

Rostliny v budoucnu... ..
tradiční ... i jiné



Geneticky modifikované rostliny

Celková plocha Biotech plodin podle zemí

2008

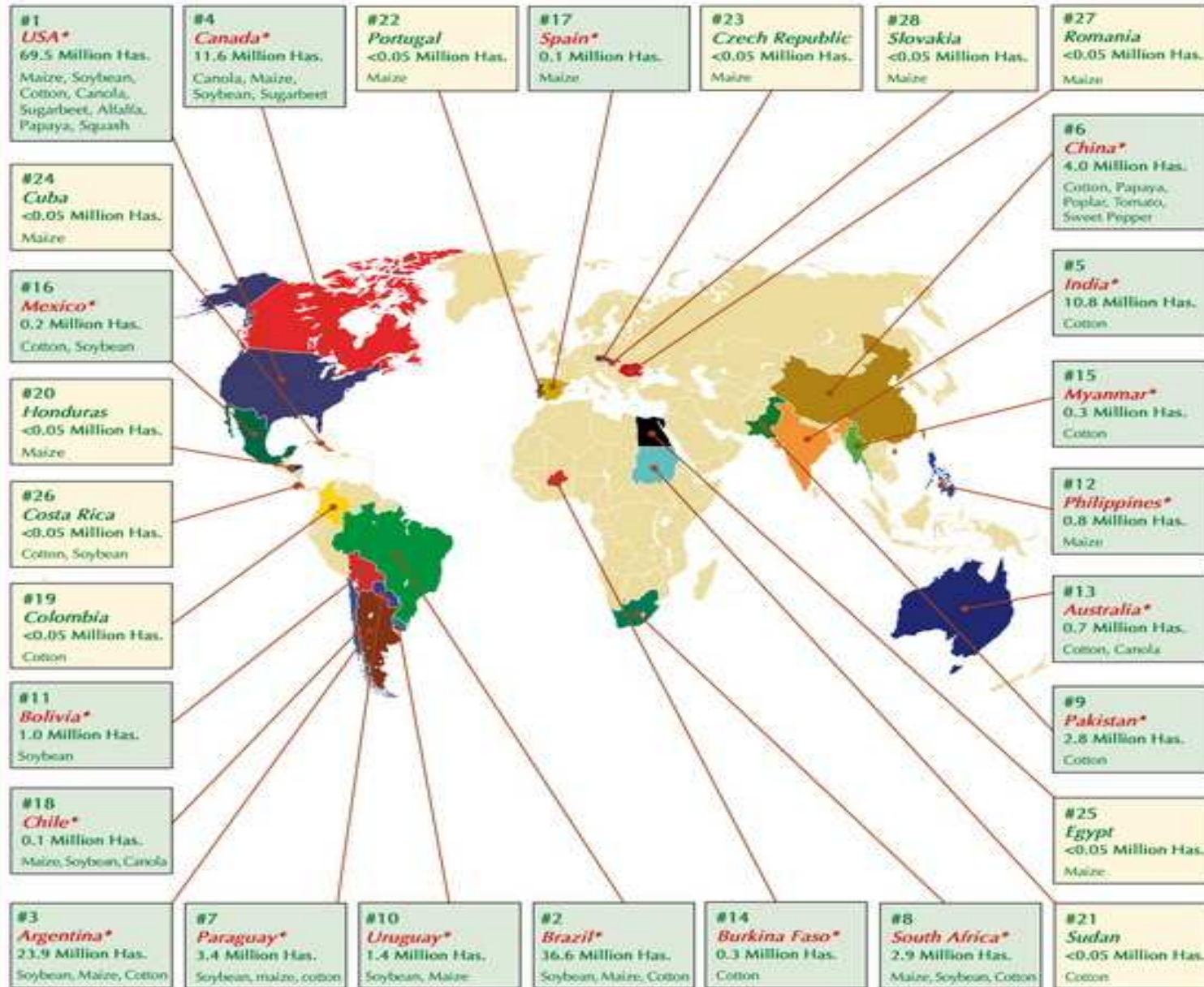
2010

2012

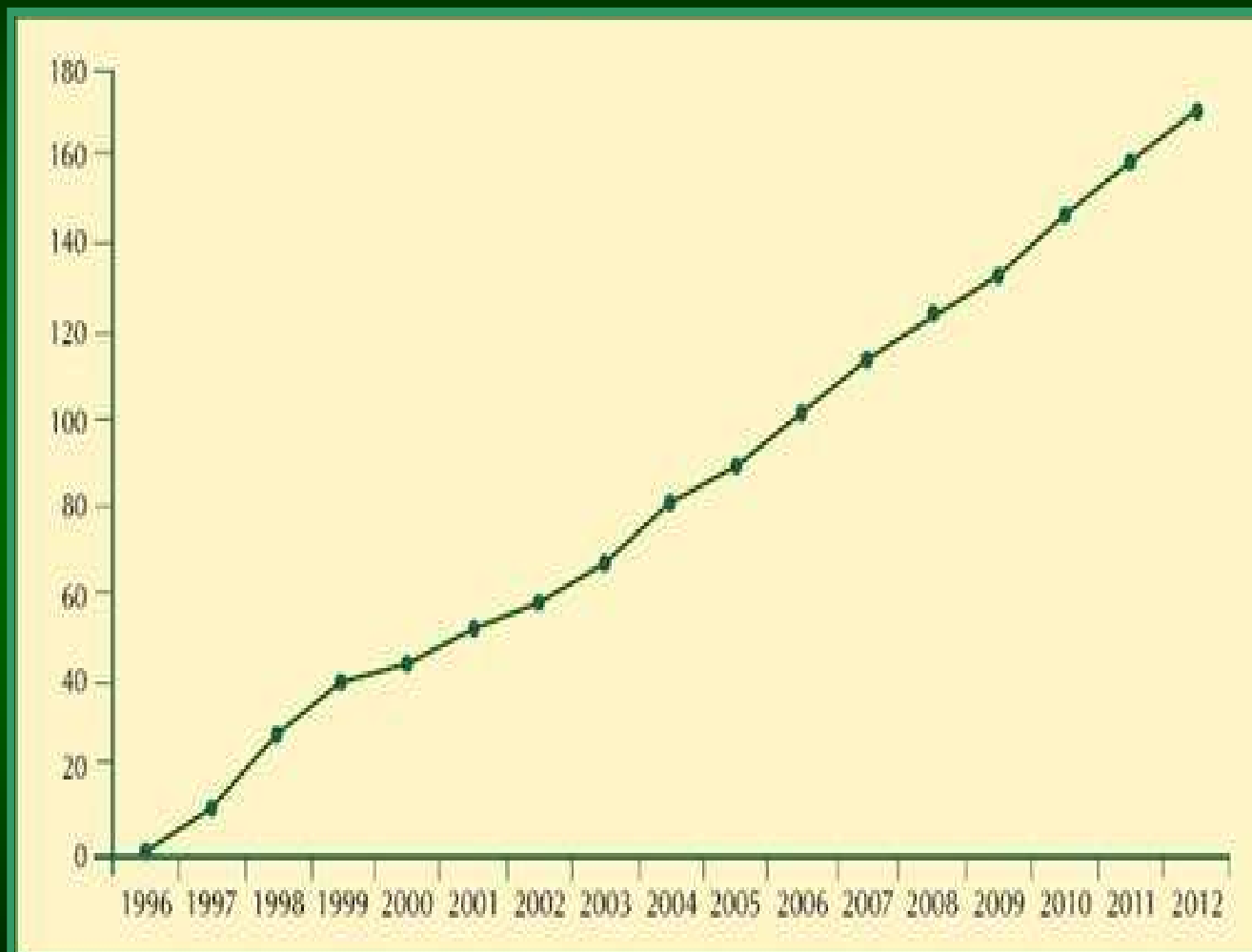
Rank	Country	Area (million hectare)	Rank	Country	Area (million hect)	Rank	Country	Area (million hectares)	Biotech Crops
1*	USA*	62.5	1	USA*	66.8	1	USA*	69.5	Maize, soybean, cotton, canola, sugarbeet, alfalfa, papaya, squash
2*	Argentina*	21.0	2	Brazil*	25.4	2	Brazil*	36.6	Soybean, maize, cotton
3*	Brazil*	15.8	3	Argentina*	22.9	3	Argentina*	23.9	Soybean, maize, cotton
4*	India*	7.6	4	India*	9.4	4	Canada*	11.6	Canola, maize, soybean, sugarbeet
5*	Canada*	7.6	5	Canada*	8.8	5	India*	10.8	Cotton
6*	China*	3.8	6	China*	3.5	6	China*	4.0	Cotton, papaya, poplar, tomato, sweet pepper
7*	Paraguay*	2.7	7	Paraguay*	2.6	7	Paraguay*	3.4	Soybean, maize, cotton
8*	South Africa*	1.8	8	Pakistan *	2.4	8	South Africa*	2.9	Maize, soybean, cotton
9*	Uruguay*	0.7	9	South Africa*	2.2	9	Pakistan*	2.8	Cotton
10*	Bolivia*	0.6	10	Uruguay*	1.1	10	Uruguay*	1.4	Soybean, maize
11*	Philippines*	0.4	11	Bolivia*	0.9	11	Bolivia*	1.0	Soybean
12*	Australia*	0.2	12	Australia*	0.7	12	Philippines*	0.8	Maize
13*	Mexico *	0.1	13	Philippines*	0.5	13	Australia*	0.7	Cotton, canola
14*	Spain *	0.1	14	Myanmar*	0.3	14	Burkina Faso*	0.3	Cotton
15	Chile	<0.1	15	Burkina Faso*	0.3	15	Myanmar*	0.3	Cotton
16	Colombia	<0.1	16	Spain*	0.1	16	Mexico*	0.2	Cotton, soybean
17	Honduras	<0.1	17	Mexico*	0.1	17	Spain*	0.1	Maize
18	Burkina Faso	<0.1	18	Colombia	<0.1	18	Chile*	<0.1	Maize, soybean, canola
19	Czech Republic	<0.1	19	Chile	<0.1	19	Colombia	<0.1	Cotton
20	Romania	<0.1	20	Honduras	<0.1	20	Honduras	<0.1	Maize
21	Portugal	<0.1	21	Portugal	<0.1	21	Sudan	<0.1	Cotton
22	Germany	<0.1	22	Czech Republic	<0.1	22	Portugal	<0.1	Maize
23	Poland	<0.1	23	Poland	<0.1	23	Czech Republic	<0.1	Maize
24	Slovakia	<0.1	24	Egypt	<0.1	24	Cuba	<0.1	Maize
25	Egypt	<0.1	25	Slovakia	<0.1	25	Egypt	<0.1	Maize
			26	Costa Rica	<0.1	26	Costa Rica	<0.1	Cotton, soybean
			27	Romania	<0.1	27	Romania	<0.1	Maize
			28	Sweden	<0.1	28	Slovakia	<0.1	Maize
			29	Germany	<0.1				
			Total		148.0	Total		170.3	

* 14 biotech mega-countries growing 50,000+ hectares of biotech crops
Source: Clive James, 2008.

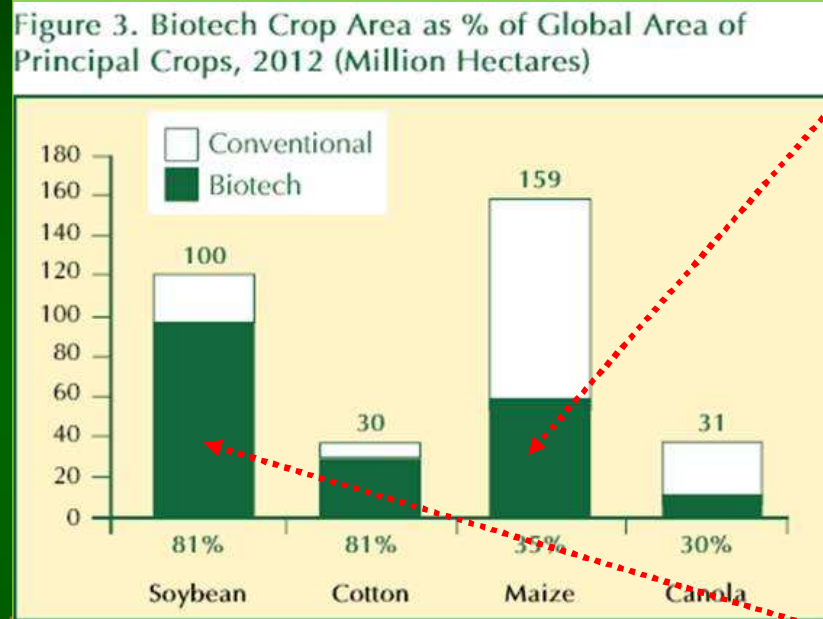
Biotech Crop Countries and Mega-Countries*, 2012



Celková plocha biotech plodin 1996-2012 (10^6 ha)



**Nejčastěji pěstované:
kukuřice, sója, bavlna, řepka**



00 řepka ≡ "canola" (**C**anadian **o**il, **l**ow **a**cid)
bez kys. erukové a glukosinolátů

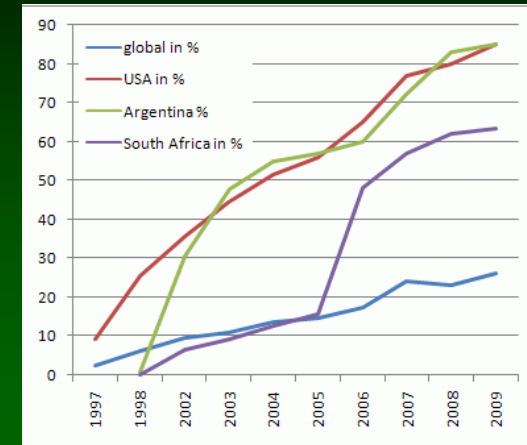
GM canola - rezistence k herbicidu

Bt-bavlna

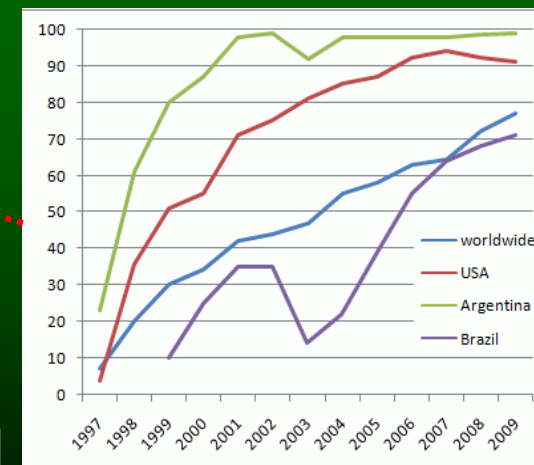
larva černopásky bavlníkové
(*Helicoverpa armigera*) na tobolce bavlníku



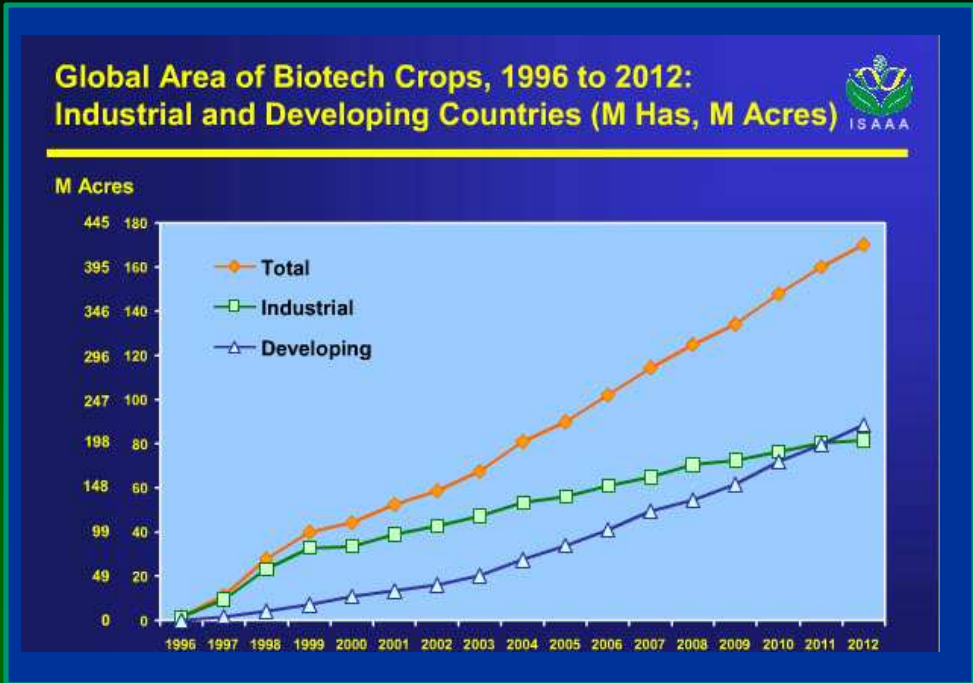
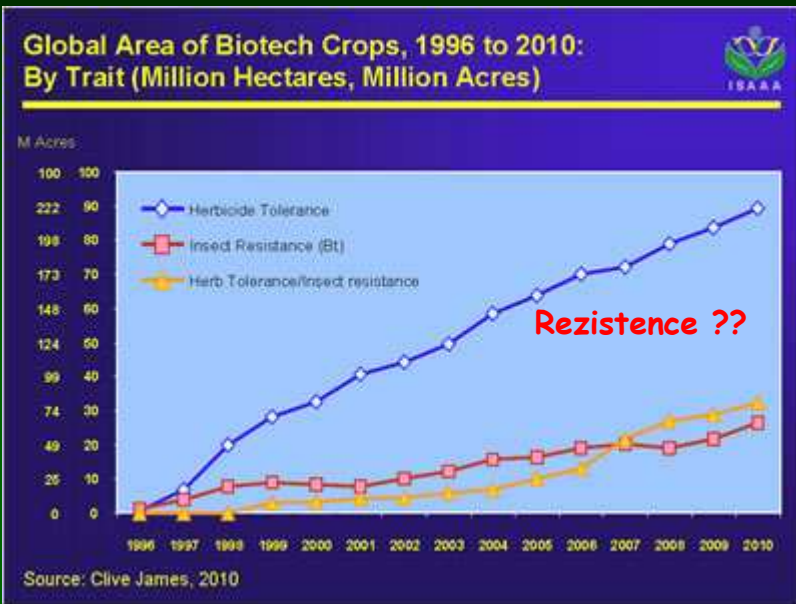
GM kukuřice (Bt-kukuřice),
podíl na celkové produkci



GM sója (rezistentní k herbicidu)
podíl na celkové produkci [%]



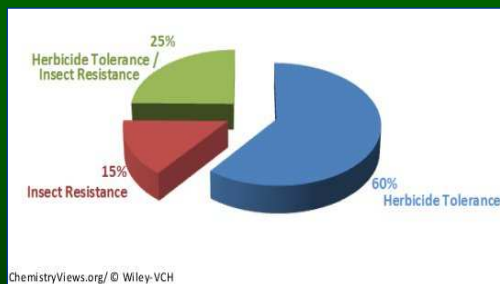
Rozloha pěstování GMO plodin



Česká republika

GM kukuřice -Bt

GM brambor Amflora



Povoleno v EU 2010, jen pro průmyslové účely →

GM brambor Amflora, bez amylózy

GMO

- Zvýšení výnosu
- Zlepšení nutriční vlastnosti potravin i krmiv
- Rezistence k herbicidu
- Rezistence k biotickým stresům
- Rezistence k abiotickým stresům
- Ovlivnění doby sklizně a skladovatelnost
- Zlepšení technologických vlastností rostlin
- Syntéza léčiv

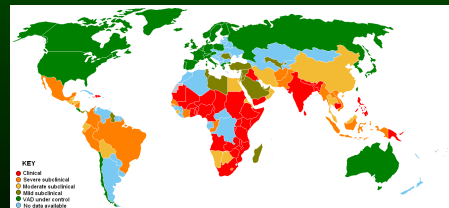
Zlepšení nutričních vlastností (Biofortification)

↑ Hlavní živiny (macronutrients) - proteiny, sacharidy, lipidy, vláknina

↑ Další důležité látky (micronutrients) - vitamíny, minerály, funkční metabolity, antioxidanty

↓ Látky snižující využitelnost živin (antinutrients) - fytát

↓ Alergeny, toxiny



Golden rice -
zlatá rýže,
produkce
 β -karotenu

↑ Hlavní živiny (macronutrients) – proteiny, sacharidy, lipidy, vláknina

Proteiny a aminokyseliny

Řepka: složení aminokyselin

Kukuřice: složení aminokyselin; proteiny ↑

Brambor: složení aminokyselin; proteiny ↑

Rýže: proteiny ↑ ; složení aminokyselin

Sója: složení aminokyselin

Batáty: proteiny ↑

Oleje a mastné kyseliny

Řepka: kyseliny laurová ↑, gama-linolenová ↑, olejová ↑

Bavlna: olejová acid ↑, stearová ↑

Kukuřice: oleje ↑

Palma olejová : kys. olejová, ↑ stearová ↑, palmitová ↑

Rýže: alfa- linolenová ↑

Sója: kys. olejová ↑ gama-linolenová ↑

Esenciální aminokyseliny

Řepka: Lys ↑

Lupina: Met ↑

Kukuřice: Lys ↑, Met ↑

Brambor: Met ↑

Čirok: Lys ↑

Sója: Lys ↑, Trp ↑

Sacharidy

Cikorka: fruktany ↑ modifikace fruktanů

Kukuřice: fruktany ↑

Brambor: fruktany ↑

Cukrová řepa: fruktany ↑

Brambor: inulin ↑

Rýže: amyláza ↑

Funkční metabolity

Canola: vitamin E ↑

kukuřice: vitamin E ↑, vitamin C ↑

Brambor: β-karoten and lutein ↑

Rýže: β-karotene ↑

Jahody: vitamin C ↑

Rajče: folate ↑, β-karotene ↑, lycopene ↑

Sekundární metabolity

Jablko + stilbenes

Vojtěška + resveratrol

Kiwi + resveratrol

Kukuřice: flavonoidy ↑

Brambor : solanin ↓

Rýře: flavonoidy + resveratrol

Sója : flavonoidy ↑

Zvýšení dostupnosti minerál. živin

Vojtěška: fytáza ↑

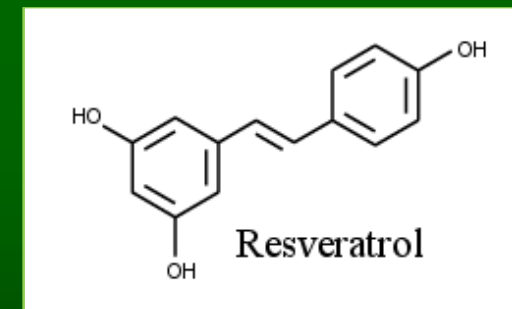
Salát: železo ↑

Rýže: železo ↑

Kukuřice: fytáza ↑, ferritin ↑

Sója: fytáza ↑

Pšenice: fytáza ↑



Odolnost proti škůdcům

Bt toxin z *Bacillus thuriensis* - působí specificky na úzký okruh hmyzích druhů

Odolnost herbicidům

Odolnost ke glyfosatu - necitlivý enzym syntézy aromatických AK z bakterie

Odolnost proti abiotickým stresům

Odolnost proti suchu, zasolení, extrémním teplotám

Nové vlastnosti- technické plodiny, léčiva

Molekulární farmářství

Molekulární farmářství (Molecular farming)

-aplikace metod molekulární biologie ve výrobě komerčních produktů v rostlinách

❖ produkty rostlinám vlastní

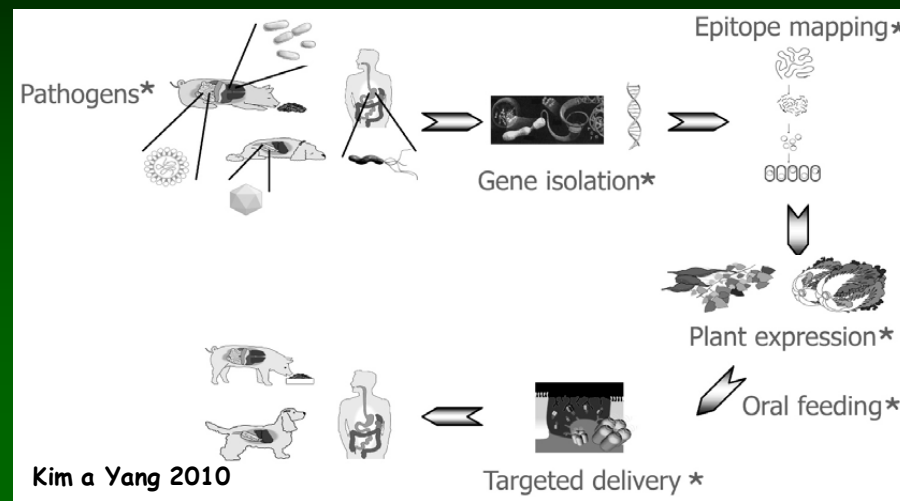
- * lipidy, sacharidy, proteiny
- * produkty sekundárního metabolismu

❖ produkty „cizího“ původu

- * proteiny
- * farmaceutika - protilátky, vakcíny
- * bioplasty

Rostlinné jedlé vakcíny

Def.: Orálně aplikovaný rostlinný materiál, který byl připraven s využitím transgenních rostlin exprimujících cílový antigen, jež vyvolává imunitní odezvu proti různým lidským a zvířecím onemocněním



Výhody:

- obdoba rekombinantních vakcín – nejvýhodnější a nejbezpečnější
- orální aplikace – cenově výhodná, nejsnáze aplikovatelná (především pro očkování dětské populace),
- snadný transport a skladování (v rozvojových zemích se špatnou úrovní zdravotnictví),
- ↓ rizika kontaminace toxiny, infekcí (oproti jiným expresním systémům)
- výrazně levnější oproti rekombinantním vakcínám

Dosud žádná komerční vakcína není používána

Proč?

Hlavní důvody:

- orálně přijímaný antigen často vyvolává jen imunotoleranci, ne stimulaci imunitního systému!
- nízké a kolísavé hladiny antigenů v rostlinných pletivech

Řešení aneb Jak zvítězit

- přítomnost adjuvans v aplikované vakcíně (rostliny přirozeně obsahují lektiny - potenciální adjuvans případně adjuvans dostupné pro rekombinantní vakcíny)
- výběr vhodného rostlinného materiálu (nejlépe požitelný za syrova - banán, jablko, rajče; bur. oříšek, sója, salát, brambor, špenát aj.), pletiva (list nevhodný, vhodná semena a buněčné suspenze a hairy root kultury)
- výběr expresního vektoru (výběr promotoru - 35SCaMV hlavně v listech a kořenech - nevhodný, promotory specifické pro expresi v semenech - např. zásobní proteiny semen, typy exprese - stabilní x transientní exprese)

V současnosti: několik vakcín již otestováno, několik ve fázi klinického testování

2006 - povolena rostlinná vakcína proti Newcastle'ské nemoc i (virové onemocnění drůbeže)

Status of plant-based edible vaccine development

Company	Plant	Grown in	Product	Disease	Status
Plant Biotechnology	Tobacco	Field	Secretoty antibody vaccine	Tooth decay	E.U. approved
Dow AgroScience	Tobacco	Cell culture	Poultry vaccine	Newcastle disease	USDA approved
CIGB, Cuba	Tobacco	Greenhouse	Vaccine purification antibody	Hepatitis B	approved
Arizona State University	Potato	Greenhouse	antigen	Hepatitis B	Phase II trial
Large Scale Biology	Tobacco		antigen	Non-Hodgkin's lymphoma	Phase II trial
Arizona State University	Potato	Greenhouse	antigen	Norwark virus	Phase I trial
Thomas Heferson	Spinach		antigen	Rabies virus	Phase I trail
ProdiGene	Maize		antigen	Diarrhea	Phase I trial

Kim a Yang (2010) - Modified from Kaiser (2008)



Světlice - semena produkující
inzulín

Kultura mrkve modifikovaná
pro produkci léčiva

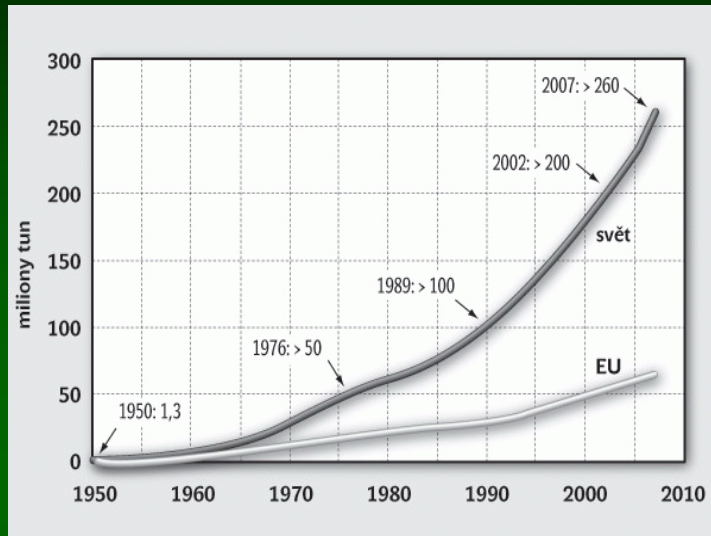


Rostliny v budoucnu... ... tradiční ... i jiné

Další využití rostlin

Biodegradovatelné plasty

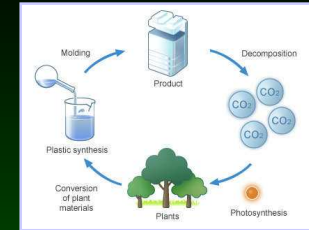
Nárůst spotřeby plastů



⇒ V současnosti globální regenerační kapacita biosféry nedostačuje pokrýt spotřebu naší společnosti (významný podíl spotřeby ropných produktů – neobnovitelných zdrojů energie)

⇒ **Nutnost hledání alternativ**

Biodegradovatelné plasty



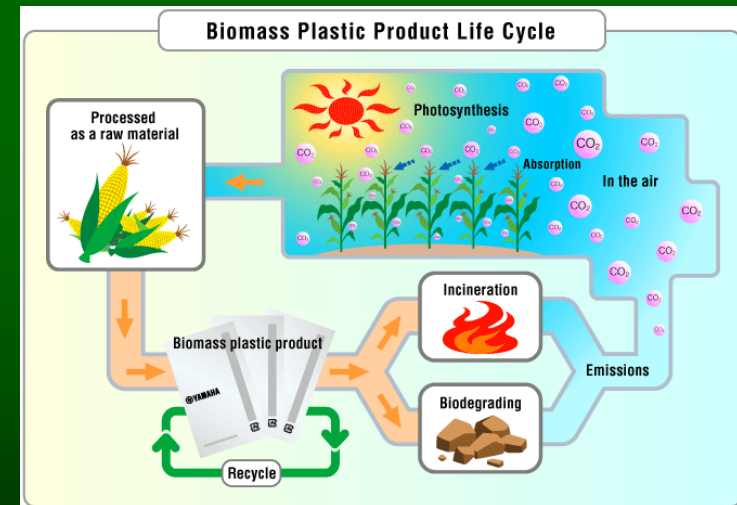
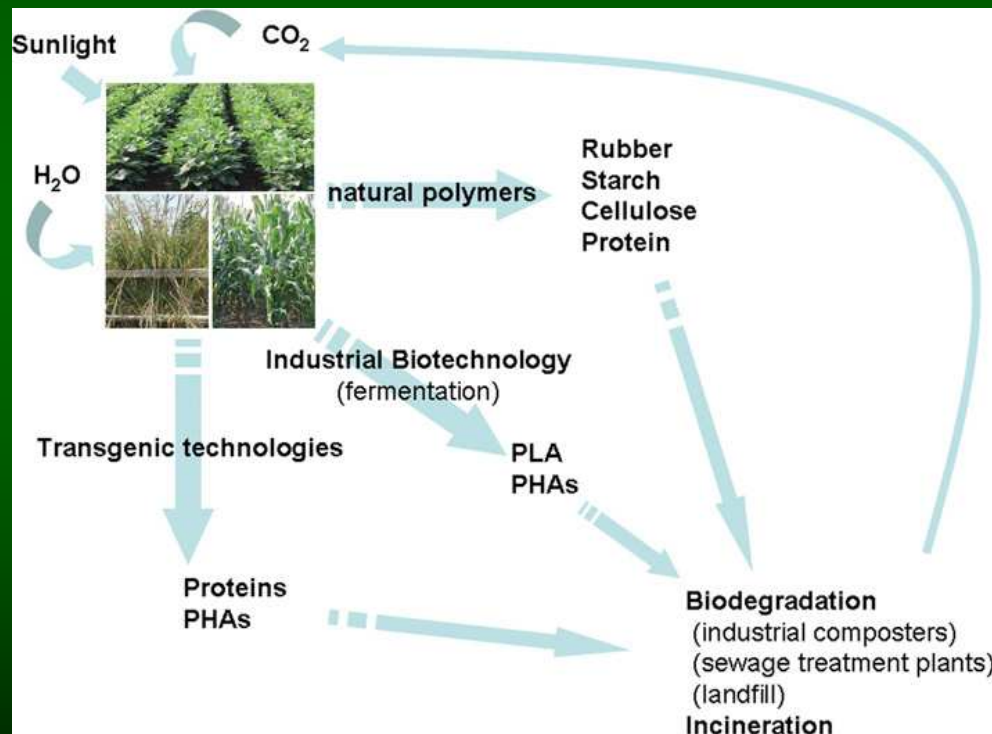
Def.: Kompletně rozložitelné (bez toxických viditelných/zjistitelných reziduí) na skládkách, kompostech a v čistírnách odpadních vod působením přirozeně se vyskytujících mikroorganismů

Oficiální označení biodegradovatelných plastů. Např. EU norma EN 13432



Zdroje

- Rostliny – produkce přírodních polymerů – kaučuk, škrob, celulóza
- Bakteriální bioreaktory – produkce polymerů z obnovitelných rostlinných zdrojů – „white technology“
- Transgenní rostliny – syntéza nových polymerů (polyhydroxyalkanoáty - PHA) jako vedlejší produkt zemědělsky významných či „marginálních“ plodin (*Panicum virgatum*)



Přírodní rostlinné polymery

Kaučuk, lignin

Proteiny - gluten (glutenin a gliadin), zein (prolamin)- kombinace obou tvoří plasty - uplatnění např. ve zdravotnictví, oděvní průmysl, antimikrobiální fólie

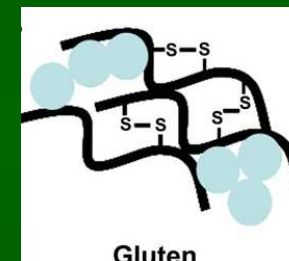
-sójový protein (glycinin a kongycinin)

Celulóza - celofán (stále používaný v potravinářském balicím odvětví), nitrocelulóza (filmy)

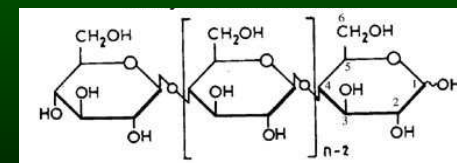
Škrob - termoplastický škrob (stlačování za vysokých teplot a tlaku a následné lisování) - není odolný vůči vlhku, proto časté příměsi (polykaprolakton, vinylalkohol aj.) (až 85% škrobu, vysoká biodegradabilita, široké využití (zahradnictví, tašky, pytle na odpad, pleny, potravinové obaly, zdravotnictví)



isoprene (2-methyl-1,3-butadiene)



⇒ **Problém!** malá odolnost mechanická a odolnost vůči vlhku



Bakteriální biopolymery

Fermentace rostlinných produktů (cukry, škrob, oleje) v bakteriálních bioreaktorech

Kyselina polyléčná (PLA), polyhydroxyalkanoáty (PHA) - kyselina polyhydroxymáslená/valerová (PHB, PHBV)

PLA - z pyruvátu laktátdehydrogenázou vzniká kys. mléčná (rod *Lactobacillus*) → syntetická polymerace, příp. nově (Japonsko, 2008) mikroorganismy exprimující laktát-polymerující enzym

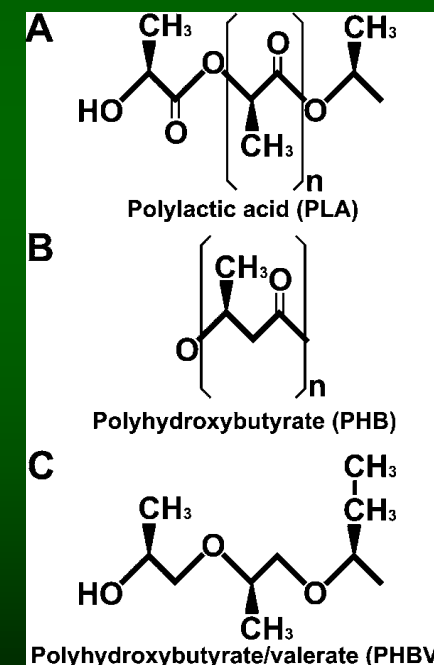
Využití: transparentní fólie, lesklé a průhledné tvarovatelné plasty

⇒ podobné PET

PHA - z fruktózy nebo glukózy proteiny kódovanými PHA-syntázovým operonem, zdroj uhlíku a energie bakterií při nadbytku živin (*Ralstonia eutropha* a *Alcaligenes latus*), příp. z olejů (oliva, kukuřice, palma) (*Aeromonas eutrophus*)

Využití: pružné tvarovatelné plasty podobné polypropylenu, fólie, potahovaný papír a kartóny, květináče, jednorázové příbory a nádoby, láhve

⇒ **Problém!** spotřeba ropných produktů na provoz bioreaktorů



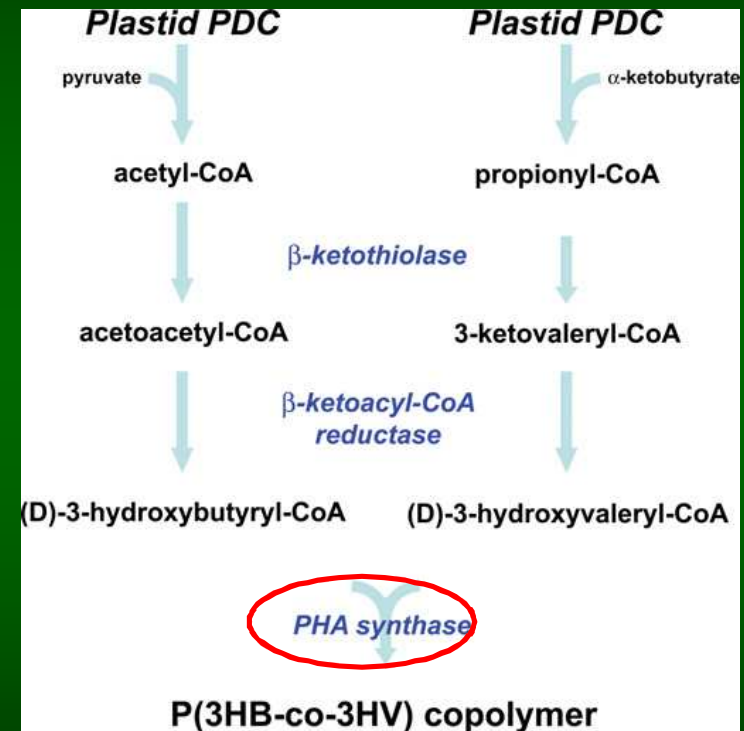
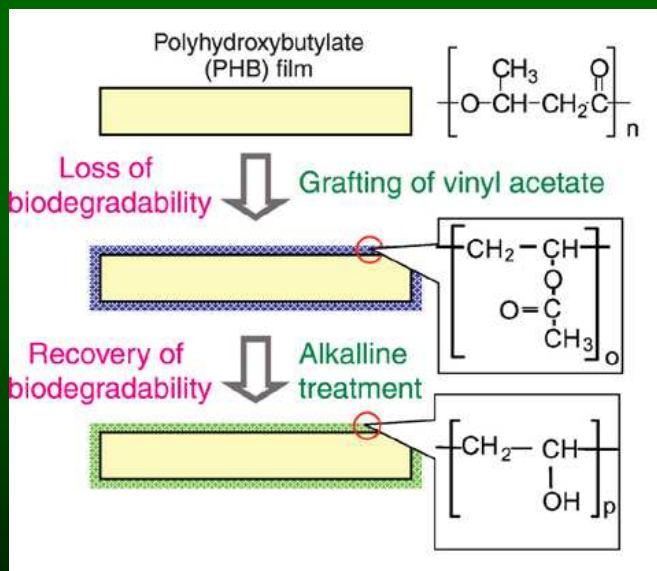
Transgenní rostliny

Exprese genů PHA-syntázového operonu v roślinách
(oproti bioreaktorům menší energetické požadavky - na provoz i kultivaci)

exprese v plastidech -

(modelové rostliny - *Arabidopsis*, tabák, kulturní plodiny- řepka, vřtětška, bavlník, brambor, cukr. řepa, třtina, len a marginální druhy - *Panicum virgatum*)

→ vysoké konc. acetyl-CoA a akumulace škrobu



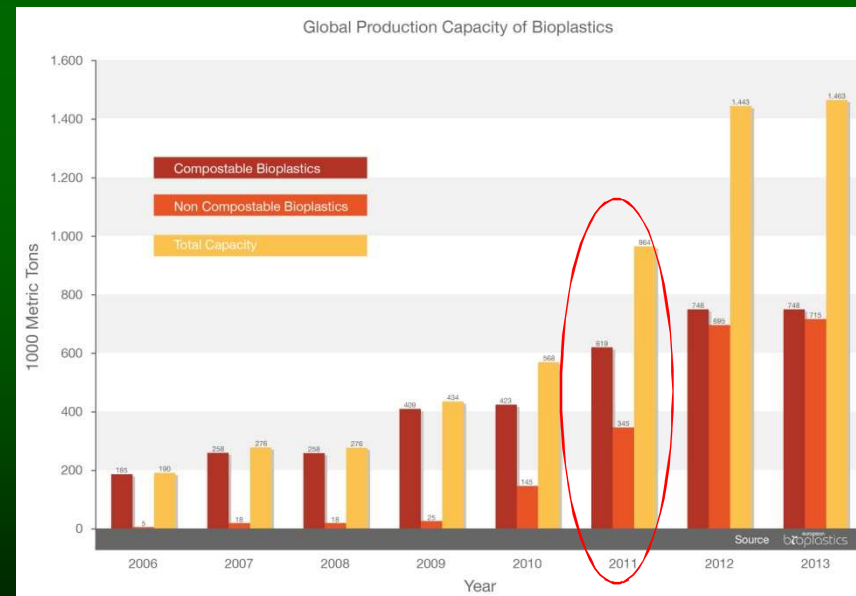
← Příklad dalších možností modifikace : biodegradabilní plast s - OFF-ON kontrolou biodegradability

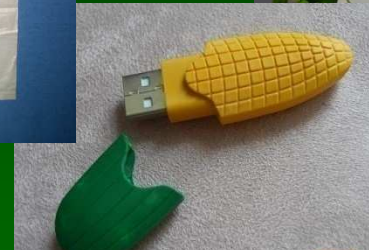
Biodegradabilita PHB je potlačena vsunutím vinyl acetátové „vsuvky“. Alkalická hydrolýza přemění vinyl acetát na vinylalkohol, a tak obnoví biodegradabilitu.

⇒ **Problém!** nízká akumulace v listech do 10 % sušiny. Pravděpodobná toxicita (↓↓ růstu, sterilita), dosud **nedořešená** extrakce z pletiv, **GMO**

Problém! Ve srovnání s plasty vyráběnými z ropy vyšší cena

Přes veškeré nedostatky uvedených způsobů produkce bio-degradabilních plastů bude s ohledem na zvyšování cen a ubývání ropných zásob a ekologické dopady v brzké době nutné nahradit současnou technologií výroby plastů vhodnou alternativou!!





World's 1st Bio-degradable USB Disk



Energetické plodiny

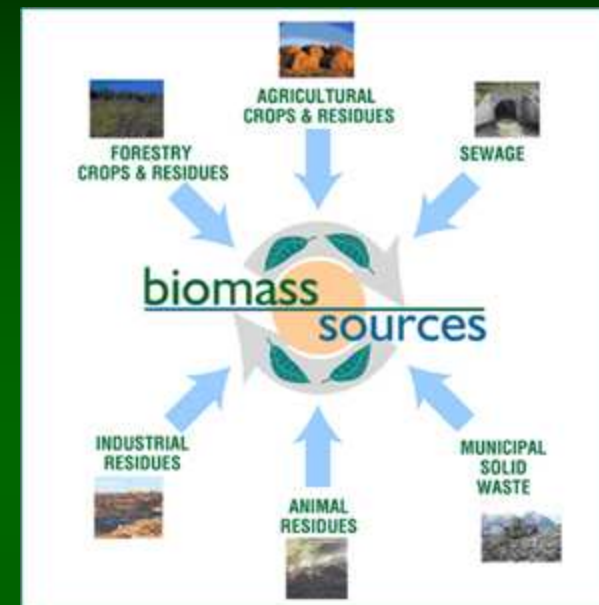
Biomasa tradiční - pro výrobu biopaliv - lín, dřevěné uhlí, dřevoplyn...
- přímo k získávání energie

Biomasa

- Reziduální při výrobě
sklizňové zbytky
těžební odpad
odpad dřevozpracujícího průmyslu
odpad mlékárenský, potravinářský
- Recyklovaná - po skončení životnosti výrobků
dřevěné výrobky, stavební dřevo, palety
- Záměrně pěstovaná



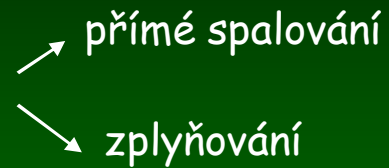
rychle rostoucí dřeviny
nedřevnaté rostliny
obilí



Fytopaliva

Způsob konverze na energii

Termochemické zpracování



Biochemické procesy

cukry, celulóza → cukr

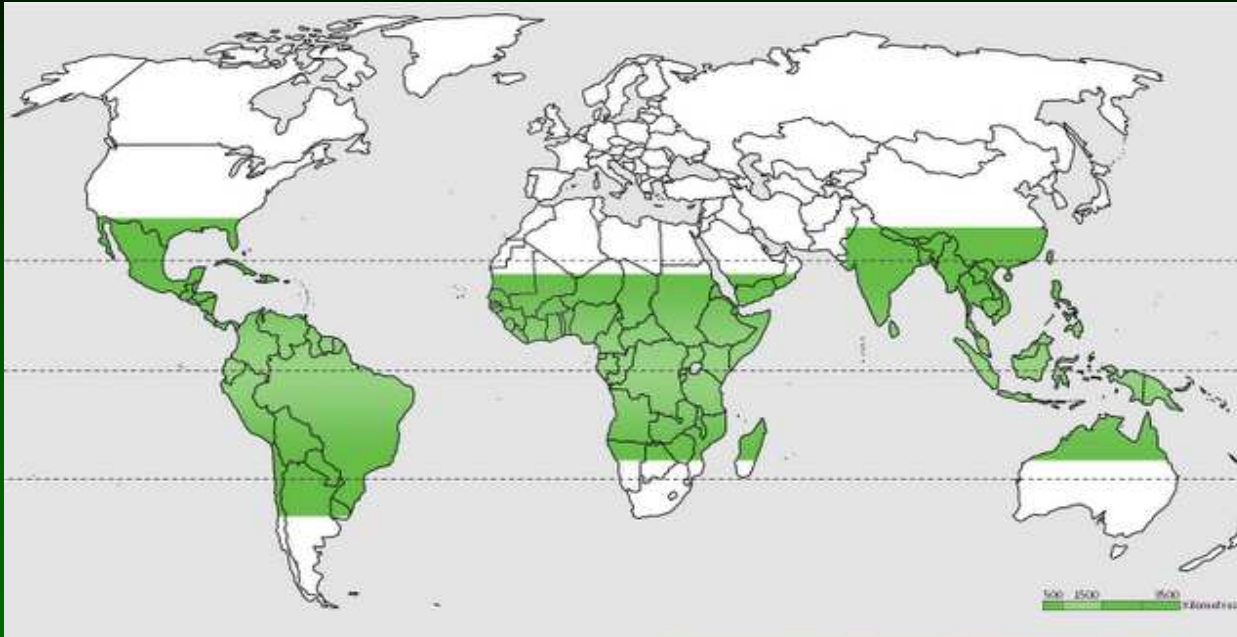
methanové kvašení → methan

alkoholové kvašení → biolíh

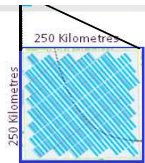
Chemická úprava

Bionafta (methylestery mastných kyselin)

Výhody: „neutrální“ produkce CO_2 , nízký obsah síry, obnovitelný zdroj



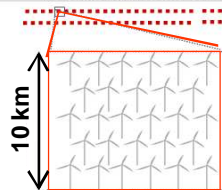
Teoreticky: 40 % pevniny oseté energetickými rostlinami by pokrylo současnou celosvětovou spotřebu energie



Teoreticky: 6 x 250 km² polí se solárními panely by pokrylo současnou celosvětovou spotřebu energie

* Assuming only electricity from Concentrating Solar Power [CSP]

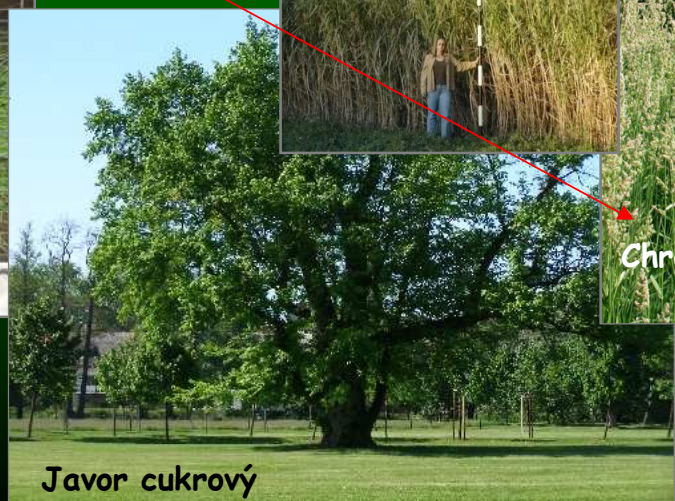
Image: Metropost.com / Energy



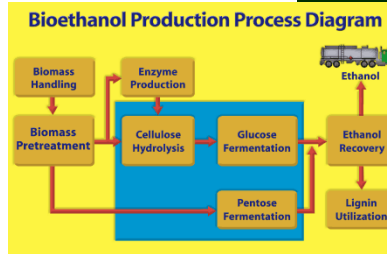
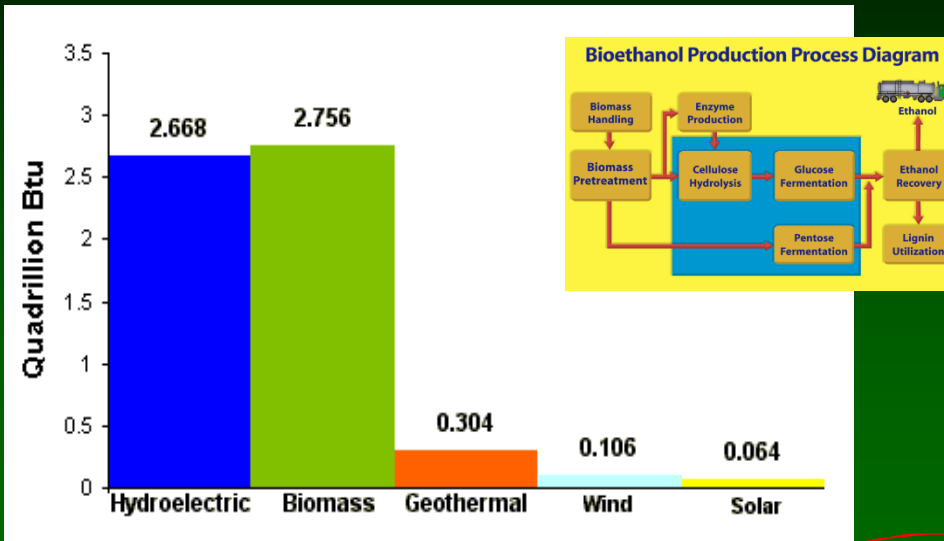
Teoreticky: 40 000 km linie pobřeží s větrnými elektrárnami by pokryla současnou celosvětovou spotřebu energie



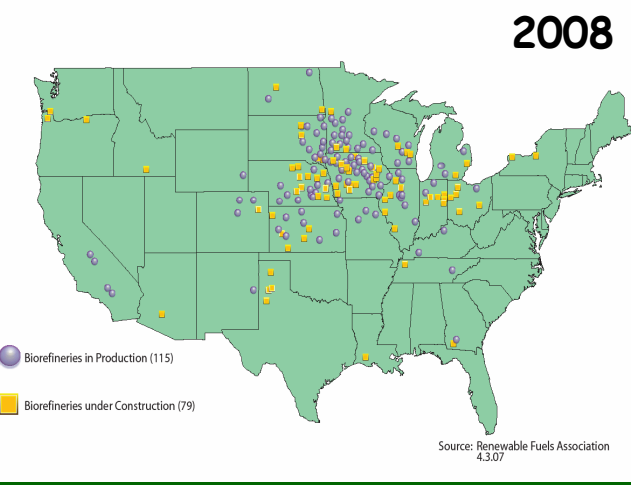
Návrh využití rostlin k produkci energie podle oblastí



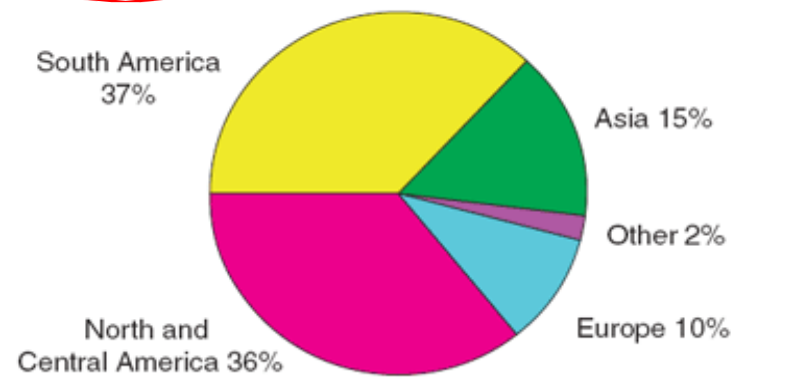
Spotřeba obnovitelné energie v USA, 2002



U.S. Ethanol Biorefinery Locations

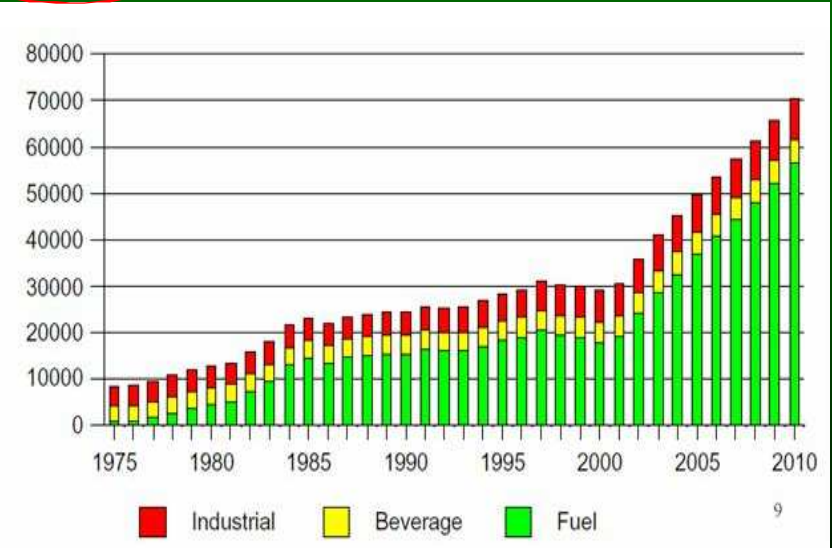


Celosvětová produkce ethanolu, 2005



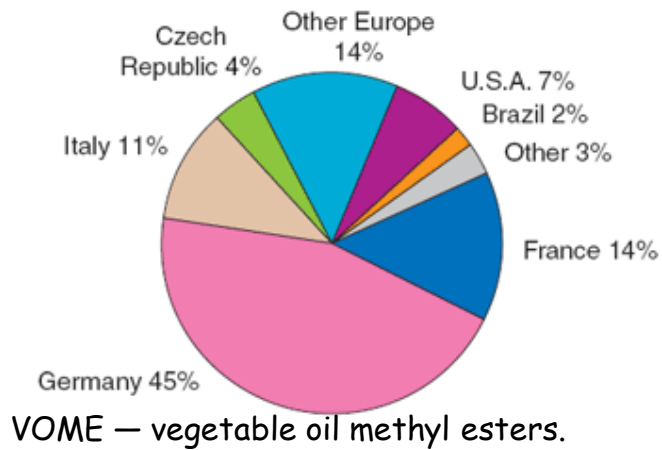
Etanol

Celosvětová produkce ethanolu (milióny litrů)



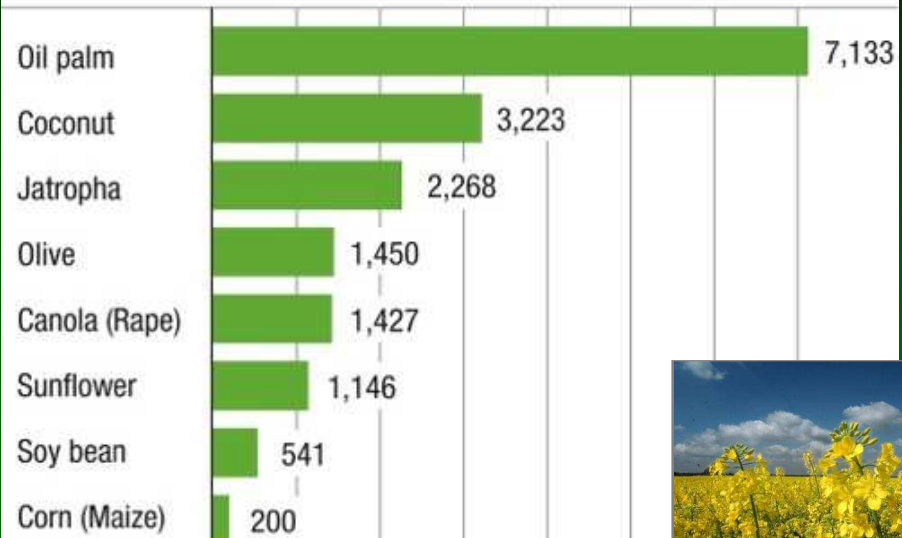
Bionafta

2005 global VOME output: ~ 4 Mt



Resources for Biodiesel

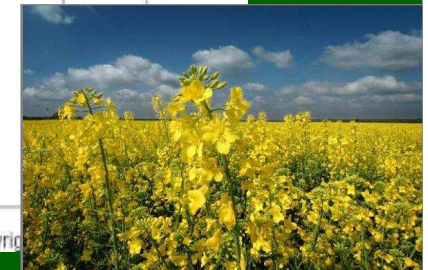
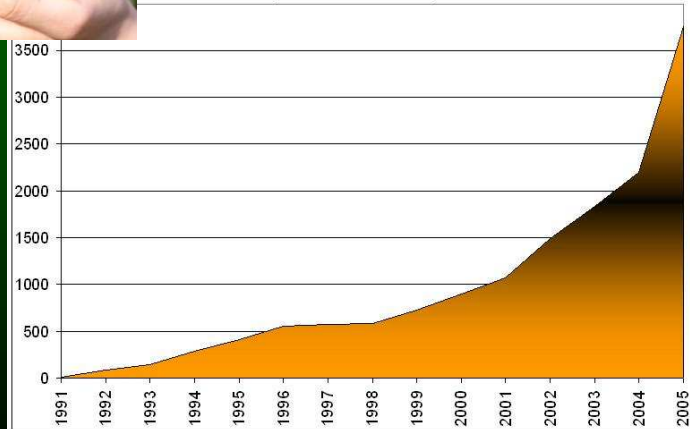
Yield per hectare in liter*



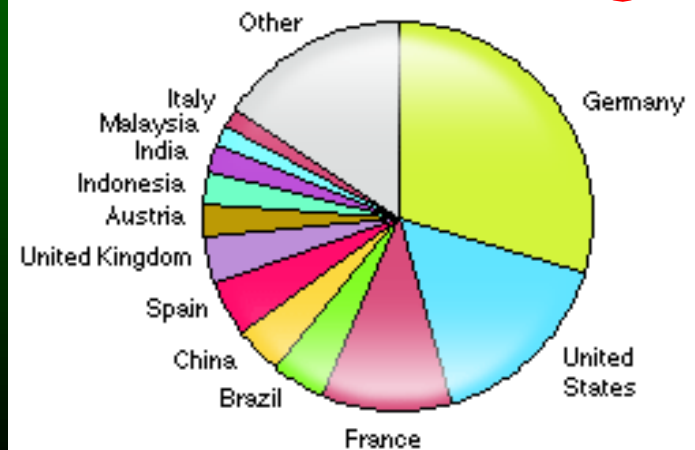
*Under optimal conditions Quelle: Phillips McDougall, January 2008 - Copyright



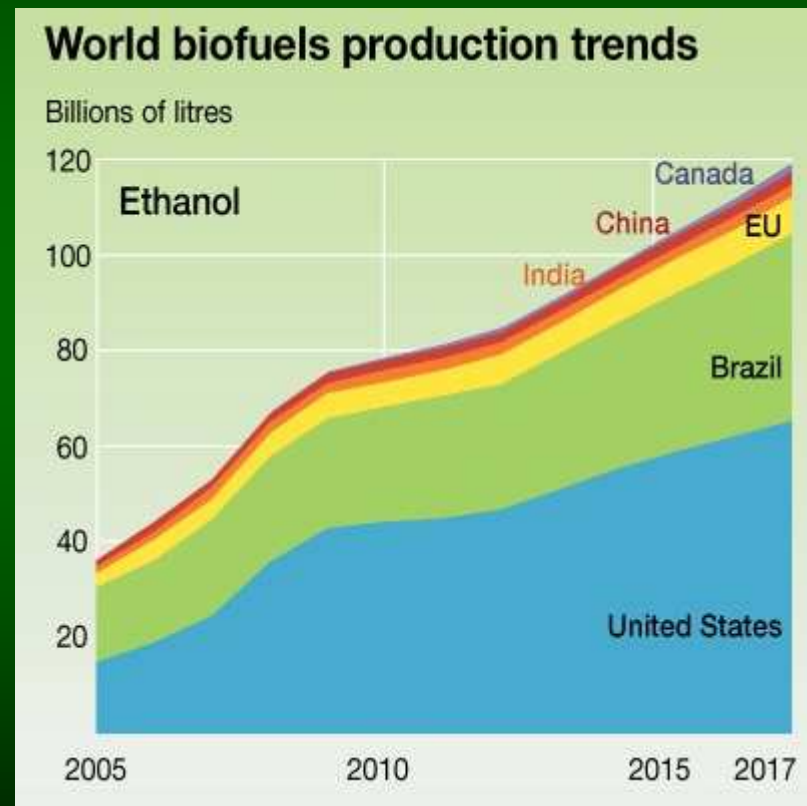
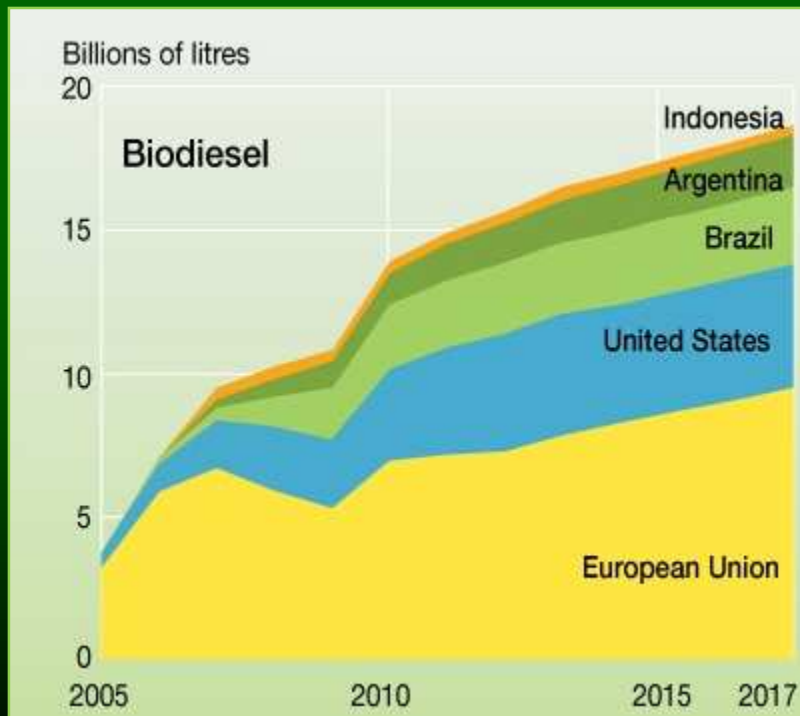
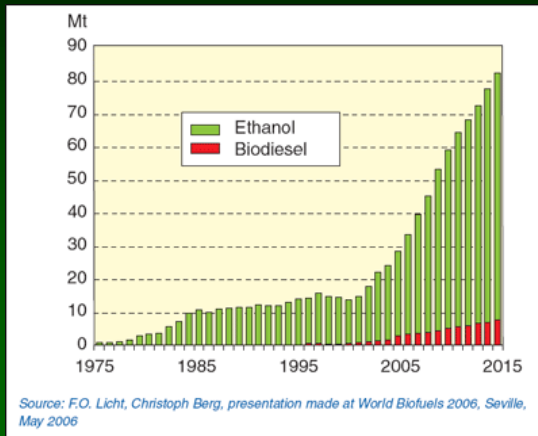
World Biodiesel Production 1991 - 2005 (Millions of Litres)



World Consumption of Biodiesel—2007



Světová produkce etanolu a bionafty





Produkce bionafty pomocí kultivovaných řas
(algal fuel, algaeoleum)



SLUŽBY EKOSYSTÉMU

