

ŠLECHTĚNÍ ROSTLIN

(REZISTENTNÍ ŠLECHTĚNÍ)

ŠLECHTĚNÍ NA ODOLNOST VŮČI NEPŘÍZIVÝM VLIVŮM (STRESŮM)

Stres je podle BARTOŠE (1987) tíšňový fyziologický stav organismu v němž se mobilizují ochranné adaptivní a nápravné reakce. Jedná se výrazný vliv rušivých faktorů, čímž dochází k silným odchylkám od normálu.

Projev stresu je různý u genotypů, ve fázích ontogeneze a v různých podmínkách.

Nepříznivé, stresové vlivy lze dělit na:

a) **abiotické** - půdní a klimatické podmínky (nízké teploty, mrazy, sníh, horko, sucho, vítr, nedostatky ve výživě, extrémní pH půdy, nedostatečné osvětlení apod.).

b) **biotické** - choroby a škůdci, plevele.

Podle ŠVACHULY (1991) významným úkolem šlechtitelů by měla být snaha překonat neschopnost rostlinného organismu odolávat vlivu škodlivého činitele. Šlechtitelský program by měl zahrnovat posilování snášenlivosti (tolerance) či vyvolání odolnosti.

Šlechtění na odolnost vůči chladu, mrazu a zimě

Šlechtění je v našich podmínkách ekonomicky opodstatněné u teplomilných plodin na chladuvzdornost a u přezimujících plodin na mrazuvzdornost a zimuvzdornost.

Chladuvzdornost rozumíme odolností k nízkým (+) teplotám a je na místě ve šlechtění kukuřice, soje, slunečnice a papriky, případně fazolu. Nízké teploty působí škodlivě hlavně při klíčení a vzcházení, ale i během vegetace. Stupeň odolnosti limituje rozšíření uvedených druhů do vyšších poloh a do severních zeměpisných šířek.

Při selekci odolných typů se aplikují chladové testy (cold test) v laboratorních podmínkách a polní testy velmi časnými a postupnými výsevy.

Mrazuvzdornost se rozumí odolnost vůči teplotám pod 0°C, tedy vůči jarním i podzimním mrazíkům a zimním mrazům a holomrazům. Odolnost limituje přežití rostlin, tedy jejich přezimování.

Odolnost rostlin k mrazům není stálá, má indukční charakter a souvisí s procesem otužování, které probíhá v podzimních teplotních a světelných podmínkách (obr. 4.1.). Mrazuvzdornost odrůdy vzniká interakcí genotypu a vhodných indukčních faktorů. Je to proces aktivní ovlivňovaný vnějšími činiteli, základem ovšem zůstává geneticky založená schopnost odrůdy otužit se tak, aby působení mrazu přežila (PRÁŠIL, 1983). Souvisí s hromaděním zásobních látek v nadzemních a podzemních orgánech, s reakcí na délku dne a souvisí s průběhem fotosyntézy v podmínkách podzimu. Stupeň odolnosti závisí na genotypu, jednotlivé genotypy reagují rozdílně. Závisí také na rostlinné části, kterou rostlina přezimuje (odnožovací uzel u obilnin a trav, kořenový krček u jetelovin, řepky) a na její lokalizaci v půdě. Stupeň odolnosti souvisí také s dobou a s průběhem zimy. V teplém období zimy (oblevy) a ke konci zimy se odolnost snižuje. Důležitá je stabilita odolnosti odrůdy, tj. schopnosti neztratit dosaženou úroveň, popř. ji rychle obnovit (SEGEŤA, 1970).

Stupeň mrazuvzdornosti se zjišťuje přímo v mrazicích boxech (komorách) při tzv. LT₅₀ teplotě (přežívá 50 % testovaných rostlin), nebo formou polně laboratorních testů v přírodních podmínkách (bedničková metoda).

Zimovzdorností (odolností k vyzimování) se rozumí odolnost k souboru faktorů zimy (mrazy, ledová vrstva, sníh, vrstva a doba ležení sněhu, střídání teplot, střídavé zamrzání a rozmrzání povrchu půdy aj.). Stupeň odolnosti ovlivňují genotyp, povětrnostní podmínky, půda, agrotechnika.

Zimovzdornost je ovlivňována i fyziologickými aspekty, jako délkou a charakterem tepelného období, fotoperiodickou reakcí a citlivostí, schopností hromadění sušiny v buňkách, vlastnostmi bílkovinných součástí protoplazmy. Z morfologických znaků je to hloubka odnožovacího uzlu, mohutnost a způsob utváření kořenového systému a charakter trsu (uspořádání listů) na podzim.

Zkoušení je možné v polních podmínkách sledováním stupně odolnosti objektivně počítáním jedinců, nebo subjektivně bodovým hodnocením při daném průběhu zimy v lokalitě. Lze záměrně využít i lokality s drsnějším průběhem zimy. Na stupeň odolnosti se usuzuje i nepřímo podle habitu rostlin (charakter trsu), obsahu cukru a vody v buňkách apod.

Genetika chladuvzdornosti, mrazuvzdornosti a zimovzdornosti je složitá, polygenního charakteru. Souvisí s dědičností dílčích složek komplexu odolnosti.

Metody šlechtění jsou nejčastěji kombinační křížení s využitím donorů genů odolnosti z krajových odrůd nebo odrůd z příslušných oblastí. V některých případech se využívá i vzdáleného křížení a polyploidie.

Šlechtění na odolnost vůči suchu (suchovzdornost)

Suchovzdornost je vlastnost umožňující rostlinám snášet období sucha (vodního deficitu v půdě) nebo období vysokých teplot a s tím spojeného vzdušného sucha, bez výrazného zhoršení vývinu a snížení produkce. Suchovzdornost je významná vlastnost pro odrůdy určené do suchých lokalit (jižní Morava).

Odolnost suchu je složitá vlastnost, neboť závisí na řadě okolností a faktorů: na množství a mohutnosti kořenové soustavy, na poměru nadzemní a podzemní hmoty, na morfologických a anatomických zvláštěnostech lodyh a listů, které mohou ovlivnit vodní hospodářství rostlin, na regenerační schopnosti a rychlosti vývinu aj.

Genetika suchovzdornosti je složitá vzhledem k mnoha faktorům, které ji podmiňují nebo ovlivňují. U mnohých druhů není ani prostudovaná.

Metody šlechtění jsou nejčastěji kombinační křížení při využití krajových odrůd jako jednoho z rodičů, nebo odrůd ze suchých oblastí, případně lišící se raností. Význam má i volba xerofytnějších typů s užšími a kratšími listy, silnější kutikulou, s mohutnější kořenovou soustavou apod.

Testování suchovzdornosti je metodicky dost obtížné. Volí se spíše laboratorní metody porovnáním tvorby hmoty (sušiny) v podmínkách sucha a v podmínkách závlahy, v klimakomorách, nebo se používají i nepřímé metody. V polních podmínkách se porovnává produkce dosahovaná u novošlechtění nebo odrůd v suchých oblastech (ročnících) a v oblastech s normálním průběhem roku.

Šlechtění na odolnost vůči biotickým vlivům (chorobám a škůdcům)

Šlechtění na odolnost k chorobám

Nutnost rezistentního šlechtění souvisí se snahou zabránit nebo snížit poškození rostlin rozvojem choroby či škůdce. Napadené rostliny vykazují snížený výnos, zhoršenou jakost hlavního produktu, sníženou vitalitu a mnohdy hynou. Rezistentní odrůdy vylučují nutnost používání chemických prostředků a tím přispívají k ochraně prostředí a ke sníženému narušování biologické rovnováhy (ničením i užitečné fauny), dále snižují náklady na pěstování plodin za drahé chemické prostředky.

Rezistentní šlechtění rostlin se začalo více rozvíjet před 25-30 lety a v současné době je prvořadým úkolem téměř u všech šlechtěných plodin. Šlechtěním často nelze zcela odstranit poškození a často jde jen o snahu o omezené poškození chorobou (škůdcem) na únosnou míru. Předpokladem úspěchu je spojení rezistence s ostatními znaky na žádoucí úrovni.

Podle *Stackmanna* (objevitele ras u mnohých chorob) „šlechtění na rezistenci je nikdy nekončícím bojem s přírodou“. Příroda vytváří stále nové rasy a šlechtitel nové odolné odrůdy. Choroba i škůdce jsou živé organizmy se stejnou tendencí v proměnlivosti jako rostliny.

Historie šlechtění na odolnost rostlin k chorobám

Rezistentní šlechtění začalo v první polovině 19. stol. Přispěla k tomu jednak epidemie plísňě bramborové v Irsku a rozšíření révokazu u vinné révy ve Francii a tím vyvolaná nutnost hledat odolnější formy (réva na americké podnoži byla odolnější). Rozvoji šlechtění na odolnost přispěly znalosti a teoretické základy související s rozvojem mykologie (zač. 19. stol.) a používáním umělé infekce. Velký význam pro rozvoj šlechtění mělo studium genetického založení odolnosti, které má také svůj vývoj. Šlo o poznávání genetických vztahů parazita (patogena, choroby nebo škůdce) a hostitele.

První genetické studie odolnosti ke rzi plevové zahájil *Biffen* a zjistil monofaktoriální založení (štěpení 3:1). *N. I. Vavilov* na svých expedicích získal sbírku genetických zdrojů odolnosti v planých formách, *Arton* v USA použil výběr na rezistenci proti vadnutí u melounu, využíval provokační prostředí ve šlechtění u hrachu. V roce 1914 *Stackmann* objevil rasové spektrum rzi u pšenice.

50. léta tohoto století znamenala spojení genetiky rezistence a virulence. V roce 1956 *Flor* přispěl k rozvoji teoretických základů rezistentního šlechtění teorií *gen proti genu*, která vycházela ze studií vztahů hostitel - patogen. Tím byl položen základ pro šlechtění na odolnost křížením, tj. kombinacemi genů odolnosti.

60. léta jsou ve znamení rozvoje teoretických základů. *Vanderplank* zavedl v roce 1963 pojmy vertikální a horizontální rezistence a vertikální a horizontální patogenita.

70. léta znamenala rozvoj studia genových interakcí, využívání mutací, aneuploidních linií apod. ve šlechtění na odolnost u mnohých druhů.

80. léta se vyznačují uplatňováním vedle klasických metod a postupů i orientaci na aplikace metod molekulární genetiky v rezistentním šlechtění (*LEBEDA, BARTOŠ, JENDRULEK, 1988*).

Charakteristika základních pojmů a kategorií

Odolnost - je dědičně založená schopnost hostitelské rostliny (populace, odrůdy)

odolávat napadení patogenu, nebo zpomalovat jeho rozvoj.

Projev ochorení závisí na :

- interakci genetického systému hostitele a patogena,
- podmínkách vnějšího prostředí (modifikující účinky mají teplota, vlhkost, výživa).

Ochorení se posuzuje podle vnějšího stavu rostliny, podle symptomů choroby.

Náchylnost - je opakem odolnosti.

Ze specifčnosti vztahů mezi hostitelem a patogenem byly vyvozeny základní termíny a klasifikace. Specifčností vztahů rozumíme skutečnost, že každý patogen má omezený okruh hostitelů (rodů, druhů, odrůd), který může napadat. U mnohých patogenů je známá specializace ve formě ras (kmenů) se specifickou schopností napadat jen některé odrůdy a neschopností napadat jiné.

Klasifikace dle *Vanderplanka* : (původně odvozena hlavně pro houbové choroby):

- *vertikální rezistence* : je rasově specifická, geneticky oligogenně založena, často se projevuje přecitlivělostí (hypersensitivitou) i imunitou, je méně vytrvalá a snadno je překonána jinou rasou. Šlechtění na odolnost uvedeného typu je relativně snazší, neboť vychází z hypotézy gen odolnosti proti genu patogenity.

Vztah hostitel-patogen je většinou kvalitativní (buď je nebo není napaden) a je snadno stanovitelný. Může být i kvantitativní, měřený počtem lézí, velikostí a intenzitou sporulace, počtem ochorených jedinců aj.

- *horizontální rezistence* : je rasově nespecifická, je polygenně založená a silně ovlivněna podmínkami prostředí. Projevuje se sníženým rozsahem napadení, zpomaleným průběhem infekce (epidemie) a redukcí množství patogena. Je trvalejší, dlouhodobější, avšak šlechtění je dost obtížné a náročné. Projev rezistence má spíše kvantitativní charakter (viz obr. 4.2.).

Praktický význam vertikální a horizontální rezistence vynikne především u samosprašných plodin, u nichž lze uplatnit liniové šlechtění a liniové odrůdy, které zajišťují vnitroodrůdovou divergenci (přítomnost více rozdílných genů či alel odolnosti).

Další kategorie rezistence:

- *zdánlivá* (nepravá, pseudorezistence) je podmíněna např. raností odrůdy na základě časové disharmonie vývinu rostlin s vývojem patogena, nebo morfologickými či fyziologickými zvláštnostmi (kleistogamické kvetení, voskový povlak, síla kutikula). Přitom rostlina není odolná, ale nedojde k napadení, nebo dojde k časovému utlumení choroby.

- *modifikační* je vyvolána vnějšími podmínkami. Pro šlechtění je nevýznamná.
- *indukovaná rezistence* vyvolaná slabou primární infekcí.
- *polní rezistence* se vztahuje k interakci hostitele a patogena v průběhu celé vegetace v daném agroekosystému.
- *tolerance* je schopnost rostlin (odrůdy) snášet napadení patogenem, aniž by došlo k výraznému snížení výnosu nebo zhoršení jakosti. Rostlina (porost) přitom vykazuje jisté symptomy napadení patogenem. Tolerance se ve šlechtění využívá, i když se obtížně spojuje s vysokou výnosností.

V rezistentním šlechtění vůči virovým chorobám (u brambor) se používá poněkud jiná klasifikace:

- *relativní rezistence* (polní rezistence) se projevuje nízkou vnímavostí k virům, v tlumení rozvoje viru. Geneticky je složitě založena.
- *extrémní rezistence* (imunita).
- *přecitlivělostní rezistence* (hypersensitivní) vede k nekrozám napadeného pletiva.
- *extrémní intolerance* se projevuje nevyklíčením oček.

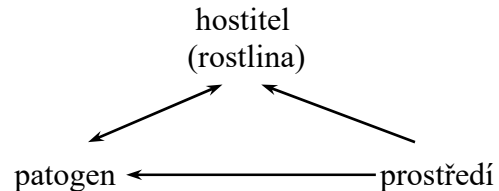
Proces rezistentního šlechtění

Značné škody na rostlinách způsobují parazitující viry, bakterie a houby. Ochranné chemické prostředky jsou značně nákladné a někdy málo nebo vůbec neúčinné. Šlechtění na odolnost také není lacinou záležitostí a v každém případě prodlužuje dobu šlechtění.

Šlechtění na odolnost k chorobám je často ztěžováno nedostupností (neexistencí) genetických zdrojů, krátkou trvanlivostí či nízkou úrovní rezistence.

Proces rezistentního šlechtění je složitý, neboť musí respektovat:

a) vzájemné vztahy složek:



b) charakter dědičné proměnlivosti a vývoje hostitele i patogena a specifické vlivy prostředí.

Vzájemné vztahy mezi hostitelskou rostlinou a patogenem vykazují značnou šíři, od symbiozy k zničení. Podmínky prostředí mění stupeň náchylnosti (odolnosti) k patogenu a ta se mění i během ontogeneze hostitele.

Proměnlivost biotických složek spočívá v existenci druhů, variet, ras, kmenů, biotypů, také ve vzniku mnoha mutací, fyziologicky specializovaných ras apod., s různou agresivitou a virulencí.

Předpoklady efektivního rezistentního šlechtění:

- 1) znalost biologie a bionomie patogena, včetně rasového spektra a možnosti zjištění rasové příslušnosti (např. pomocí testovacího sortimentu),
- 2) znalost mechanismu rezistence, včetně typu odolnosti a genetického založení rezistence,
- 3) projev odolnosti (tolerance) či náchylnosti,
- 4) existence genetických zdrojů rezistence a možnost jejich využívání,
- 5) znalost techniky inokulací, umělých infekcí, v polních i skleníkových podmínkách, znalost optimálních podmínek pro rozvoj choroby (škůdce) i způsobů hodnocení stupně odolnosti (náchylnosti).

Genetika rezistence

Znalost charakteru dědičnosti rezistence má pro úspěšné šlechtění zásadní význam. Na dědičnosti rezistence se uplatňuje:

- mimojaderný systém dědičnosti
- jaderný systém dědičnosti

Mimojaderný systém (cytoplasmatická dědičnost) se projevuje rozdíly ve štěpných poměrech v generacích po reciprokém křížení. Příkladem tohoto typu dědičnosti je náchylnost k *Helminthosporium maydes* u kukuřice ve vazbě na cytoplasmatický typ pylové sterility (CMS) texasského typu.

V **jaderném systému** může být dědičnost rezistence založena:

a) *oligogenně* (jedním nebo několika major geny) s dominantním, recesivním a neúplně dominantním projevem s malou závislostí na prostředí. Příkladem může být vertikální rezistence, projev přecitlivělosti aj. Oligogenní způsob založení rezistence přesně odpovídá hypotéze gen proti genu. Geny se mohou projevovat i v interakcích (komplementárně), s pleiotropním účinkem a mohou se uplatnit i geny inhibitory a modifikátory.

Oligogenně založená rezistence se ve štěpících generacích chová podle platných zákonů dědičnosti, a to v závislosti na počtu genů a jejich projevu.

V genetické analýze se používá:

- přímá metoda, tj. křížením odolné odrůdy s náchylnou odrůdou a vyhodnocením štěpících generací,

- nepřímá metoda podle reakce testované odrůdy k několika rasám patogena a porovnáním s reakcí odrůd o známém genetickém založení. K tomuto účelu se používá tzv. mezinárodně uznávaný testovací sortiment. K ověření identity genů se používá vyhodnocený výsledek uměle infikovaných rostlin generace F₂ z křížení odrůda x linie se známým genem.

K lokalizaci genů na chromozomech se např. u pšenice s úspěchem využívá aneuploidní analýzy (využitím monosomiků, nulizomiků, příp. substitučních linií), nebo klasického postupu mapování genů analýzou genové vazby.

b) *polygenně* s účinkem mnoha minor genů, s intermediárním projevem dědičnosti v generaci po křížení. Uplatňuje se silný vliv podmínek prostředí. Systém umožňuje také projev transgrese i kombinaci s major geny.

Projev rezistence má kvantitativní charakter, např. delší dobu inkubace, méně sporulujících ložisek, nižší sporulace apod. Uplatňuje se při horizontální rezistenci.

V systému genetické proměnlivosti rezistence hostitele (rostliny) se kromě kombinací a rekombinací genů uplatňuje i mutabilita genů. Stejně je tomu i v genetické proměnlivosti patogenů, kde navíc kupř. u mikroorganismů se uplatňují ještě další mechanismy proměnlivosti.

Jako **genetické zdroje rezistence** jsou využívány:

- plané druhy,
- přirozený genofond kulturních rostlin,
- staré i nové odrůdy domácího a zahraničního původu,
- linie, indukované mutace a šlechtitelské polotovary.

Metody a postupy šlechtění

Metody šlechtění na odolnost jsou odlišné podle skupin chorob:

a) vůči virovým chorobám

Šlechtění na odolnost k virovým chorobám je velmi obtížné a náročné. Složitost šlechtění souvisí s možností latentního výskytu, maskování i se zvláštnostmi způsobu přenosu virů. U mnohých virů není dosud známá genetická podstata odolnosti, nebo jsou k dispozici jen dílčí poznatky. Často nejsou známé genetické zdroje odolnosti.

Ve šlechtění se využívá kategorií rezistence vhodných pro příslušnou virovou chorobu (relativní rezistence, imunita, intolerance, extrémní rezistence apod.)

Z **metod šlechtění** se uplatňuje hlavně křížení (důležitá je volba vhodných rodičů), indukované mutace a v poslední době i metody genového inženýrství.

V široké míře se využívají i nepřímé metody, které eliminují zdroje nákazy a brání

rozšiřování virových chorob (negativní selekce napadených rostlin, různé diagnostické metody včetně imunoenzymatického postupu ELISA), produkce viruprostého rozmnožovacího materiálu (meristemové kultury)

b) vůči bakteriozám

Šlechtění na odolnost vůči bakteriozám je rovněž obtížné. V mnohých případech nejsou vůbec propracované vhodné postupy. Používá se křížení při výběru odolných (nebo více méně odolných) rodičů. Nejčastěji se volí postup vyloučení jedinců či celých potomstev s příznaky onemocnění z dalších procesů šlechtění.

c) vůči houbovým chorobám

Šlechtění na odolnost vůči houbovým chorobám je relativně nejlépe propracováno, ikdyž na odlišné úrovni u rostlin samosprašných a cizosprašných. V mnoha případech je známá a propracována i genetická stránka odolnosti (u pšenice ke rzím, k padlí apod.).

Ze **šlechtitelských metod** se nejvíce uplatňuje křížení, liniové šlechtění, v některých případech jsou využitelné i indukované mutace (př. translokace chromozomů 1B/1R u pšenice), a to v závislosti na genetickém založení odolnosti (oligogenní, polygenní). U mnoha samosprašných plodin (hlavně obilnin) se využívá i vertikální rezistence.

Ve šlechtění samosprašných plodin (zejména obilnin) se ve šlechtitelské strategii uplatňuje šlechtění liniových odrůd, multigenních odrůd a víceliniových odrůd.

Metody hodnocení úrovně odolnosti k chorobám

Cílem je zjistit reakci a chování rostliny (potomstva, linie, odrůdy) na přítomnost patogena a podle výsledku vyhodnotit úroveň odolnosti (náchylnosti). Využívá se jednak *infekce přirozené*, častěji však *umělé* (zesílený infekční tlak), ať v polních (infekční školky), nebo skleníkových či v laboratorních podmínkách.

Za infekční zdroje slouží namnožené zárodky patogena, chorobné rostliny, infikovaná zemina apod. Infekce se aplikuje postřikem, poprachem, injekčně, vtíráním do listů, infikovanou půdou apod.

K hodnocení odolnosti se používá bonitační stupnice 1 - 9 bodů (1 - náchylná, 9 - odolná), nebo se vyjadřuje % napadené plochy, počtem (%) napadených či odolných jedinců.

Šlechtění na odolnost vůči škůdcům

Škůdci mohou způsobovat na rostlinách značné škody. Šlechtění na odolnost je velmi náročné a často bezúspěšné.

Reakce rostlin na poškození závisí na:

- době a stupni poškození,
- životaschopnosti rostlin,
- podmínkách pro růst a vývoj.

Rezistence je podmíněna souborem dědičných vlastností a znaků rostlin (odrůdy), které vedou k nižšímu stupni napadení škůdcem v porovnání s neodolnou rostlinou (odrůdou). Rostliny reagují např. tvorbou kalusů, závalů či regenerují.

Faktory podmiňující rezistenci se řadí do 3 základních mechanismů (HAVLÍČKOVÁ, 1992):

- *nonpreference* (také antixenoza), což je opomíjení rostlin škůdcem (je

odpuzován),

- *antibioza*, což je negativní působení hostitele na růst a vývoj škůdce,
- *tolerance*, což je schopnost rostlin kompenzovat ztráty vyvolané škůdcem.

Odolnost se většinou projevuje sníženou početností populace škůdce.

Za mechanismy odolnosti ve šlechtění se většinou využívá hlavně tzv. *pasivní odolnosti*, která je založena na anatomických a morfologických, případně na biochemických a fyziologických zvláštnostech

Genetická rezistence je skoro vždy vázána na fyziologické a morfologické zvláštnosti (HAVLÍČKOVÁ, 1987). Za příklad znalosti genetiky odolnosti je tetrasomicky založená dominantní odolnost (genem D_1) brambor vůči háďátku bramborovému.

V některých případech se projevuje vertikální typ odolnosti s geny dominantními i recesivními proti fyziologickým specializacím uvnitř druhu škůdce. Je i horizontální typ rezistence.

Obtížnost šlechtění na odolnost je způsobena:

- neznámou genetickou podstatou odolnosti, nebo její složitostí,
- chybějícími genetickými zdroji odolnosti,
- nepropracovanými postupy a metodami testování odolnosti,
- převládajícím empirickým přístupem,
- omezenými možnostmi v rozšíření genetického základu rezistence.

Šlechtění na nepoléhavost

Týká se plodin stébelných (obilnin) a plodin s vysokou lodyhou (olejniny, bob, len). Odolnost k poléhání je vlastnost složitá a pro jednotlivé druhy specifická (př. hrách), neboť je závislá vždy na několika geneticky podmíněných znacích a na vnějších podmínkách. Ztráty na výnosu a kvalitě produktu mohou v důsledku polehnutí být vysoké, a to v závislosti na druhu plodiny a době polehnutí.

Stupeň odolnosti k poléhání ovlivňují nebo podmiňují:

- z vnějších vlivů : půda, podnebí, počasí, hustota a stav porostu, výživa porostu, choroby,
- z vnitřních vlivů : anatomická a morfologická stavba stébla či lodyhy, výška rostliny, elasticita lodyhy a stonku, mohutnost kořenové soustavy, odolnost k chorobám aj.

Genetika odolnosti je složitá a ne příliš objasněná. Jsou známy jen dílčí poznatky, např. délku stébla u pšenice podmiňují major geny *Rht* s komplementárním účinkem, u žita jsou známy geny recesivního (*ct*) a také dominantního (*Hl*) účinku ovlivňující délku stébla.

Nejvíce používanou **metodou šlechtění** je křížení, případně indukovaná mutageneze.

K **testování a zkoušení** odolnosti se používá přehnojení N nebo vydatná závlaha. Účinné je hodnocení stavu porostu po silném dešti (bouřce) ve šlechtitelských školkách. Je známa i řada laboratorních metod nepřímého hodnocení odolnosti. Na stupeň odolnosti k poléhání se usuzuje podle počtu a délky meziuzlí (kolének) na stéble, případně podle hmotnosti určitého počtu stébel nebo lodyh.

Šlechtění na odolnost k výdrolu a vypadávání semen

Jedná se o odolnost k výdrolu zrn z klasu (lat) u obilnin, odolnost k lámání klasového vřetene u ječmene, k vypadávání zrn z lusků, šesulí, k vypadávání semen máku z tobolky, ulamování palic u kukuřice a pod.. Stupeň odolnosti ovlivňují geneticky

podmíněné anatomicko - morfologické znaky obalů zrn obilnin lusků, šesulí (stupeň uzávěru pluch a chlopní), tvar zrna a semen a pevnost jeho úchytu, typ tobolek máku apod. Z vnějších vlivů odolnost modifikují povětrnostní podmínky.

Genetika odolnosti není zcela a mnohdy objasněná, zpravidla se jedná o složitou dědičnou vlastnost.

Nejčastěji používanou **metodou šlechtění** je křížení se selekcí odolných (odolnějších) jedinců a potomstev, případně indukovaná mutageneze.

Metody a způsoby **hodnocení** simulují příčiny vedoucí k výdrolu: porovnání výnosových ztrát u přezrálých porostů, mechanické nárazy a také subjektivní posouzení pevnosti uzávěru pluch, pukavosti lusků a šesulí, tobolek a pod.

Šlechtění na odolnost proti porůstání zrn (porůstavosti)

Porůstavostí rozumíme klíčení zrna v klasech (latě), v lusku. Při porůstání dochází k chemickým změnám škrobové a bílkovinné substance s následným zhoršením jakosti mouky a výrobků. Vznikají ztráty na živinách. Porostlé zrno nelze používat pro osivo ani pro potravinářské účely.

Náchylnost (odolnost) závisí na délce období tzv. *posklizňového dozrávání*, při kterém je enzymatický systém zrna inhibován. Období je různě dlouhé u druhů i u odrůd. Délku ovlivňují vnější činitele (průběh počasí, vlhko, teplo) a vnitřní činitele (morfologie klasu, fyziologické zvláštnosti posklizňového dozrávání). Jistou úlohu např. u pšenice má ekologický původ odrůdy.

Genetika odolnosti je do určité míry známá u pšenice, ječmene a má polygenní charakter.

Hlavní **metodou šlechtění** je křížení s využitím rodičů s vyšší odolností, nebo indukovaná mutageneze.

K **hodnocení a prověřování** stupně odolnosti se používají laboratorní metody v provokačním prostředí na vzorcích klasů. Využívá se metoda stanovení čísla pádu u pšenice a žita.