molekul glukosy
- možnost spojení až 8000 podjednotek, ale i až 20 000 podjednotek glukosy! – nejdelší známý přírodní polymer
- fibrily uspořádány tak, že obtáčí buňku spirálovitým charakterem
- velmi odolná, nerozpustná ve vodě – dáno vodíkovými můstky
- nesmírná pevnost v tahu – srovnatelná s ocelovými lany stejné tloušťky
- nejhojnější organická složka biosféry
- tvoří až 1/3 objemu buňky
- vkládání do BS kontrolováno buňkou velmi precizně – rozhoduje to o tvarování buněk během růstu

KALÓZA

- kalóza syntázový komplex syntetizuje
- **1→3 –β-D-glukan**
- Vazba 1-3: tvoří se helikální struktura – nemohou se přikládat a kalosa má tedy amorfni charakter
- syntéza přirozeně – v průběhu syntézy BS při dělení
- viz. obr. – červeně kalóza – import do nové buněčné desky – je nicméně rychle degradována a nahrazena C
- plasmodesmy – při zabrání symplast. transportu – tvorba kalosové zátky probíhá velmi rychle
- místa napadení patogena jsou opět zacpávány kalosou

Zesítující glykany – hemicelulózy

- hemicelulosa = po odstranění C z BS stále zůstává struktura s velkým obsahem glukosy a tedy částečně podobná celulóze, proto byla tato složka BS kdysi nazvána hemicelulózy („polocelulózy“)
- **jsou větvené**
- **elastické** a umožňují tak např. posuny mikrofibril oproti sobě

Typy

- **xyloglukany (XG) – ve stěně typu I**
- **glukuronoarabinoxylany (GAX) – ve stěně typu II**
- **specifické typy u trav a obilnin**

Fce

- **zesítování a udržování celul. fibril, protože jednotlivé mikrofibrily spolu neumí dostatečně silně interagovat**

Xyloglukany

- glukosová páteř a xylosa jako postranní řetězec (nejčastěji) = xyloglukany
- pro interakce mezi jednotlivými fibrilami a dalšími složkami BS

Glukuronoarabinoxylany

- základní páteř xylosa – postranní řetězce jsou arabinosy a kys. glukuronová
- kys. glukuronová – přináší náboj do polysacharidu

Trávy a obilniny

- nevětvená molekula, ale není ani rovná, protože v molekule střídány vazby 1→3 a 1→4

PEKTINY

- komplexní polysacharidy – složení z mnoha různých typů monosacharidů, které mohou být pospojovány mnoha druhy vazeb
- **obsah galakturonové kyseliny – monosacharid s karboxyl. sk. COO⁻ a vnáší kyselost do BS**
- tvoří 3D síť, která je vložena do hemicelulosové sítě
- v sekund. BS pektinu méně (stěna je pevná)

Homogalakturonan (HGA) – dlouhé svazky pouze kys. galakturonové

- **možnost tvorby vazeb s kationty – nejdůležitější Ca; jeho koncentrace udává jestli půjde celkově o gelovitou strukturu pektinů**
- metylace karboxyl. sk. – aktuálně nemůže tvořit vazbu s kationty; během syntézy v GA → doprava sekretorickou drahou do BS a až tam jsou metyly odstraněny a tím umožněna tvorba vazeb mezi složkami BS
- tvorba Ca²⁺ můstků

Xylogalakturonan

- xylosy v postranním řetězci

Rhamnogalakturonan II

- **výskyt v nízké koncentraci, ale ve všech BS** (konzervovaná složky BS)
- u mutovaných rostlin v syntéze rhamnogalakturonanu – velké defekty v růstu → důležitá složka BS
- **výskyt jako dimer – vznik kovalentní vazbou s B** → bor-diesterový můstek ; obsahuje mnoho monosacharidových podjednotek
- velké množství v červeném víně

Rhamnogalakturonan I

- tyčinkovitá molekula, tvořena rhamnosou a kys. galakturonovou

Neutrální pektiny – galaktany, arabinogalaktany

Fce pektinů:

- **tvorbou Ca²⁺ můstků dokáží modifikovat pórovitost BS**
- **dodávají náboj BS** – ovlivňují volnou difuzi jednotlivých iontů
- **díky kyselému charakteru COOH sk. ovlivňují pH stěny** (vždy trochu nižší než pH cytosolu)
- **vazba enzymů na pektiny**
- **signální fce** – během průniku patogena; HGA je štěpena na menší kousky generuje oligosacharidy (tzv. oligogalakturonidy), které spouští signální dráhu, která vede k obraně buňky

FENOLICKÉ LÁTKY

- udávají autofluorescenci buněk (hydroxyskořicová kys.)
- **hydroxyskořicové kyseliny – schopnost tvoření diferulových můstků – propojování složek BS**

Buněčná stěna typu I vs. typu II

- univerzální molekula je celuloza – všude stejná
- liší se hemicelulosa: typ I – xyloglukany vs. typ II – glukuronoarabinoxylany
- obsah pektinů u typu II minimální – zde suplují jejich fci částečně glukuronoarabinoxylany
- fenolické l. hlavně výskyt u typu II
- strukturní proteiny – př. extensin

STRUKTURNÍ PROTEINY

- váží se na jednotlivé složky BS – zpevňují BS
- stávají se po vazbě často nerozpustnými
- **jsou glykosylovány – syntéza v ER → sekretorická dráha přes GA pak doprava do BS**
- dle obsahu specifických amk dělíme na 4 skupiny
 - př. AGP – obsah až 95% sacharidu v molekule
 - PRP nebývají tolik glykosylované

ENZYMATICKÉ PROTEINY

Esterázy, peroxidázy, hydrolázy, endoglukanázy

SYNTÉZA SLOŽEK BS

- složky syntetizovány v rozpustném stavu – možnost transportu cytoplasmou; př. s mnoha modifikacemi – glykosylace, metylace → odstranění enzymaticky až v BS

sacharidové složky (veškeré pektiny, hemicelulosa)

- **syntetizovány v GA**
- **začíná konverzí glukosy v UDP-glukosu nebo GDP-glukosa = prekurzory**
- lokalizace enzymů těch nejsložitějších složek BS neznáme

enzymy, proteiny

- syntéza v ER

- v GA se **glykosylují**
celulosa, kalosa
- **syntéza přímo do prostoru buněčné stěny**

Celulosa

- **UDP-glukosa zdrojem podjednotek**
- Celulóza syntetizována enzymem **CESA = celulosa syntáza** (enzym, katalytická podjednotka syntetizující jednu molekulu glukózy). Jde o membránový protein, fungující v plazmatické membráně, kde do prostoru BS syntetizuje celulózu.
- některé CESA exkluzivní pro primární či sekundární stěny, ale existují i obecné syntázy
- **terminální komplexy** – syntázy spolu v membráně interagují a vytvářejí komplexy, tzv. terminální komplexy
- **u všech Embryophyt – 6 CESA tvoří 1 komplex, a ty tvoří 6 člennou rozetu → 1 terminální komplex syntetizuje 1 mikrofibrilu – $6 \times 6 = 36$ → 36 celulózových molekul v mikrofibrile.** Podle posledních údajů mikrofibrila obsahuje 18-24 celulóz, tedy terminální komplexy obsahují buď 3x6, 4x6 katalytických jednotek; nebo ne všechny podjednotky v terminálním komplexu nejsou aktivní.
- syntázové izoformy – v rozetě je vždy zastoupeno více izoform
- **CESA jsou integrální membránové proteiny a jsou asociovány s SuSy – fce syntéza sacharosy, a pravděpodobně poskytuje jednotky glukosy pro CESA**
- jednotlivé rozety „jezdí“ v plazmatické membráně nezávisle na sobě a vytvářejí tak celulózovou strukturu buněčné stěny
- u některých řas – terminální komplexy uspořádány lineárně
- **CESA se pohybují v PM – syntéza do prostoru BS, kde celulóza se hned stává nerozpustnou (krystalizuje) a pevnou. Komplexy CESA jsou tak vznikající mikrofibrilou tlačeny v membráně = pohyb**
- Životnost komplexu – po dopravě do PM exocytosou v průměru asi 20 min, pak je endocytován
- po vložení do PM se CESA ihned začíná pohybovat a je aktivní v syntéze
- rychlost syntézy 300 nm/min
- viz. obr.(videa) – lineární uspořádání CESA – kopíruje to ukládání celulosy
- **pro směrování svého pohybu používají kortikální MT cytoskelet**
- **organizace kortikálního MT cytoskeletu určuje ukládání celulosy pomocí CESA**

RŮST BS

- zmenšení Rb – pouze díky dělení
- **růst BS je spojen s růstem celé buňky** – možnost zvětšení objemu až 100x
- i během laciného růstu je nutné trvalé udržení pevnosti BS – růst BS spojen s neustálou syntézou složek BS
- př. protoplasty při příznivých podmínkách ihned začínají syntetizovat novou BS
- difúzní vs. apikální růst (apikální např. př. rhizoidy, pylóvé láčky, kořenové vlásky)
- **mechanismus zahrnuje rozvolnění stávající matrix polysacharidů a zároveň syntézu nových polysacharidů; celulóza se nedokáže natahovat, ale jednotlivé mikrofibrily se mohou oddalovat**
- **ve starších částech BS (žlutá barva) – oddalování jednotlivých mikrofibril a rozvolňování a pod PM jsou syntetizovány nové vrstvy celulózy**
- v každé vrstvě BS je jiná orientace celulózových fibril

- viz. obr. epidermální b. listu *Arabidopsis* vs. (vpravo zvětšeno)
 - mladé b. během růstu mění tvar; epidermis neroste rovnoměrně; existuje růstová heterogenita – některé oblasti rostou rychleji, pak se zastaví a roste jiná část listu
 - představme si b., která jednou stranou přiléhá k rostoucí části a zároveň jinde k části stagující v růstu → buňka musí být schopna regulace částí BS, které porostou a které ne

KYSELÝ RŮST

- **rostoucí BS mají nižší pH** (cca 5,5 – ale při růstu 4,5) – okyselení musí růst provázet
- **k okyselení dochází transportem H⁺ protonovou pumpou na PM** – jejich zvýšenou aktivitou
- růstový hormon auxin – jeden z módů účinku, dokáže aktivovat H⁺ ATPázy a tím způsobit okyselení a růst
- rostou jím téměř všechny rostliny; i u buněk protoplastu, které jsou mrtvé

Mechanismus:

- pokus: vyjmutí kusu hypokotylu z okurky, zmrazení, a necháno roztát – zkoumání roztažnosti v definovaném roztoku
 - při pH 7 roztoku – roztažnost BS minimální
 - při pH 4,5 roztažnost stěny signifikantně vyšší
- vyjmutí, zmrazení, necháme ho roztát a pak ho povaříme
 - povařením se denaturovaly proteiny, kyselý růst již nefunguje
 - po přidání roztoku s obsahem proteinu expansinu – se obnoví roztažnost
- **expansiny jsou proteiny BS** (mnoho rodin; A,B)
 - **aktivita většiny zvýšená při nižším pH**
 - **nebyla prokázána enzymatická činnost**
 - **mechanismus působení: přerušení nekovalentních vazeb mezi celulózu a glykany**
 - dokáží „odzipovat“ vazby mezi celulosou a glykany BS a tím umožnit roztažnost BS

Remodelace BS:

- **enzym XET = xyloglukan endotransglykoláza**
- remodelace hemicelulos; dokáží části molekul (xyloglukanů) odštěpovat a přenášet na jiné molekuly
- rozvolňují BS ale zároveň zachovávají pevnost; k rozvolňování dochází postupně a koordinovaně

Zastavení růstu:

- protein extensin – stává se nerozpustným; tvoří vazby mezi sebou a vzniká tak 3D síť
- deesterifikace pektinů → tvorba vazeb pomocí Ca²⁺ iontů → zpevnění složek
- typ II BS (málo pektinů) – provázání složek BS pomocí fenolických látek

DEGRADACE BS

- přirozená součást cyklu některých buněk
- **rozpuštění střední lamely je základním krokem a následně i primární BS**
- př. růst postranních kořenů – jsou zakládány ve vnitřních vrstvách – musí tak prorazit kortexem a následně epidermis; dochází tak k degradaci BS buněk kortexu
- lyzigenní způsob vzniku intercelulár – rozpuštěním BS buňky

SEKUNDÁRNÍ BS

- ukládána pouze u specializovaných buněk, nejčastěji s mechanickou rolí
- podpurná role při růstu rostliny; v cévních elementech – zabraňuje embolii
- **vždy ukládána po skončení růstu; dostředivě do buňky – depozice zatlačuje protoplast**

- častá lignifikace, ale ne vždy (možnost lignifikace i u primární BS)

Složení:

- celulóza zůstává, ale ve vyšších poměrech
- velmi málo pektinů – nepotřebuje být plastická
- př. bavlník – trichomy semene s vysokým obsahem celulózy; délka až 3 cm (po šlechtění až 6 cm); kvalita dána délkou vláken a obsahem celulózy
 - u bavlníku nedochází k lignifikaci vláken (byla by to překážka pro zpracování na bavlnu)

Sklerenchym

- hlavní podpůrné pletivo
- sklereidy + sklerenchymatická vlákna (velmi dlouhé b.)
- **BS je deponovaná (uložená) stejně**
- častá fce buněk jako mrtvých
- sklerenchymatická vlákna – přadná vlákna u lnu, kopřiv

Tracheální elementy

- ve vodivých pletivech; obecně jsou zde velké přetlaky či podtlaky
- tyto elementy vedou vodu tělem rostliny; fungují jako mrtvé
- **sek. BS deponovaná nestejně – do spirál; tvorba různých struktur**
- viz. obr. (vpravo dole) – výrůstky ze sek. BS – směrem do buňky
- viz. obr. – role kortikálních MT v syntéze sek. BS – těsně před ukládáním sek. BS se v místech, kde bude, tvoří shluk MT – tyto svazky určují, kde budou CESA a tam pak bude tvořena BS

Specializované BS

- kolenchym – podpůrné pletivo
 - obsah prim. BS a buňky fungují jako živé
 - vznik v místech námahy, ale dokáže stále růst
 - navíc BS je nestejně ztlustlá
- transferové buňky – parenchym.b.
 - v místech transportu mezi apoplastem a symplastem
 - př. propojení mezi xylémem a floémem; při nakládání floému
 - viz. obr. – tracheální element (prázdná b. uprostřed); buňky vedle jsou transferové – výrůstky BS pro větší plochu plazmatické membrány a tak lepší transport látek z buněk

MODIFIKACE BS

- impregnace – modifikace organickými látkami
- inkrustace – modifikace anorganickým materiálem
- ukládání látek do BS
- depozice materiálu na povrch BS

LIGNIFIKACE, LIGNIN

- před 450-460mil. let rostliny opustily vodu a potřebovaly vyřešit problém opory těla a ztrátu vody
- lignin je 2. nejrozšířenější biopolymer na světě; 20-30 % hmoty rostlin
- **lignin je heteropolymer s částečně aromatickým charakterem**
- syntéza pouze u suchozemských rostlin
- **monolignoly (viz. prezentace)**

Syntéza:

- syntéza monolignolu začíná u syntézy fenylalaninu – ten je konvertován **PAL (fenylalanin amoniak lyáza) na kyselinu skořicovou**, která je základem všech monolignolů.

- **transport monolignolů (pomocí ABC transportérů v plazmatické membráně) do BS, kde až polymerují**
- monolignoly v BS jsou enzymy peroxidázami (substrát H_2O_2), lakázami (substrát O_2) přeměněny – vznik radikálů, které pak polymerují; vznik mnoha různých radikálů
- každý druh ligninu je charakteristický určitou vazbou mezi monolignoly
- **dirigent proteiny určují, jaké vazby mezi radiály monolignolů budou vznikat** během polymerace v lignin
- jednotlivá dřeva jsou tam zastoupením vazeb specifická

Lignifikace

- **začíná ve střední lamelle a pak se šíří do prim.BS až do sek.BS; v iniciačních místech – ve střední lamelle, v rozích buněk**
- **buňky pak fungují jako mrtvé**
- viz.obr. – červená barva značkou ligninu – na výřezu první lignifikují střední lamely a rohy buněk, pak se šíří
- do primárních BS primárně ukládán kumarylalkohol; do sek.BS koniferylalkohol

Fce:

- **zabraňuje průniku vody, ale i patogenů – zpevněním BS**
- **špatně degradovatelný**
- konstitutivní lignifikace u dřevin
- jako reakce na poranění
- lignifikace u nedřevnatých rostlin a trav – zde má jinou strukturu

+ UMĚT NAKRESLIT KYSELINU SKOŘICOVOU + REAKCE LIGNINU

Reakční dřevo

- *tenzní či kompresní dřevo – speciální struktura; lignifikované b., které jsou velmi kulaté vznikají tak intercelulární prostory pravidelné, které umožňují velmi pevnou strukturu*

SUBERINIZACE, SUBERIN

- původnější modifikace směřující ke snížení ztrát vody
- **suberin je silně hydrofóbní polymer**
- neexistuje způsob jak z buněk izolovat nativní strukturu
- **vždy se ukládá na povrch PM (mezi PM a BS)**
- MK (polyalifatickou částí) interaguje s membránou a polyaromatickými složkami s BS
- výskyt v krycích pletivech; endodermis v kořenech (apoplastická bariéra) **Caspariho proužky** (viz. obr. vpravo; červená = lignin) – zabraňuje nekontrolovanému úniku vody z vodivých pletiv do kortexu
- výskyt v bramboru – reakce na poranění
- často kombinován s kutinem

KUTIN

- **ukládání v pokožkových b. nadzemní části rostlin,**
- **ukládá se na povrch buněk**
- viz. obr. – svěrací b. průduchů
- **tvoří tuhou hydrofóbní vrstvu na povrchu krycích buněk**
- hydroxylované MK propojeny esterovými vazbami
- složení molekul v *Arabidopsis* – z lipidů 6,3 % - dost
- syntéza v ER (z MK); transport do BS, kde jsou acyl transferázami katalyzovány syntézy esterů

VOSKY

- epikutikulární – ukládání ještě na kutikulu
- intrakutikulární – ukládání do kutikuly
- **hlavní rolí je zabránění ztrát vody z povrchu rostliny**
- dost se liší rostlinu od rostliny
- **lipidický charakter** (hydrofóbní molekuly)

- viz. obr. – list zelí; „prach“ po utržení zralé švestky také vosky
- **syntéza v ER, transport do PM buď přes váčky, či přímým překlopením z membrány ER do PM; existence ABC transportérů pro transfer do apoplastu a pak až do BS → LTP (lipid transfer proteins)** – vážou podjednotky vosků a transportují je vrstvami BS až k povrchu
- fce:
 - **intrakutikulární – hlavně zabránění ztrátě vody**
 - **epikutikulární – hydrofobicitu povrchu zajišťují a moduluji odrazivost povrchu**
- superhydrofobicita rostlinných povrchů – dosaženo hierarchickým uspořádáním povrchů
 - i samotné pokožkové b. tvoří specifické struktury a způsobují nesmáčivost povrchu
 - př. u tropických rostlin, kde zabraňují vzniku biofilmu na povrchu listů – kde by mohly narůstat bakterie; došlo by tak k zamezení výměny vody, průchodu sluneční energie a bylo by zvýšeno napadení patogeny
 - vs. superhydrofilní povrchy u mechů

Sporopoleniny pylových zrn

- **polymery MK a fenylopropanových derivátů**
- nesmírně odolné vůči degradaci (umožňuje detekci struktur pylových zrn i v historických sedimentech; složení vegetace před mnoha až tisíci lety = pylová analýza sedimentů)
- podíl na klíčení pylových zrn

Inkrustace BS

- **nejčastěji křemičitany** – u buněk trav (přesličky, ostřice)
- žhavý trichom kopřivy – při ulomení špičky se tak způsobí mikrozanření a vniknutí látky způsobí podráždění

PLASMODESMY

(Jednotné číslo: plasmodesmus; skloňujeme dle vzoru hrad.)

- viz. obr - příčný řez buněčnou stěnou s plasmodesmy

Struktura

- kanálek v BS vždy vystlaný PM – volně průchodná cytoplasma = **cytoplasmatický rukáv**; průměr 40-50 nm
- **desmotubulus = pevně sbalené membrány ER**; propojení buněk i pomocí membrán ER
 - *centrální tyčinka* – struktura vyplňující desmotubulus (pouze u některých)
- u řas jednodušší, ale stále se jedná o symplastické propojení = vystlané PM
- **límeček** = místo BS vyvýšené tam, kde krčkem plasmodesmus ústí do cytoplasmy; tvořen především kalózou
 - teorie, že je zde rychle syntetizována kalóza pro uzavření plasmodesmu ve vývoji

Fce

- **pasivní transport mezi 2 cytoplasmami sousedních buněk** – přes cytoplasmatický rukáv a membrány ER
- **aktivní transport** – prochází molekuly větší, než je průsvit plasmodesmu; specifický transport na základě signálu
- **průchod regulačních proteinů regulujících vývoj buněk v pletivu**
- **transport patogenů (virů)**
- nejedná se o trvale otevřené struktury; uzavření probíhá velmi rychle v reakci na specifický signál

- **SEL = size exclusion limit = průsvit plasmodesmu**; limit pro volnou difuzi 0,4 – 10 kDa
 - některé viry dokáží průsvit zvětšovat, aby mohly lépe projít
 - Hsp70 možná napomáhá aktivnímu transportu skrze plasmodesmus
 - **během vývoje se snižuje**; v raném stádiu jsou široce otevřené a molekuly se např. v embryu šíří do celého útvaru; specifita vývoje je dána uzavíráním plasmodesmů
 - př. listové primordium je dokonalý symplast – kdy signalizační molekula pronikala do celé struktury

- primární - vznik při ukládání buněčné desky – přiložením membrány ER se vytvoří kanálek, který již zůstává
- sekundární - tvoří se již v existující buněčné stěně

- **aktin, myosin** – lokalizovány u plasmodesmů
- **protein kinázy** – souvisí s fcemi plasmodesmů
- viz. obr. – lokalizace PDLP1 – plasmodesmální protein v místech, kde mezi pokožkovými buňkami plasmodesmy vznikají