

Historie a úloha šlechtění rostlin ve společnosti

Zemědělství je záměrné pěstování a sklizeň rostlin a chov zvířat. Tato činnost má dopad na společnost a prostředí; je nezbytná pro výživu člověka a jeho další činnosti v některých odvětví průmyslu (např. textilní).

Šlechtění rostlin je odvětvím zemědělství, které se zaměřuje na využívání pravidel dědičnosti u rostlin s cílem tvorby nových a zlepšených typů rostlin pro následné využití společností, člověkem. Člověk si je vědom široké **diverzity** u rostlin, i diverzity jejích produktů. Preferuje určité variety plodin určených k výživě nebo květin. Některé varianty jsou vytvořené přírodou, jiné jsou nově vytvářeny přičiněním odborníků-šlechtitelů. Různé odlišné typy vznikly na základě křížení. **Nástroje a metody šlechtění** se postupně během let vyvíjely. Existuje několik mezníků v technologii šlechtění rostlin. Tato kapitola je věnována stručnému přehledu šlechtění rostlin, včetně jeho krátké historie a výhod pro lidskou společnost.

Po projití této kapitoly by studenti měli pochopit následující:

1. Jaké jsou historické prameny šlechtění rostlin.
 2. V čem spočívá důležitost šlechtění rostlin pro lidskou společnost.
 3. Jaké jsou cíle šlechtění rostlin.
 4. Jaké jsou trendy ve šlechtění rostlin.
 5. Hlavní mezníky ve šlechtění rostlin.
 6. Současné výsledky šlechtění rostlin.
 7. Budoucnost šlechtění rostlin ve společnosti.
-

Co je šlechtění rostlin?

Šlechtění rostlin je **záměrné a cílené úsilí člověka** „pomoci“ přírodě v mezích zákonů dědičnosti a usměrnit pokrok v tvorbě rostlin konkrétních vlastností (konkrétních genotypů). Změny dosažené u rostlin šlechtěním jsou stálé a dědičné. Odborníci, kteří provádějí tento proces jsou **šlechtitelé**. Odborníci proto, že mají v této oblasti vzdělání, odborné znalosti a zkušenosti. Úsilí upravit *status quo* rostlin je poháněn snahou člověka **zlepšit** určité vlastnosti rostlin, zlepšit stávající funkce nebo **zavést nové** funkce a vlastnosti. V důsledku toho se používá v poslední době jako synonymum pro šlechtění rostlin zlepšování rostlin (angl. plant improvement).

Šlechtit rostliny často znamená využívat **pohlavní způsob rozmnožování**, tím je dosahováno žádoucích změn; moderní šlechtění zahrnuje také **nepohlavní rozmnožování**. Šlechtění je tedy manipulace s vlastnostmi rostlin tak, aby měly pro člověka co největší užitek. Ne všechny znaky je člověk schopen upravovat-zlepšovat.

Některé typy změn zahrnují genetické manipulace tzv. **biotechnologie**. Snad nejkontroverznější je **transgenoz**, technologie, kdy dochází k cílenému přenosu genů navzdory přirozeným biologickým bariérám.

Šlechtitelé se specializují na šlechtění různých skupin rostlin – plodin (tj. sója, bavlník), zelenin, okrasných rostlin, ovocných dřevin (citrusy, jabloně), píce (vojtěška, trávy), trav určených pro trávníky s různým využitím (parky, hřiště). Každý šlechtitel se zaměřuje na

jeden konkrétní druh z určité skupiny. Dochází k jejich specializaci, tím zvýšení odbornosti. Každý druh má svoji biologii, zákonitosti, proto je specializace důležitá.

Cíle šlechtění rostlin

Šlechtitelé využívají různé **technologie a metodologie** k dosažení konkrétních cílů a změn v charakteru rostlin. Nové nástroje se zavádějí tehdy, jestliže staré nevedou k žádanému cíli, jsou zastaralé, a k dispozici jsou nové.

Cíle jsou definovány na základě faktorů jako jsou požadavky producentů, požadavky konzumentů, preference konzumentů, dopad na životní prostředí. Šlechtitelé se snaží zjednodušit a zefektivnit práci zemědělců.

Mohou modifikovat strukturu rostlin tak, aby odolávala poléhání a tím usnadňují mechanickou sklizeň.

Mohou vytvářet rostliny, které odolávají škůdcům, takže farmář nemusí aplikovat pesticidy nebo jen jejich malé množství. To znamená menší znečištění přírodního prostředí zemědělskými zdroji.

Šlechtitelé mohou vytvářet výnosné odrůdy (nebo-li kultivary), takže farmář-zemědělec vypěstuje více pro trh podle nároků zákazníka. Termín **odrůda (kultivar)** se používá pro záměrné vytvoření určité varianty a bude se o něm ještě více hovořit později.

Šlechtitel může vytvořit potraviny s vyšší nutriční hodnotou a chutnější. Vyšší nutriční hodnota znamená snížení nemocnosti ve společnosti (např. vitamin A nezbytný pro dobrý zrak, obecně vitaminy a minerály), což způsobuje konzumace potravin chudých na určitou živinu, nebo více živin. To je běžné v rozvojových zemích, kde stěžejní plodinou je rýže nebo kasava, a ty postrádají určité esenciální aminokyseliny nebo živiny.

Šlechtitelé se dále zaměřují na produkci průmyslových surovin z technických plodin – vlákna s určitými vlastnostmi, jako se pevnost, a plodiny jako je bavlník, len; olej z olejnin určitých vlastností a složení, jako je vysoké množství konkrétních mastných kyselin, vysoký obsah olejové kyseliny ze semen slunečnic.

Jsou schopni vytvářet rostliny, které jsou tzv. bioreaktory produkujícími určité farmakologické látky (angl. biofarming, farming).

Technologické schopnosti, kapacita, potřeby a cíle šlechtění společnosti v dřívějším období jsou víceméně stejné jako dnes. Dnes jsou metody doplněny o nové nástroje, jsou efektivnější, rychlejší. Některé nástroje jsou zcela nové, které dříve nebyly známé, jako je přenos žádoucích genů prostřednictvím *Agrobacterium tumefaciens*.

Koncepce genetické manipulace - zlepšování vlastností rostlin na základě principů genetiky

Jestliže máme zlepšit znak nebo vlastnost, musíme změnit genetickou podstatu – genotyp, nebo prostředí, ve kterém se geny exprimují. Měnit prostředí znamená měnit růstové podmínky (ne genotyp). Toho lze dosáhnout agronomickými zásahy a vklady jako je hnojení a zavlažování. Tento přístup je vhodný u určitých znaků. Jestliže tyto vklady nejsou, znak se vrací na původní úroveň. Na druhé straně se šlechtitelé snaží modifikovat rostliny s ohledem na expresi určitých znaků prostřednictvím modifikace genotypu, zacílením na konkrétní geny. Takový přístup má za následek změnu, která je trvalá, přenáší se na potomky.

Proč je nutné šlechtit rostliny?

Rostliny poskytují potraviny, krmivo, suroviny pro průmysl, farmaceutické látky, úkryt pro člověka, jsou protierozním prvkem. Rostliny se využívají také k estetickým a dalším funkčním účelům v krajině i v interiérech.

Rostlinné druhy jako celosvětově využívané potraviny a krmiva s nutriční hodnotou

Jednou z nejdůležitějších funkcí rostlin je poskytování potravin rostlinného původu pro člověka. Výživa je jeho základní potřebou. Rostliny jsou primárními producenty v **ekosystému** (společenstvo živých organismů včetně všech neživých faktorů v prostředí). Bez nich by život na Zemi nebyl možný. Nejvíce využívané k výživě člověka jsou obilniny (Tab. 1.1). Šlechtění zvyšuje hodnotu plodin tím, že zlepšuje nutriční kvalitu produktů a zvyšuje výnosy. Tím vytváří i předpoklady pro zdravou výživu lidí a jejich zdraví. Některé plodiny mají nedostatek určitých základních živin v takovém rozsahu, že pokud tvoří stěžejní potravinu, může být s touto deficiencí spojen rozvoj určitých chorob. Např. obilniny mají nedostatek aminokyselin lysinu a threoninu, luskoviny zase methioninu a cysteinu. Šlechtění obohacuje plodiny o tyto složky bílkovin a zlepšuje tím jejich nutriční hodnotu. Rýže, jako druhá hlavní plodina světa, má nedostatek provitaminu A (prekurzor vitamínu A). Projekt „zlatá rýže“ prováděný International Rice Research Institute (IRRI) na Filipínách a v jiných částech světa byl zaměřen na tvorbu první odrůdy rýže obsahující provitamin A. Odhadem 800 milionů lidí na světě, včetně 200 milionů dětí, trpí chronickým nedostatkem vitamínu A. Tento problém existuje v hlavně v rozvojových zemích.

Tab. 1.1. Přehled 25 hlavních plodin světa seřazených podle jejich roční produkce v tunách.

1	Pšenice	11	Čirok	21	Jabloň
2	Rýže	12	Cukrová třtina	22	Yam
3	Kukuřice	13	Proso, jáhly	23	Podzemnice olejná
4	Brambory	14	Banánovník	24	Cukrový meloun
5	Ječmen	15	Rajče	25	Zelí hlávkové, kapusta
6	Sladké brambory	16	Cukrová řepa		
7	Kasava	17	Žito		
8	Vinná réva	18	Pomerančovník		
9	Sója	19	Kokosovník		
10	Oves	20	Bavlník		

Šlechtění zajišťuje **vyšší stravitelnost** některých produktů, redukuje obsah jejich toxických látek. Vysoký obsah **ligninu** snižuje hodnotu rostlin jako krmiva pro zvířata. Toxické látky se vyskytují i v hlavních plodinách; **alkaloidy** v yamu, **kyanogenní glykosidy** v kasavě, **inhibitory trypsinu** v luštěninách a **steroidní alkaloidy** v bramborách. Šlechtitelé pěstují mimo jiné zlepšují kvalitu rostlin – vysokou **stravitelnost** (vysoký nutriční profil) jako píče pro dobytek.

Požadavky potravin pro zvyšování počtu lidské populace

Navzdory zdvojnásobení lidské populace za poslední tři desetiletí, přiměřené zvyšování zemědělské produkce stačí uspokojit tomu odpovídající rostoucí nároky na spotřebu potravin.

Avšak další tři miliardy lidí, o které se pravděpodobně rozroste lidská populace v následujících třech desetiletích, budou vyžadovat expanzi světových zásob potravin, aby stačily uspokojit tuto rostoucí potřebu. Bohužel zásoby orné půdy jsou nedostatečné, což pramení např. z toho, že byly v minulosti kultivovány nebo poskytnuty na rozvoj měst. V důsledku toho je nutné na menší ploše vypěstovat více potravin. Toto vyžaduje produkci nových vysoce výnosných odrůd. Během let se **výnos** (Obr. 1.1) dramaticky zvýšil i v důsledku úsilí šlechtitelů. Další hlavní problém je skutečnost, že většina populace žije v rozvojových zemích, kde zdroje pro výživu lidí jsou již značně napnuté v důsledku přírodních nebo člověkem způsobených katastrof nebo neefektivních politických systémů.

Potřeba přizpůsobit rostliny stresům prostředí

Jev globálních **změn klimatu**, kterých jsme v posledních letech svědky, jsou částečně zodpovědné za modifikaci prostředí pro produkci plodin; některé oblasti jsou stále sušší, jiné zasolenější. To znamená, že nové odrůdy je nutné šlechtit pro nové podmínky prostředí. Vyspělé země jsou schopné počítat s vlivy nevhodného počasí přizpůsobením se tomuto prostředí (např. zavlažování). Chudé země jsou takovými výkyvy zcela zdevastovány. Např. odrůdy odolné suchu jsou prospěšné v oblastech s nestálými srážkami. Šlechtitelé tak jsou nuceni vyšlechtit typy odolné k různým podmínkám – choroby, hmyz (biotické stresy), sůl, sucho, vysoké a nízké teploty (abiotické stresy). Tvorba odrůd necitlivých ke změnám fotoperiody by umožnila rozšíření plodin původně citlivých k fotoperiodě i v jiných oblastech.

Potřeba přizpůsobit plodiny ke specifickému produkčnímu systému

Existence různých produkčních systémů znamená např. produkci při zavlažování a bez zavlažování, produkci mechanizovanou a nemechanizovanou. Např. u rýže jsou nezbytné různé typy odrůd pro vyšší polohy a pro zaplavovaná rýžová pole. Organický systém produkce, kde je použití pesticidů zcela vyloučeno, výrobci potřebují odrůdy odolné vůči hmyzu a chorobám.

Tvorba nových okrasných odrůd rostlin

Také se daří šlechtění odrůd nových okrasných rostlin. Hlavní je estetické hledisko, pravidelně se objevují nové odrůdy s novými barvami a dalšími morfologickými znaky (velikost, tvar, výška). Vytvářejí se také nové odrůdy zelenin a ovoce se zlepšeným výnosem, vyšší nutriční hodnotou, s vyšší adaptací.

Dobré průmyslové zpracování

Zpracované potraviny jsou hlavní složkou světového zásobovacího systému potravinami. Jiné požadavky jsou na čerstvé produkty a jiné na ty, které se dále průmyslově zpracovávají (např. stolní hrozny x vinná réva pro produkci vína).

Jedním z důvodů, proč geneticky modifikované (GM) rajče FlavrSavr[®] (první GM plodina schválená jako potravina) neuspělo, byl ten, že rajče bylo určeno jako stolní, čerstvé rajče, ale gen byl vnesen na genetické pozadí odrůdy rajčete, které bylo určeno pro průmyslové zpracování.

Různé trhy mají různé potřeby; s tím je také třeba počítat. Např. brambory jsou určeny jako potravina pro přímou konzumaci, ale i pro další průmyslové zpracování. Šlechtí se různé odrůdy pro odlišnou kuchyňskou úpravu - pečení, vaření, smažení, čipsy, škrob. Tyto jednotlivé odrůdy se liší velikostí, určitou váhou, obsahem cukru aj. vlastnostmi. Vysoký obsah cukru je nevhodný pro smažení nebo čipsování, protože cukr za vyšších teplot karamelizuje a vzniká nežádoucí hnědé zbarvení.

Historie šlechtění

Šlechtění rostlin jako vědomá činnost člověka má starověký původ.

Původ zemědělství a šlechtění

Ve své primitivní formě začalo šlechtění po vzniku zemědělství, kdy se lidé přeorientovali z lovců a sběračů na pěstitele a chovatele vybraných druhů rostlin a živočichů. Změna nastala postupně, kdy se rostliny pomalu přeměňovaly z divokých forem na rostliny závislé na člověku, na jeho péči, a vznikaly zdomácnělé (domestikované) formy. Zemědělství je vlastně vynález. Během počátků zemědělství člověk objevil základní šlechtitelskou metodu – **selekci**, tj. schopnost odlišit různé biologické varianty v populaci, identifikovat a vybírat ty žádoucí varianty. Selekcce tedy předpokládá existenci této variability (rozmanitosti). Na začátku šlechtění byla rozmanitost jen přirozeně se vyskytující. Selekcce byla založena pouze na intuici, zkušenosti. Taková selekcce se praktikuje dodnes farmáři v primitivních ekonomikách. Dnes se využívají vědecké metody, které činí proces selekcce přesnější, spolehlivější a hlavně efektivnější.

Šlechtění rostlin před Mendelem, objev principů genetiky

Archeologické nálezy naznačují, že již Asyřané a Babylóňané uměle opylovali palmu datlovou alespoň 700 let př.n.l.

Rudolf Camerer z Německa se zasloužil o první informaci o pohlavním rozmnožování u rostlin r. 1694. Na základě experimentů zjistil, že pyl ze samčích květů byl nevhodný pro oplození a tvorbu semen u samičích rostlin. Jeho práce byla zaměřena na monoecické rostliny (jednodomé; rostliny s tyčinkovými i pestíkovými květy) v různých částech rostliny – např. kukuřice.

Josef Kölreuter jako první prováděl hybridizaci, tj. křížení geneticky odlišných rodičů u řady druhů; 1760 až 1766.

Thomas Fairchild (Angličan) prováděl r. 1717 mezidruhovému křížení – křížení rostlin dvou odlišných druhů, *Dianthus barbatus* x *D. caryophyllis*. Získal hybrida.

Další jev popisuje pozorování Američana Cotton Mater r. 1716, kdy ze zrn sklizených ze žluté kukuřice vyrůstaly rostliny s modrými a červenými zrny. To předpokládalo přirozené cizosprašení.

Právě kukuřice byla extenzivně šlechtěna. Již r. 1846 Robert Reid z Illinois vytvořil tzv. Reidův Yellow Dent.

Významná je práce švédského botanika Carl Linné (1707 – 1778), která vyvrcholila v binomický systém klasifikace rostlin a také přispěla k modernímu šlechtění.

Lous Leveque de Vilmorin r. 1727 založil ve Francii první instituci věnovanou šlechtění rostlin a tvorbě nových odrůd (Vilmorin Breeding Institute).

Vybrané mezníky šlechtění jsou shrnuty v Tab. 1.2.

Tab. 1.2. Vybrané mezníky šlechtění rostlin.

Před n.l.	První důkaz domestikace rostlin na kopcích nad řekou Tigris
9000	
3000	Dokončení domestikace všech důležitých plodin ve Starém světě
1000	Dokončení domestikace všech důležitých plodin v Novém světě
700	Asyřané a Babylóňané uměle opylovali palmu datlovou

n.l. 1694	Camerer z Německa první demonstroval pohlavnost u rostlin, křížení považoval za metodu získání nových rostlinných typů
1716	Mather z USA pozoroval výsledky přirozeného křížení u kukuřice
1719	Fairchild vytvořil prvního umělého mezidruhového hybridu (karafiát x sweet william)
1727	Společnost Vilmorin ve Francii zavedla metodu hodnocení potomstev ve šlechtění
1753	Linné publikoval dílo Species plantarum, binomická nomenklatura
1761-1766	Kölreuter (Německo) doložil, že potomek hybridu získává znaky obou rodičů a je intermediální ve většině znaků; vytvořil prvního hybridu u tabáku
1847	Tvorba kukuřice Yellow Dent
1866	Mendel publikoval svoje objevy v díle Experimenty s hybridizací rostlin, formuloval zákony dědičnosti a objevil jednotky dědičnosti – geny
1899	Hopkins popsal selekční metodu ve šlechtění kukuřice
1900	Mendelovy zákony dědičnosti byly znovuobjeveny nezávisle Corrensem (Německo), de Vriesem (Holandsko) a von Tschermakem (Rakousko)
1903	Teorie čistých linií
1904-1905	Nilsson-Ehle předpokládal vícefaktoriální podstatu dědičnosti barvy perikarpu u pšenice
1908-1909	Hardy (Anglie) a Weinberg (Německo) formulovali zákon rovnováhy v populacích
1908-1910	East publikoval svoji práci o inbrídingu
1909	Schull prováděl rozsáhlý výzkum s inbredními liniemi při tvorbě hybridů
1917	Jones vytvořil prvního komerčního hybridu kukuřice
1926	Založena první semenářská společnost Pioneer Hi-bred Corn Company
1934	Dustin objevil kolchicin
1935	Vavilov publikoval dílo Vědecké základy šlechtění rostlin
1940	Harlan použil hromadnou selekci jako šlechtitelskou metodu
1944	Avery, MacLeod a McCarty objevili, že DNA je podstatou dědičnosti
1945	Hull navrhl rekurentní selekci ve šlechtění
1950	McClintock objevila systém transpozonů <i>Ac-Ds</i>
1953	Watson, Crick a Wilkins navrhli model struktury DNA
1970	Borlaug získal Nobelovu cenu za Zelenou revoluci
	Berg, Cohen a Boyer zavedli metodu rekombinantní DNA
1994	Rajče FlavrSavr [®] vytvořeno jako první geneticky modifikovaná potravinu určená pro trh
1995	Vytvořena <i>Bt</i> -kukuřice
1996	Zavedena sója RoundupReady [®]
2004	Vytvořena pšenice RoundupReady [®]

Postmendelistická éra

Moderní šlechtění je založeno na principech genetiky; některé z nich objevil J. G. Mendel. Jeho dílo bylo publikováno r. 1865. Objasňuje, jak jsou faktory pro konkrétní znaky přenášeny z rodičů na potomky a do dalších generací. Mendelovo dílo položilo základ koncepcí genu a vědního oboru genetiky.

Jednou z prvních aplikací genetiky ve šlechtění byla práce dánského botanika Wilhelma Johannsena, který r. 1903 formuloval teorii čistých linií na základě práce s hrachem. Jeho práce potvrdila dřívější pozorování, že metodu selekce je možné použít pro tvorbu

uniformních odrůd selekcí z potomstva jedné samosprašné plodiny opakovaným samosprašením a získáním vysoce homozygotních linií, které jsou následně kříženy.

H. Nelson ukázal, že jednotka selekce je rostlina. Produkty křížení jsou hybridy, kteří mohou překonat oba rodiče v konkrétním znaku (tzv. hybridní zdatnost). Hybridní zdatnost nebo-li heteroze je základem moderních hybridních programů (př. kukuřice).

R. 1919 D. F. Jones zavádí jednoduché křížení a koncept dvojnásobného křížení, což znamená tvorbu dvou- a čtyřliniových hybridů. Je to základ tvorby komerčních hybridů u kukuřice s cílem zvýšení efektivnosti a ekonomičnosti produkce osiva.

Aplikace genetiky přinesla po letech úspěchy. Jedním z nich je tvorba zakrslých odrůd pšenice a rýže, které jsou lépe adaptabilní v subtropických oblastech světa. Tento způsob pěstování dramatickým způsobem změnil produkci potravin v těchto oblastech. Postup byl nazván **Zelená revoluce**.

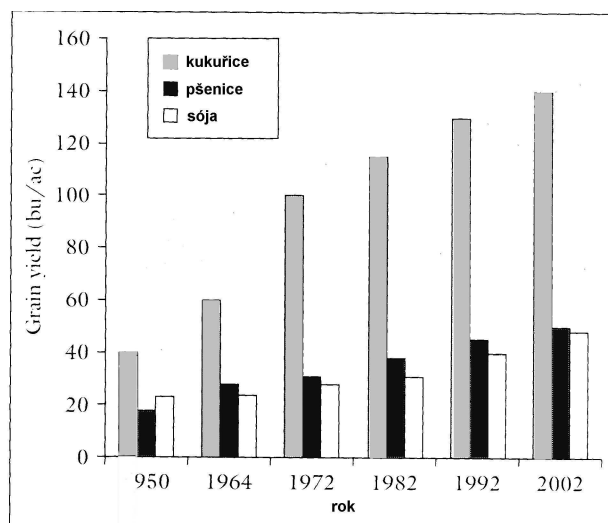
Mutagenese se ve šlechtění začala využívat ve 20. letech 20. století, kdy byl objeven vliv paprsků X na zvýšení variability rostlin. Mutační šlechtění se rozvíjelo hlavně po 2. světové válce, kdy vědci začali využívat k indukci mutací další částice – alfa, protony, gama záření. Mutagenese byla využita k tvorbě řady mutantních odrůd.

Výsledky moderního šlechtění rostlin

Zvyšování výnosů

Hlavním parametrem šlechtitelské práce je zvyšování produkce konkrétní plodiny. Během let došlo ke skutečně významnému zvýšení výnosů u všech hlavních plodin. Např. výnos kukuřice se v USA zvýšil od r. 1940 (2 000 kg/ha) do 90. let (7 000 kg/ha) více než 3krát. V Anglii se výnos pšenice během 40 let také zvýšil 3krát z 2 000 kg/ha na 6 000 kg/ha. Je to způsobeno vlivem využití genetického potenciálu plodiny, především zvýšením odolnosti k chorobám, ale také zlepšením zemědělské praxe (aplikace hnojiv, zavlažování).

Obr. 1.1. Zvyšování výnosů tří hlavních plodin za jedno tisíciletí.



Změny v obsahu látek

Zlepšuje se nutriční kvalita některých plodin. U kukuřice se zvyšuje obsah lysinu a kvalita bílkovin. Produkují se různé typy pšenice pro různé zpracování: chléb, těstoviny, koláče, semolina. Genové inženýrství umožnilo produkci slunečnic s vyšším obsahem olejů a zvýšení nutriční hodnoty (např. provitaminu A u „zlaté rýže“). Došlo k prodloužení skladovatelnosti u rajčat; bylo toho docíleno snížením exprese látek spojených s kazivostí plodů.

Zvýšení adaptability

Některé plodiny se pěstují v oblastech, kde se přirozeně nevyskytují. Proto se šlechtí odrůdy se změněnou fyziologií, tj. přizpůsobené odlišné délce dne, fotoperiodě. Nebo odrůdy necitlivé k fotoperiodě, které kvetou a dozrávají v jakékoliv fotoperiodě. Také se liší délka vegetační doby. Existují odrůdy rané, ty dokončí svůj generativní vývoj před nástupem nepříznivého počasí. Nebo to umožní dvě sklizně za sezónu.

V suchých oblastech má půda tendenci akumulovat soli. Proto je nezbytné šlechtit odrůdy odolné k půdám s vyšším obsahem solí, především NaCl a hliníku. U ječmene a rajčete existují odrůdy odolné k chladu, suchu a vyzimování.

Zelená revoluce

Úkolem moderní společnosti je vyprodukovat dostatek potravin, aby se nakrmila celá lidská populace. Thomas Maltus r. 1798 určil geometrickou řadu, kterou se zvětšují přírodní populace. Pozoroval, že lidská populace se každých 25 let zdvojnásobuje bez ohledu na svoji původní velikost. Její zvětšování se děje geometrickou řadou, zatímco zásoby potravy jen aritmetickou (při nejlepším).

Z technických pokroků ve 20. století měly hospodářský užitek především ekonomicky rozvinuté země. Hlad a podvýživa zůstaly v rozvojových zemích. Mnoho z těchto zemí je závislých na pomoci. R. 1967 prezidentův poradní výbor v USA upozornil, že problém nedostatku potravin je velký. Rockefellerova a Fordova nadace vydala výzvu k založení prvního mezinárodního zemědělského systému pro pomoc a zavedení zemědělských technologií do rozvojových zemí. Skromné začátky měly dramatický dopad na produkci potravin ve třetím světě, zvláště v Asii. Tento proces byl od r. 1968 nazýván Zelenou revolucí. **Zelená revoluce** odstartovala r. **1943**, kdy mexická vláda a Rockefellerova nadace sponzorovala projekt „Mexican Agricultural Program“ pro zvýšení produkce potravin v **Mexiku**.

První cílovou plodinou byla **pšenice** a cílem bylo zvýšení její produkce. Pomocí interdisciplinárního přístupu vědecký tým vedený **Normanem Borlaugem**, šlechtitelem pšenice, začal shromažďovat **genetické zdroje** pšenice z celého světa (východní Afriky, Středního Východu, jižní Asie, západní polokoule). Klíčový genotyp, který použil Borlaug ve svých šlechtitelských programech, byl japonský „Norin“ – zakrslý genotyp poskytnutý Butonem Baylesem z USDA a segregující (F₂) populace „Norin 10“ po křížení s „Brevor“ poskytnutá Orvillem Vogelem z USDA. Tyto zdroje byly kříženy s původní mexickou pšenicí, která byla přizpůsobená (k teplotě a fotoperiodě) pro tuto oblast a byla rezistentní k chorobám; měla však nízký výnos a byla náchylná k poléhání. Tento tým vyšlechtil odrůdu odolnou k poléhání v důsledku introdukce genů pro zakrslost ze severoamerických kultivarů. K tomuto průlommu došlo r. **1953**. Dalším křížením a selekcí vznikly první mexické zakrslé odrůdy pšenice „**Penjamo 62**“ a „**Pitic 62**“. Tyto dva hybridy společně s dalšími odrůdami dramaticky změnilo výnosy v Mexiku a udělaly Mexiko hlavní zemí pro export pšenice. Úspěšné odrůdy byly zavedeny v Pákistánu, Indii a Turecku r. 1966 s podobným výsledkem.

Výnosy pšenice se zvýšily z 300 tisíc na 2,6 mil. tun /rok. Výnosy z hektaru se zvýšily z 750 na 3 200 kg, tj. více než **4krát**.

Mexický model – interdisciplinární přístup, mezinárodní tým – byl zopakován u **rýže** na **Filipínách** r. **1960**. Cílem týmu bylo zvýšit výnosy rýže. Také byly shromažďovány genové zdroje rýže. Předpokládalo se, že zakrslé genotypy stejně jako u pšenice, budou odolné k poléhání. R. 1966 IRRI uvolnilo řadu zakrslých odrůd pro farmáře na Filipínách. Nejúspěšnější byla IR8, která byla raná (120 dní do dozrání), což umožnilo v některých oblastech získat dvě sklizně za rok. Krátké a pevné stonky zlepšených zakrslých kultivarů byly odolné k poléhání. Nezakrslé původní genotypy měly nízký výnos zrn.

Produkce obilnin v Asii se v letech 1970 až 1995 zdvojnásobila, populace se zvýšila o 60%. Úspěch Zelené revoluce nezasáhl sub-saharskou Afriku, oblast s trvalým nedostatkem potravy, především kvůli nedostatku infrastruktury a omezeným zdrojům. N. Borlaug získal r. 1970 Nobelovu cenu za mír za úsilí boje proti hladu.

Budoucnost šlechtění rostlin

1. Nové cíle šlechtění rostlin

Tradiční funkce šlechtění jsou – potraviny, krmiva, vlákna pro průmysl, okrasné druhy – ty budou pokračovat. K novým cílům patří například zvýšení kvality prostřednictvím zvýšení obsahu jednotlivých vitamínů nebo minerálů v potravinách.

Nové technologie využívání rostlin jako bioreaktorů k produkci farmaceutických látek – tvorba protilátek vůči lidským chorobám. Byly zaznamenány úspěchy s inkorporací povrchových antigenů *Streptococcus* do tabáku a herpes viru do sóje a rýže.

2. Nové nástroje šlechtění rostlin

Aplikace biotechnologií a genového inženýrství ve šlechtění, manipulace s kvantitativními znaky.

3. Vzdělání šlechtitelů

Zvyšují se nároky na vědomosti a zručnost jak v konvenčních tak molekulárních technikách.

4. Klíčoví hráči v průmyslu šlechtění

Vytváří se nadnárodní farmaceutické inkorporace.

5. Výnosy

Šlechtí se na adaptaci, na vyšší odolnost vůči stresům prostředí.

6. Biotechnologie

Orientace na nutriční hodnotu plodin a země třetího světa.