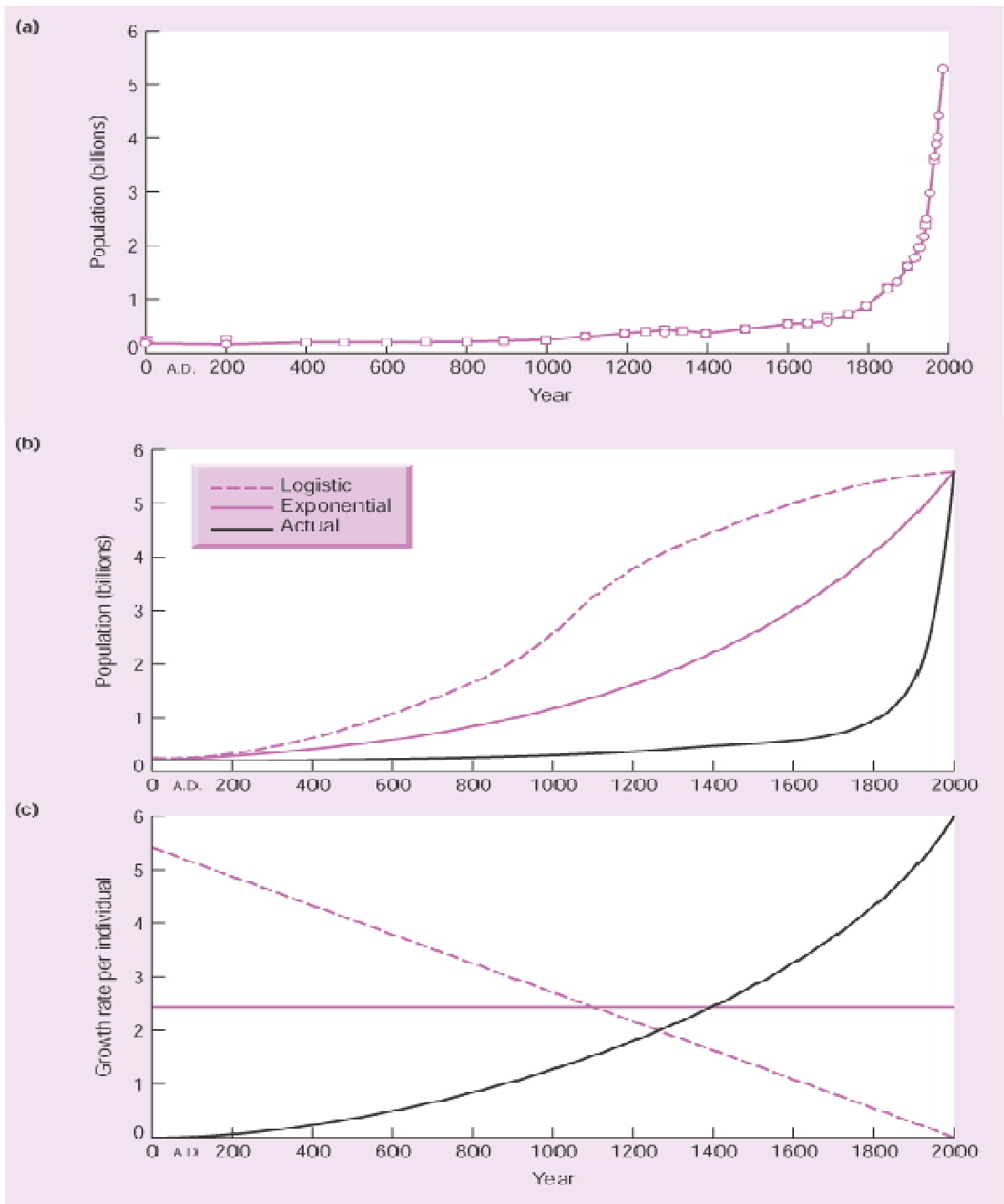


Populace a trvale udržitelný rozvoj

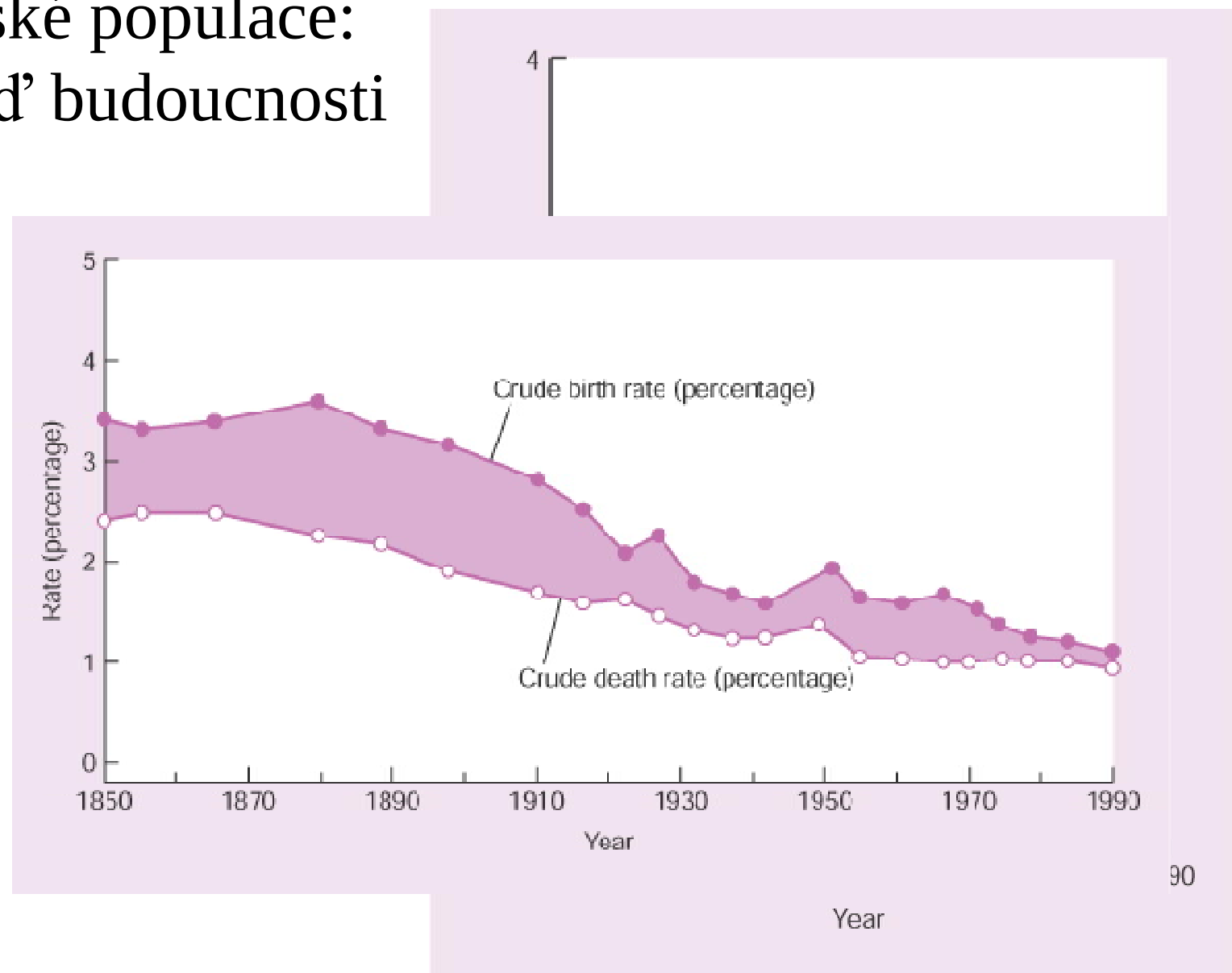
Co je míněno trvalou udržitelností

- Taková aktivita, kterou lze provozovat po *předvídatelnou* budoucnost
 - Růst lidské populace
 - Růst mořského rybolovu
 - Růst zemědělské produkce
 - Zachování druhové rozmanitosti
- O mnoha faktorech však nevíme, jak se změní v budoucnosti

Růst lidské populace: od roku nula do současnosti



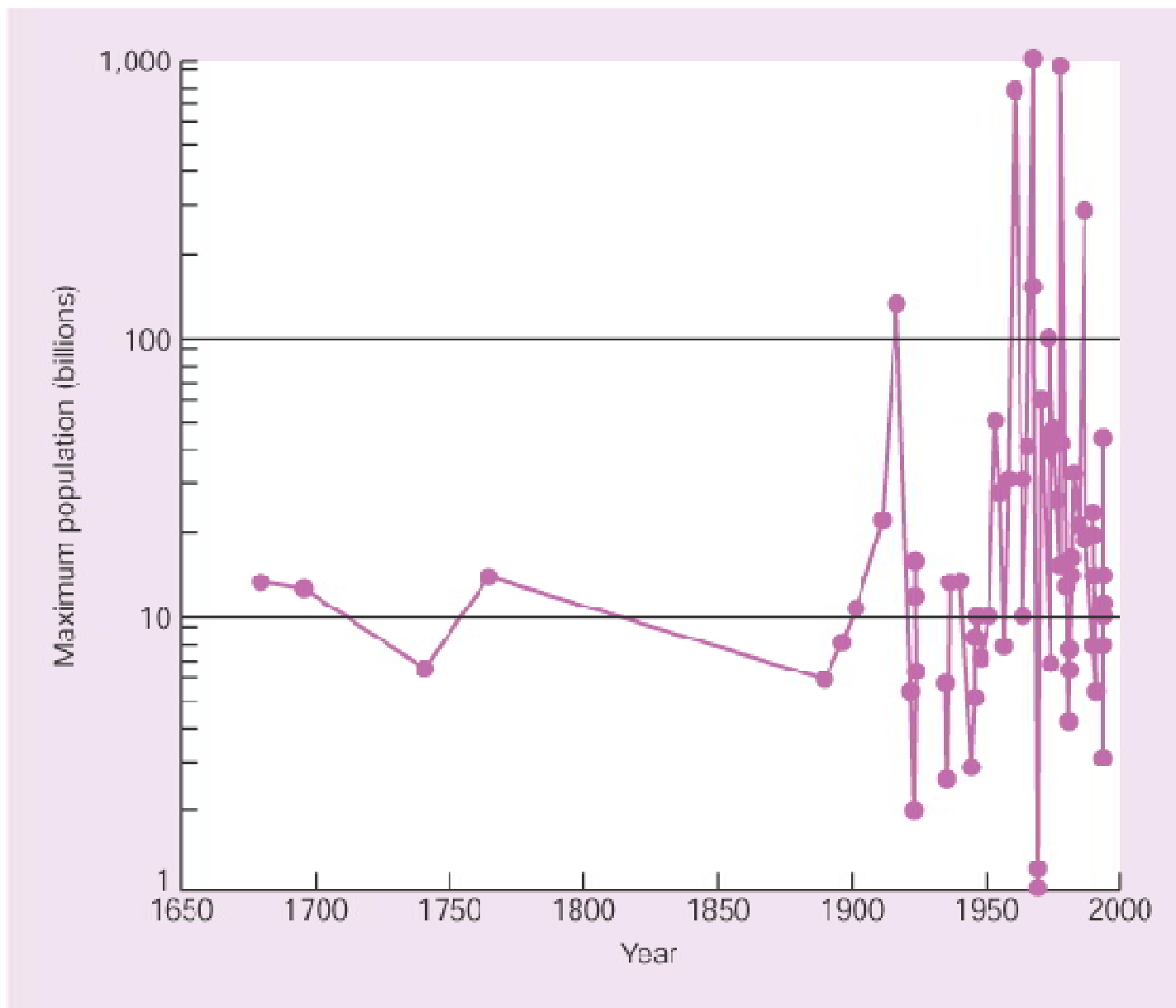
Růst lidské populace: předpověď budoucnosti



Růst lidské populace: dva nevyhnutelné budoucí důsledky

- Neudržitelná věková struktura?
 - Vysoká natalita a velká mortalita
 - Nízká natalita a nízká mortalita
- Hybný moment populačního růstu
 - Stabilní věková struktura nebude hned zítra

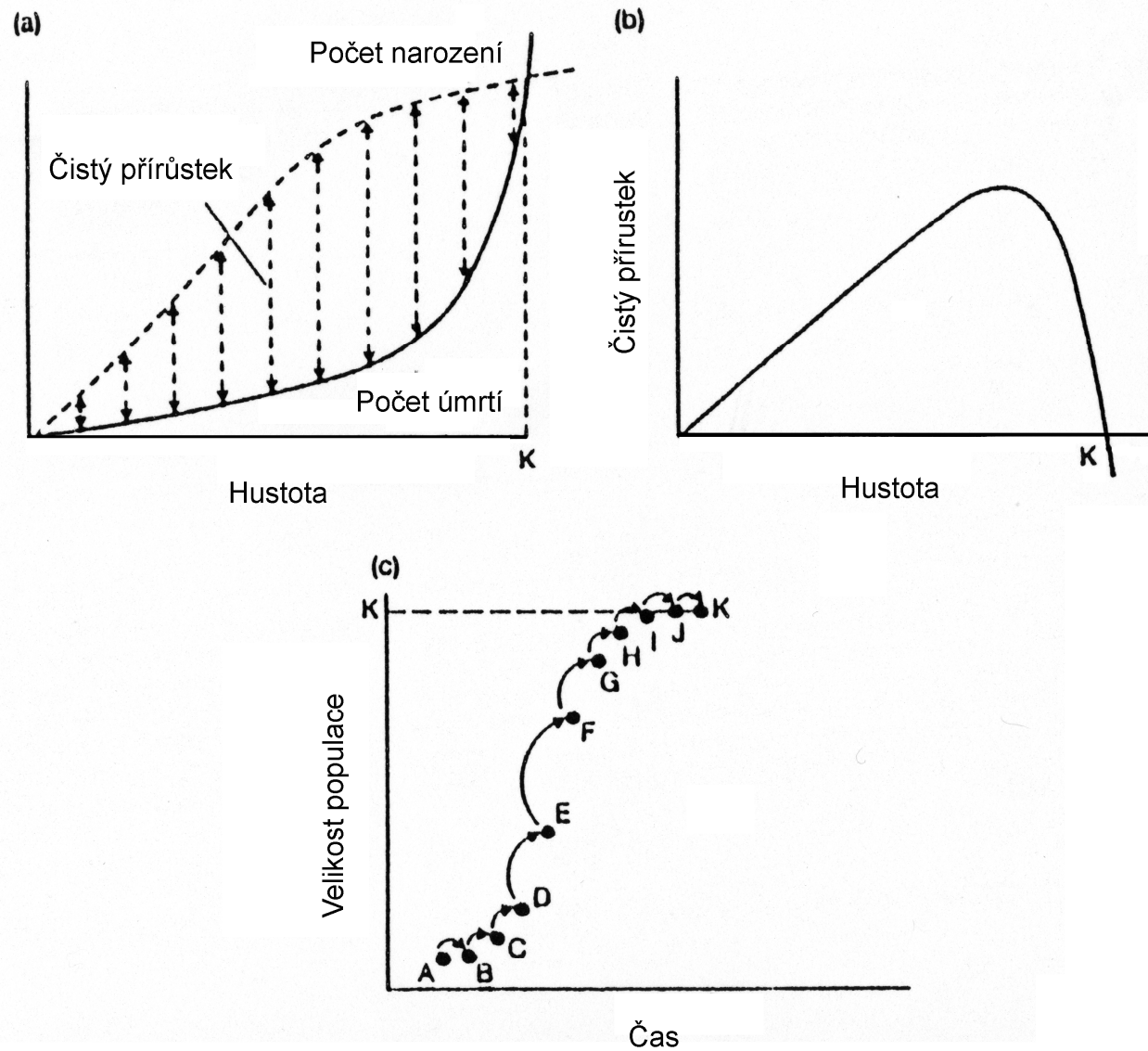
Růst lidské populace: globální nosná kapacita?



Sklizeň z volně žijících zdrojů

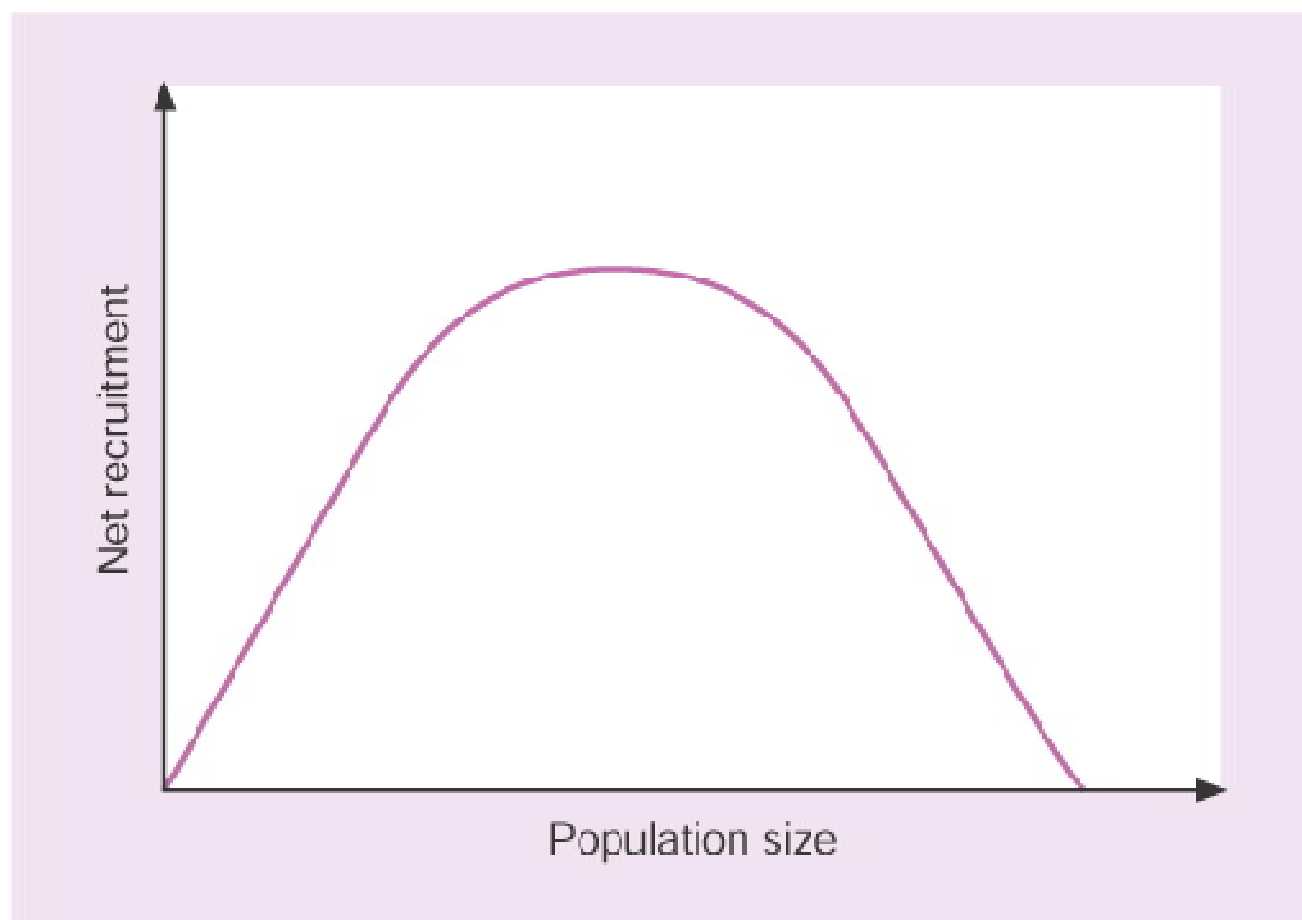
- Rybolov, lov, lesní těžba
- Liší se od domestikace a následného umělého pěstování

Rybolov – maximální udržitelný výnos



Rybolov – maximální udržitelný výnos:

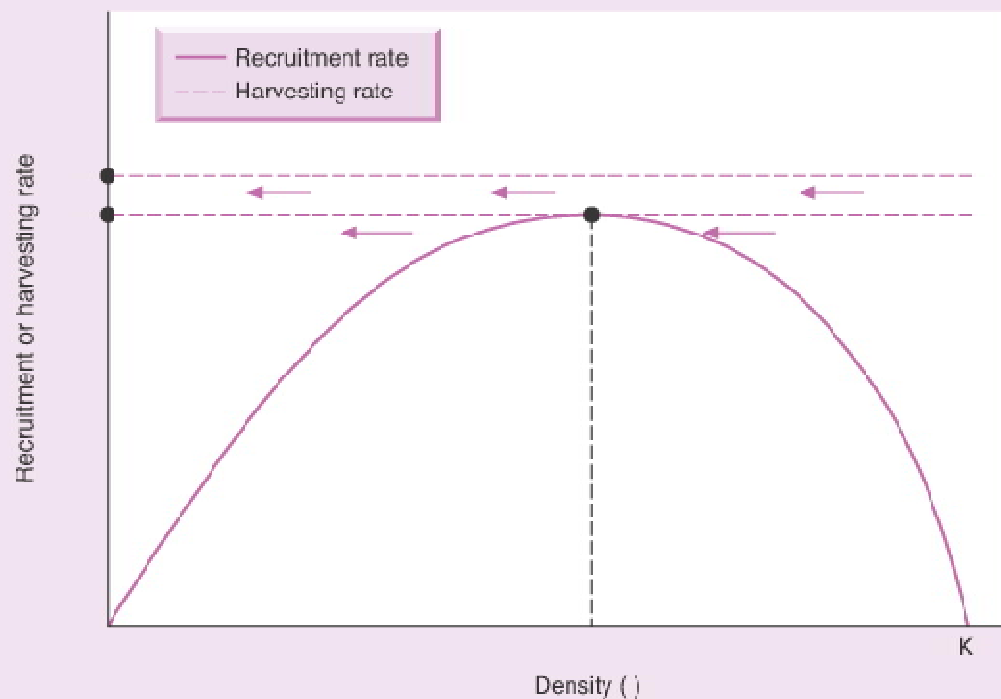
Největší sklizeň, která může být
dosahována pořád



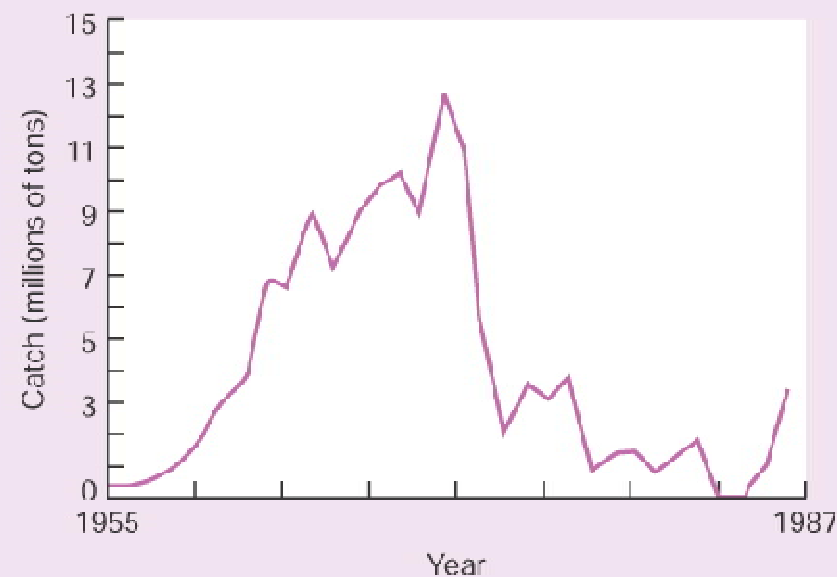
Nedostatky maximálního udržitelného výnosu I

- Všichni jedinci jsou považováni za rovnocenné
 - Ignoruje všechny aspekty populační struktury
- Prostředí je považováno za stálé
- V praxi se těžko odhaduje
- Nemusí být prakticky nejdůležitější
 - Důležitější může být např. trvalá zaměstnanost

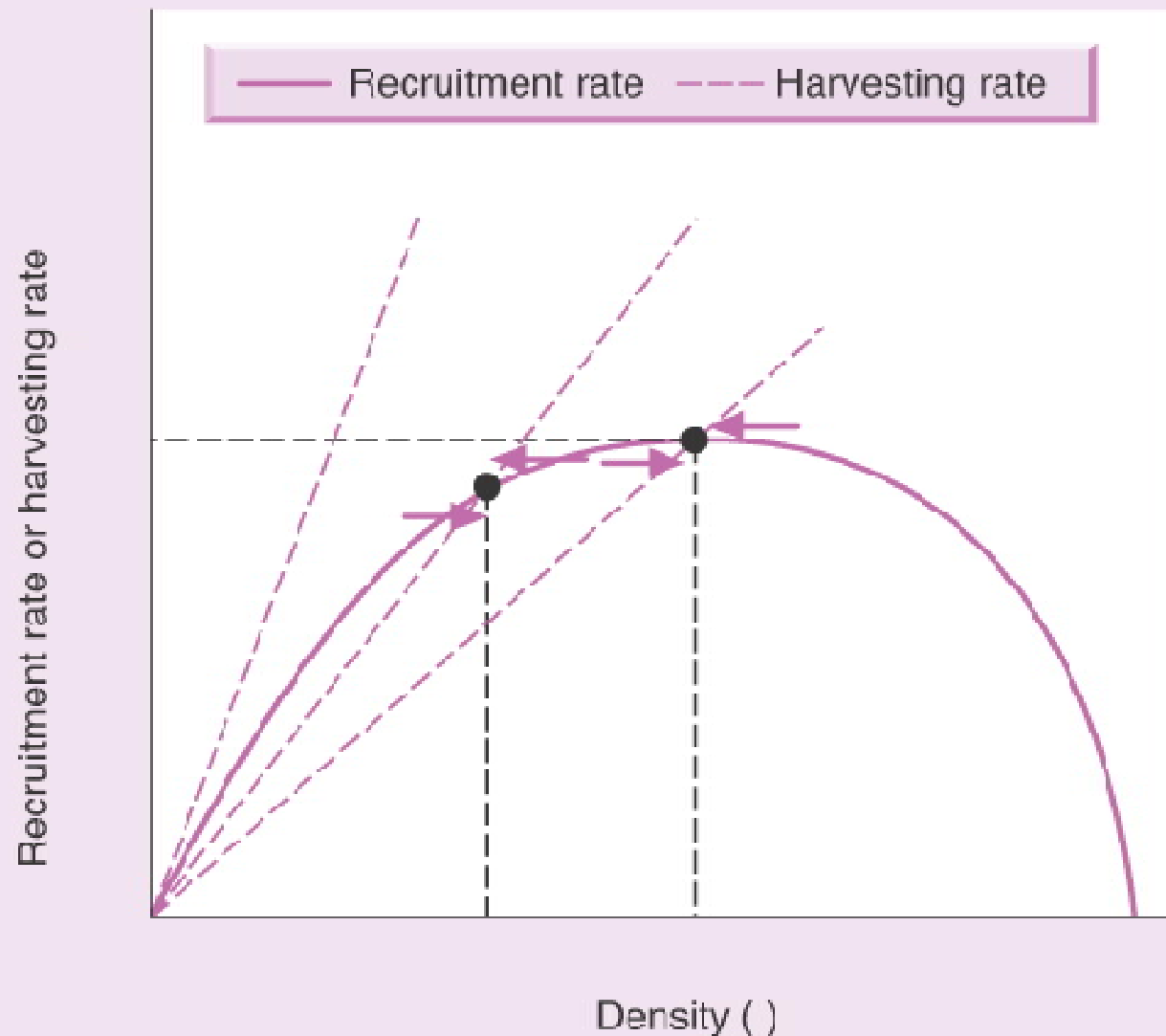
Dosažení maximálního udržitelného výnosu pomocí fixních kvót



V letech 1960-1972 byla oblast lovu peruánské ančovičky největší rybářskou oblastí světa ...

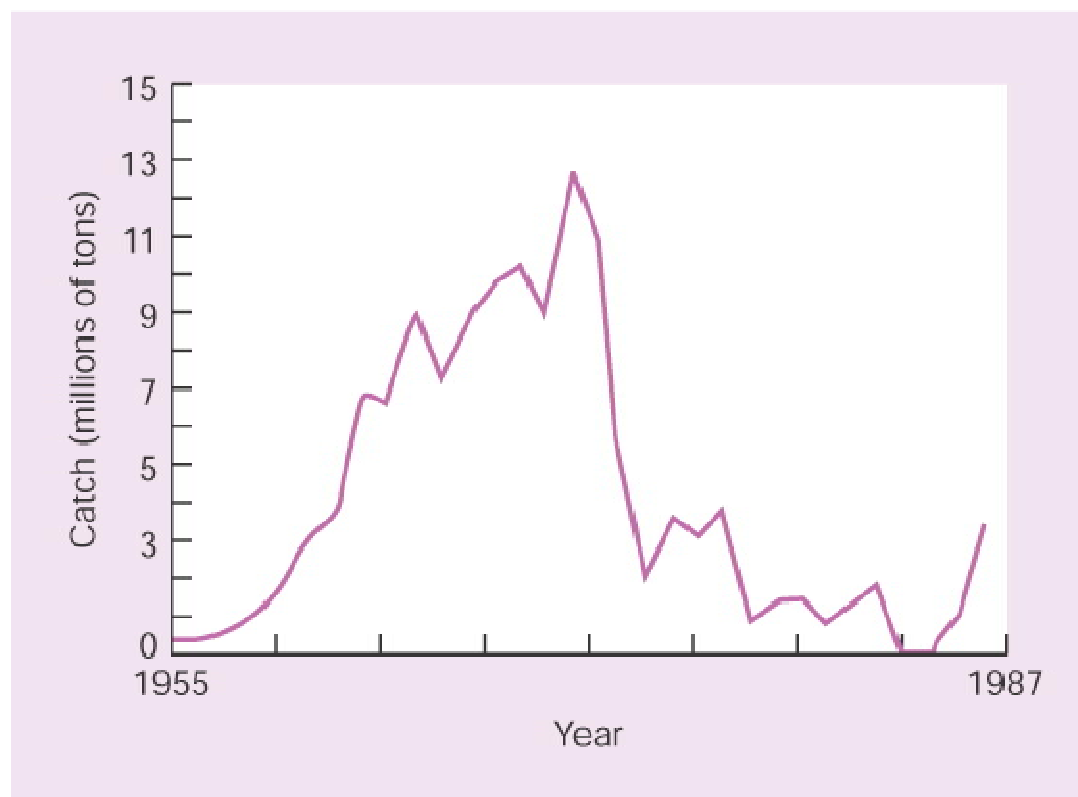


Dosažení maximálního udržitelného výnosu pomocí fixního úsilí



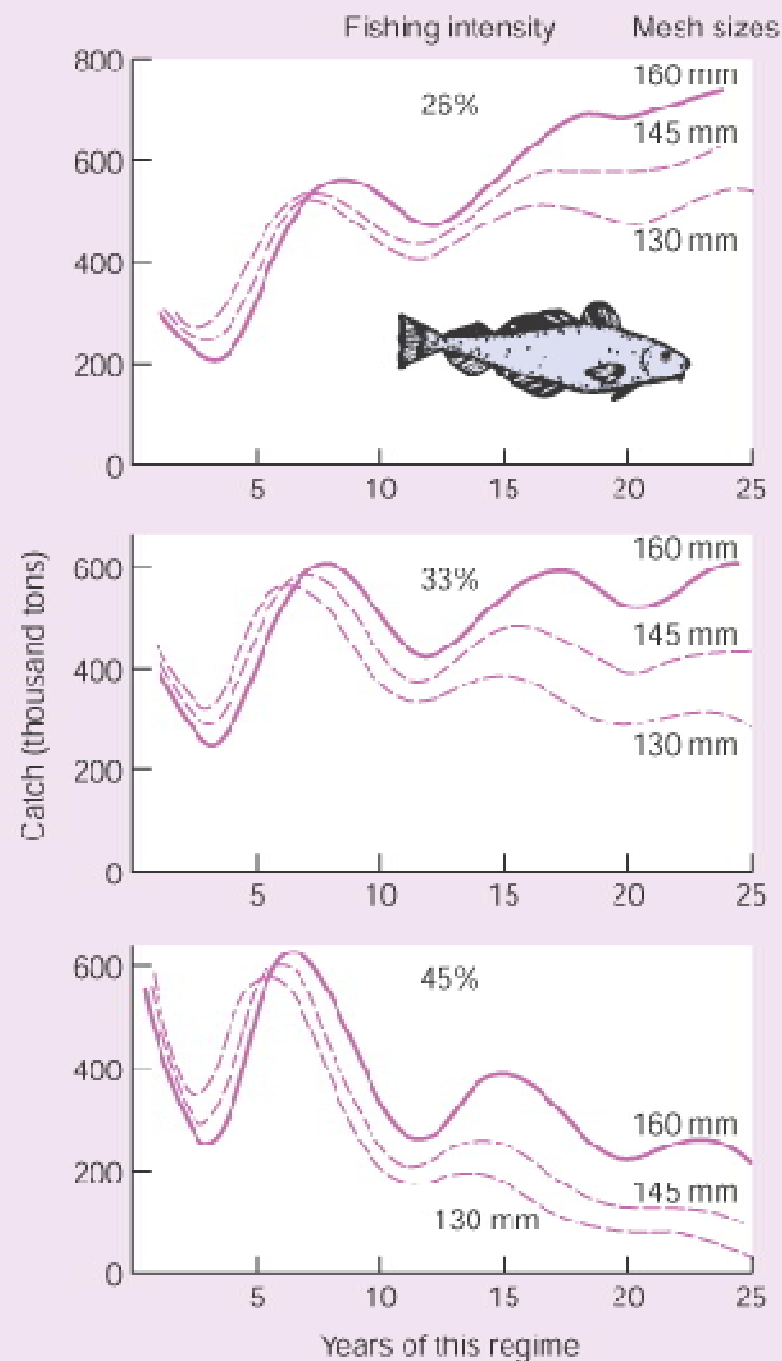
Nedostatky maximálního udržitelného výnosu II

Kolísání prostředí - ančovička a El
Nino efekt



Nedostatky maximálního udržitelného výnosu II

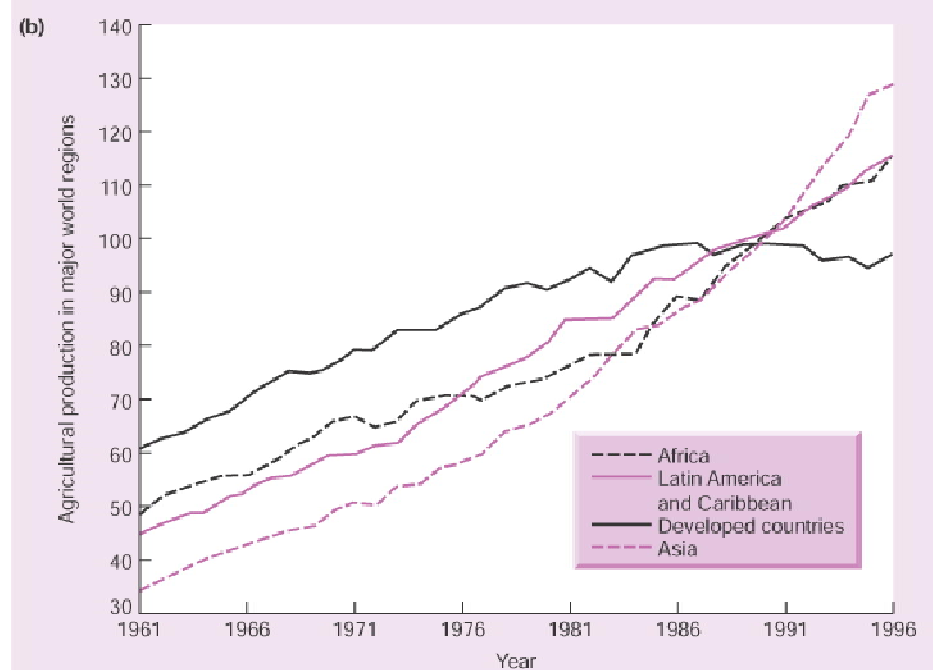
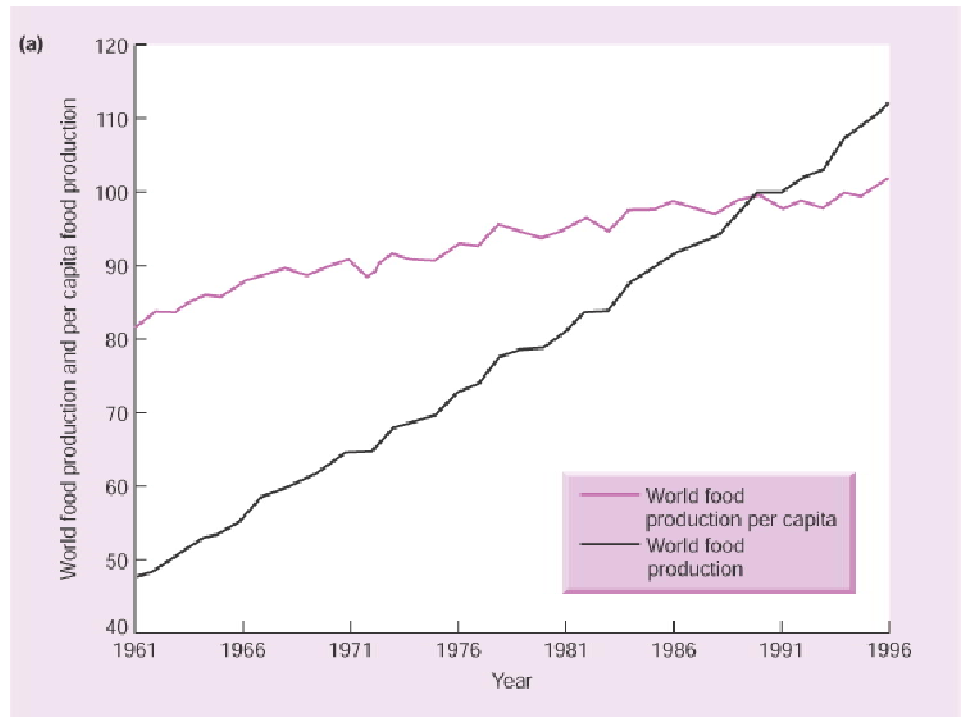
Populační struktura arktické
tresky



Sklizeň monokultur



V období 1961 – 1996
vzrostla zemědělská produkce
rozvojových zemí o 32% a
procento podvyživených lidí z
35 na 21% ... ale stále hladoví
skoro miliarda lidí



Výhody monokultur

- Optimalizované vysoké populační hustoty
- Optimalizované dávky zdrojů a často i podmínek
- Manipulace poměrem pohlaví

Ohrožení trvalé udržitelnosti monokultur

- Epidemické šíření chorob a škůdců
 - Plíseň bramborová, Irsko 1840: smrt 1,1 miliónu lidí, 1,5 miliónu emigrovalo do USA

Energomateriálové dodatky

Energomateriálové dodatky

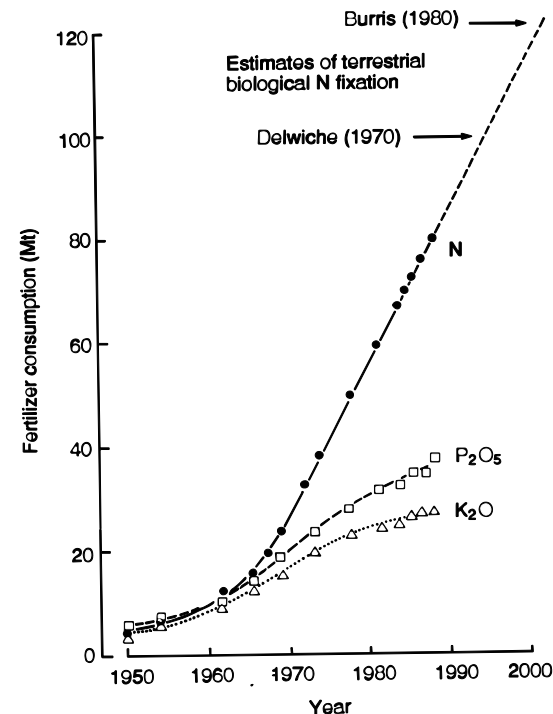
- U mnoha plodin došlo během posledních několika desítek let k velkému zvýšení výnosového potenciálu, za který je asi z poloviny odpovědné šlechtění a z druhé poloviny agronomie a management
- Za zlepšenou agronomií spočívá především agronomická podpora, která umožňuje alokační šlechtění; bez ní by se pokrok v genetickém zlepšování plodin nemusel vůbec projevit
- Agronomická podpora energomateriálovými dodatky spočívá zejména ve využívání:
 - 1. Hnojiv**
 - 2. Závlah**
 - 3. Prostředků ochrany rostlin (pesticidů)**
 - 4. Mechanizace**

Hnojiva

- V evropském zemědělství jsou sice široce zaváděna již od 19. století:
 - fosfátová hnojiva se začala používat ve 40. letech
 - dusičnan sodný v 60. letech
 - síran amonný v 70. letech
 - potaš v 90. letech
- ... ale celosvětové trendy využívání hnojiv jsou dobře patrné i při znázornění až od 50. let 20. století:

Hnojiva

- Nejnápadnějším rysem je rychlý a neklesající nárůst spotřeby dusíkatých hnojiv, ke kterému významně přispělo zvládnutí chemické fixace atmosférického dusíku a následné výrazné snížení energetické náročnosti této výroby
 - za posledních 80 let došlo k poklesu asi na 1/10; přesto však stále stoupající spotřeba dusíkatých hnojiv představuje největší část energetických nároků zemědělství



Trendy globálního ročního využívání dusíkatých, fosforečných a draslíkových hnojiv (hodnoty FAO). Nápadný je výrazný a neklesající růst spotřeby dusíkatých hnojiv.

Hnojení dusíkem

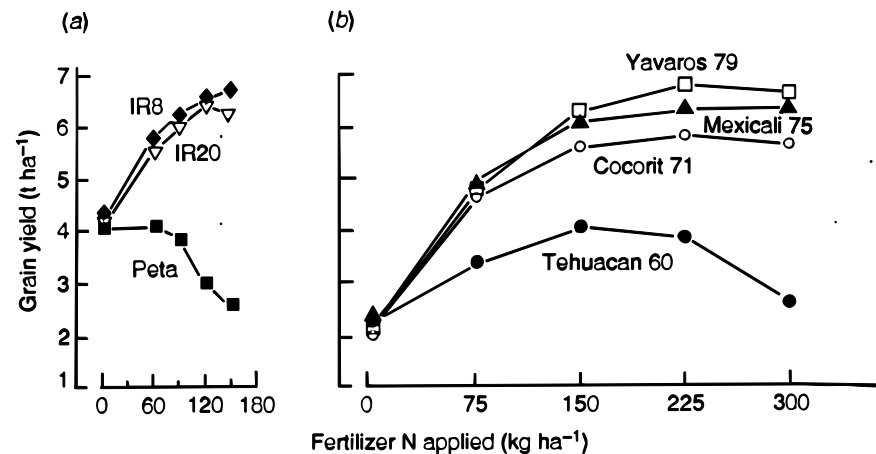
- I když samozřejmě ne všechny vlivy N hnojiv jsou žádoucí (vyšší nutriční obsah pletiv např. zvyšuje populace škůdců, hustší porosty mohou znamenat nebezpečí nemocí, nadbytečný N se může hromadit v půdě nebo podzemní vodě atd.), hnojení dusíkem je u mnohých plodin ve 20. století z větší části zodpovědné za růst výnosů
 - Bez N hnojiv by se např. výnosy pšenice pohybovaly maximálně okolo 2 t ha⁻¹

Hnojení dusíkem

- Zvýšení dusíkatého hnojení vede ke zvýšení koncentrace N v listech plodin, což zvyšuje množství enzymu rubisko a jiných fotosyntetických enzymů
- Dusíkatá hnojiva zvyšují listovou plochu a oddalují retranslokaci N před jejich stárnutím, což prodlužuje období fotosyntetické aktivity listu
- Vysoká hladina přístupného N v půdě je nezbytným předpokladem optimalizace porostu při šlechtění na změny velikosti, tvaru a úhlu postavení listů a při šlechtění na zvýšení rychlosti nárůstu listové plochy co nejdříve po vzejití semenáčků; to má za následek, že listová plocha přijímá mnohem dříve více světla (což zefektivňuje využití slunečního záření), efektivněji je využita přístupná voda (snižují se evaporační ztráty z půdy) a snižují se ztráty způsobené plevelely (vyšší kompetitivitou plodiny)
 - N hnojiva tedy urychlují vzcházení a počáteční růst plodin, čímž zvyšují relativní pokryvnost listů (LAI index), tím zachycování slunečního záření a efektivitu jeho využívání
 - To umožňuje šlechtitelům zkracovat vegetativní část vývoje plodin.
- Na konci vegetativního cyklu zase adekvátní zásoba N snižuje potřebu mobilizace N z listů do skladovacích orgánů; to umožní prodloužení fotosyntetické aktivity vegetativních pletiv a prodloužení doby skladování asimilátů do sklizených orgánů (což může dále zvýšit výnos)
- Přídatky N také umožňují překonat nepřímou úměru mezi výnosem a obsahem bílkovin (protože dodatekový N může rostlina alokovat pro účely skladování)
- U některých plodin bylo navíc zjištěno, že přídatky N snižují hmotnost kořenového systému, což umožňuje šlechtitelům alokovat takto uspořenou energii do produktu.

Hnojení dusíkem

- Závislost mezi množstvím aplikovaného N a výnosy je u různých plodin a odrůd různá; téměř vždy se však s přidavkem N zvyšuje výnos rychleji u moderních odrůd než u odrůd starších
 - a právě vysoká výnosová odpověď moderních odrůd na N je jednou z hlavních příčin vysokého využívání N hnojiv v moderním zemědělství



Výnos zrna ovlivněný množstvím N-hnojiva u starých (Peta, Tehuacan) a nových odrůd. (a) rýže na Filipínách (Chandler 1979); (b) tvrdé pšenice v Mexiku (Commyt 1980). Je patrná podstatně vyšší výnosová odpověď moderních odrůd.

Hnojení dusíkem

- Výnosovou odpověď N hnojiv mohou kladně ovlivnit přídavky ostatních živin, jako je P a K, a také některých mikroživin
- Snižující se návratnost využití N hnojiv (tj. snižující se zisk na jednotku aplikovaného množství N) přitom zatím není příliš patrná
- Důvodem jsou zřejmě synergické interakce s ostatními agronomickými inovacemi, jako je šlechtění nových odrůd, zvyšování hustoty porostu, zavlažování, ochrana rostlin apod.

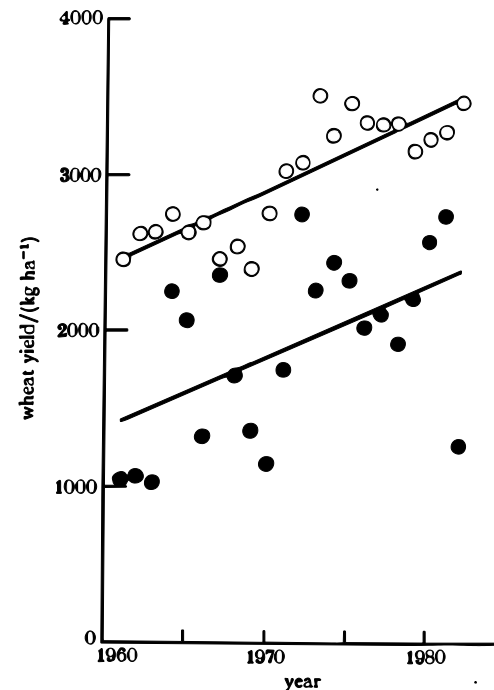
Závlahy: zisky

- podstatné zvýšení výnosů: průměrná produkční účinnost na jednotku plochy se zvyšuje asi 2,5x
- stabilnější a méně riskantní produkce
- možnost pěstování mimo obvyklou vegetační dobu: v teplotně vhodných oblastech závlahy umožní více sklizní za jeden rok
- možnost pěstování mimo obvyklé prostředí: závlahy umožní růst a vývoj plodin v aridních oblastech
- poskytnutí nových šlechtitelských příležitostí: závlahy umožní alokační šlechtění rostlin s delším obdobím zrání produktu a s menší investicí asimilátů do kořenového systému, což může výrazně zvýšit výnos
- v neposlední řadě dochází ke zvyšování efektivity ostatních dodatků, a to nejen tím, že s nimi závlahy pozitivně interagují na zvýšení výnosu, ale také tím, že některé z dalších dodatků se pomocí závlah snadněji a levněji aplikují

Závlahy

Stabilita a pokles rizikovosti produkce

- nejlépe patrné při srovnávání výnosů ze zemí s přibližně stejným klimatem, jestliže se v jedné zemi pravidelně zavlažuje a v druhé se především praktikuje zemědělství závislé na srážkách
- např. v Egyptě, kde je široce rozšířeno zavlažování, jsou výnosy podstatně vyšší a mají menší variabilitu (koeficient rozptylu s pohybuje okolo 7 %) v porovnání s Izraelem, kde jsou nižší výnosy spojeny s vyšším koeficientem rozptylu výnosů (26 %)



Trendy ve výši a spolehlivosti výnosů pšenice pěstované pod závlahami v Egyptě (prázdná kolečka) a v aridních oblastech bez závlah v Izraeli (plná kolečka) (Stanhill 1986). Závlahy nejen zvyšují výnosy, ale i výnosovou spolehlivost tím, že snižují variabilitu ve výši výnosů.

Závlahy

Zvyšování efektivity ostatních dodatků

- Je patrné především jako silná pozitivní interakce mezi výnosem, zásobováním vodou a dusíkatými hnojivy, která je jedním z nejvýznamnějších faktorů pro udržení výše výnosů a neklesající návratnosti využití vysokých dávek hnojiv
- Zavlažování pozitivně interaguje také s využitím fosforu a některých dalších živin
- Hnojiva se také pomocí závlah snadněji a levněji aplikují, a to jejich přidáváním do zavlažovací vody (**fertigace**)
 - Tato praxe zvyšuje efektivitu hnojiv, zejména dusíku aplikovaného na písčité půdy, umožňuje průběžné optimalizování dávek hnojiv a může také snížit ztráty vyplavováním nebo výparem
- Některé závlahové systémy umožňují aplikovat současně také některé pesticidy proti škůdcům, chorobám a plevelům (**chemigace**).

Závlahy a poškození rostlin

- Závlahy mohou zvyšovat poškození plodin:
 - např. v tropech, jestliže závlahy umožňují kontinuální pěstování některých plodin, kontinuální pěstování může stabilizovat populace některých významných škůdců
- vyšší vlhkost díky závlahám může zvýšit problém s některými nemocemi a podpořit některé plevely
 - i když ve své extrémní formě – při zaplavení, jako např. u kultur rýže – závlahy naopak růstu plevelů brání

Závlahy jsou jedním z největších světových spotřebitelů vody

- V roce 1965 bylo 81 % veškeré využívané vody na naší planetě využíváno na závlahy; tato proporce se sice postupně snižuje, ale i tak je dále zapotřebí zvyšovat efektivitu využití závlah
 - Např. v Izraeli se díky intenzivnímu výzkumu zvýšila efektivita využití zavlažovací vody (proporce z aplikované vody využitá rostlinami) za posledních 40 let z 0,3 na 0,8 a index efektivity zavlažování (poměr výše výnosu ku množství vody využité k závlahám) se zvýšil 2,5x
- Vzhledem k vysokým nákladům na zavlažovací zařízení je však ve velmi suchých prostředích, kde jsou vysoké ztráty vody výparem, přesto obtížné dosáhnout rozumné ekonomické efektivity závlah (tj. poměr zisku ze systému závlah ku nákladům na ně)

Pesticidy

- Obrázek ukazuje velký **nárůst efektivity pesticidů** proti škůdcům, plevelům a chorobám
- S poklesem účinných dávek každé nové třídy pesticidů, a to až o několik řádů, jde ruku v ruce vylepšování:
 - aplikační techniky používáním menšího množství vody (snížení množství vody zaváděním nízkoobjemových a ultranízkoobjemových postřiků tak umožnilo rozšířit využití pesticidů v zemích, kde je nedostatek vody)
 - a zejména vylepšování aplikací časově i prostorově přesněji cílenými zásahy
- V neposlední řadě se u každé další třídy pesticidů zpravidla také snižuje jejich toxicita na necílové organismy, schopnost jejich nežádoucí akumulace v prostředí a možnosti jejich nežádoucích úniků

Aplikační dávky vybraných agrochemikálií vynesené do grafu proti roku svého zavedení do zemědělské praxe. Z grafu je patrná zvyšující se efektivita nověji zaváděných přípravků. Při zavedení nové třídy přípravků se snižují aplikační dávky, aniž by došlo ke snížení účinnosti. Aplikační dávky moderních pesticidů jsou až 100 000 krát menší než u prvních organických jedů.

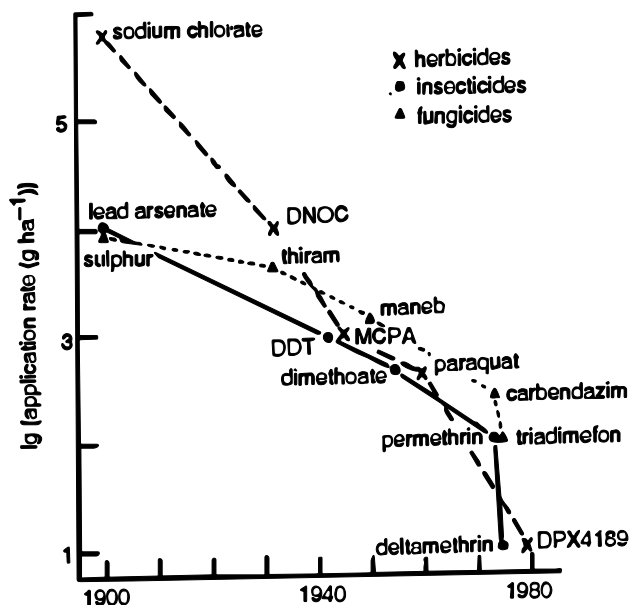


Figure 7.16. Application rates, on a logarithmic scale, for representative crop protection chemicals plotted against the year of their introduction (Graham-Bryce, 1981).

Pesticidy

Integrovaná ochrana proti biotickým antagonistům produkce

- Je dalším vynikajícím příkladem synergických interakcí mezi dodatky
- Například herbicidy, jejichž spotřeba v posledních desetiletích roste nejrychleji ze všech dodatků, nejen zvýšily produktivitu práce (odstraněním ručního odplevelování), ale také uvolnily ruce agronomii, protože právě plevelé dříve diktovaly zařazení plodin do osevních postupů; použití herbicidů (spolu s ostatními dodatky) tak snížilo význam osevních postupů i orby:
 - herbicidy umožňují aplikaci bezorebných systémů, čímž jednak urychlují "obrat" plodin (to usnadní využití postupných víceplodinových systémů, a to zejména v teplých oblastech světa) a jednak umožní kultivaci strměji svažitých pozemků
- Výhodná je často i kombinace pesticidů se šlechtěním, protože vnášení genů rezistence proti škůdcům či chorobám či rezistence proti herbicidům často působí výnosovou depresi
 - využití účinných pesticidů proto může šlechtitelům uvolnit ruce pro větší soustředění na výnosovou složku plodin.

Pesticidy a ekonomické prahy škodlivosti

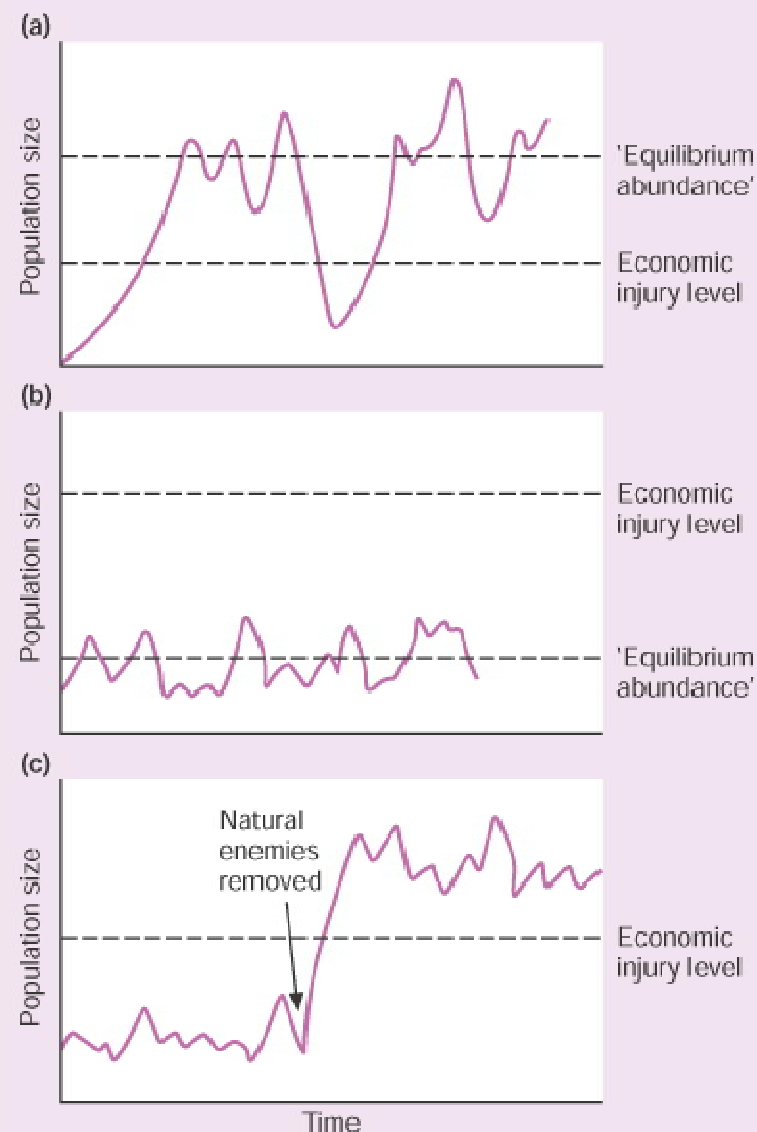
- ekonomických práh škodlivosti je populační hustota škůdců, při které působí takové škody, že zisky z ochranného opatření pomocí pesticidů převýší náklady na jejich použití
 - využití účinných pesticidů spolu s ekonomickými prahy škodlivosti představuje další faktor, který může šlechtitelům uvolnit ruce pro větší soustředění na výnosovou složku plodin

Ekonomický práh škodlivosti

a) škůdce

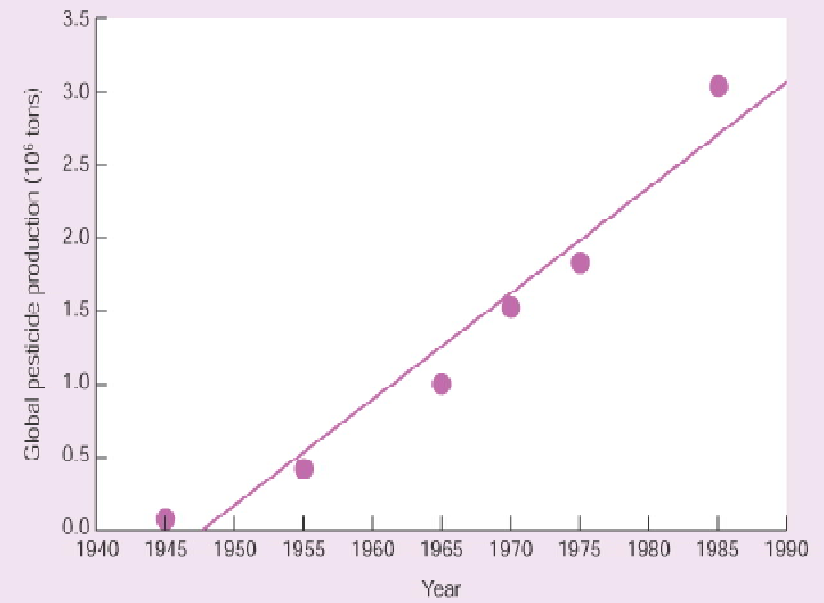
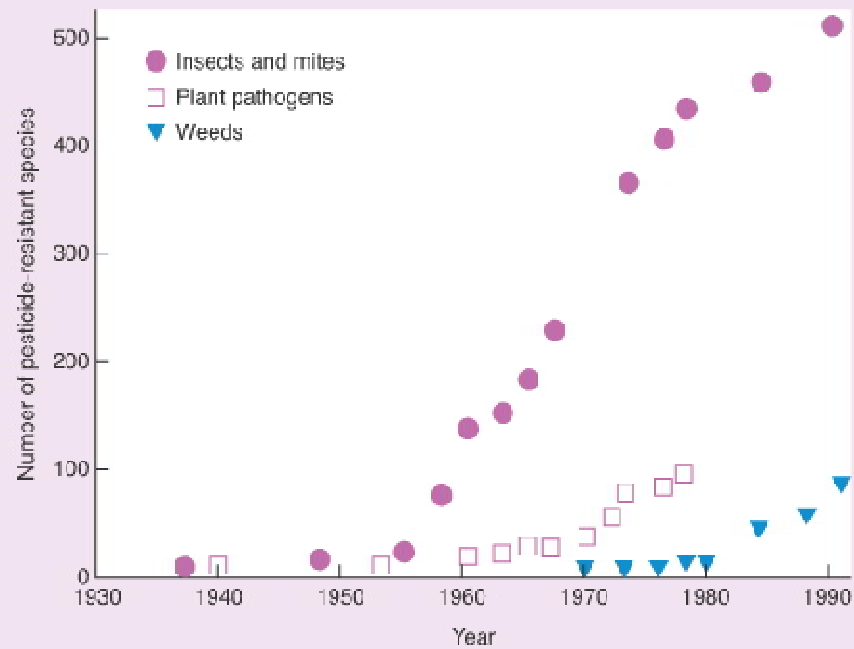
b) neškodný druh

c) potenciální škůdce



Pesticidy

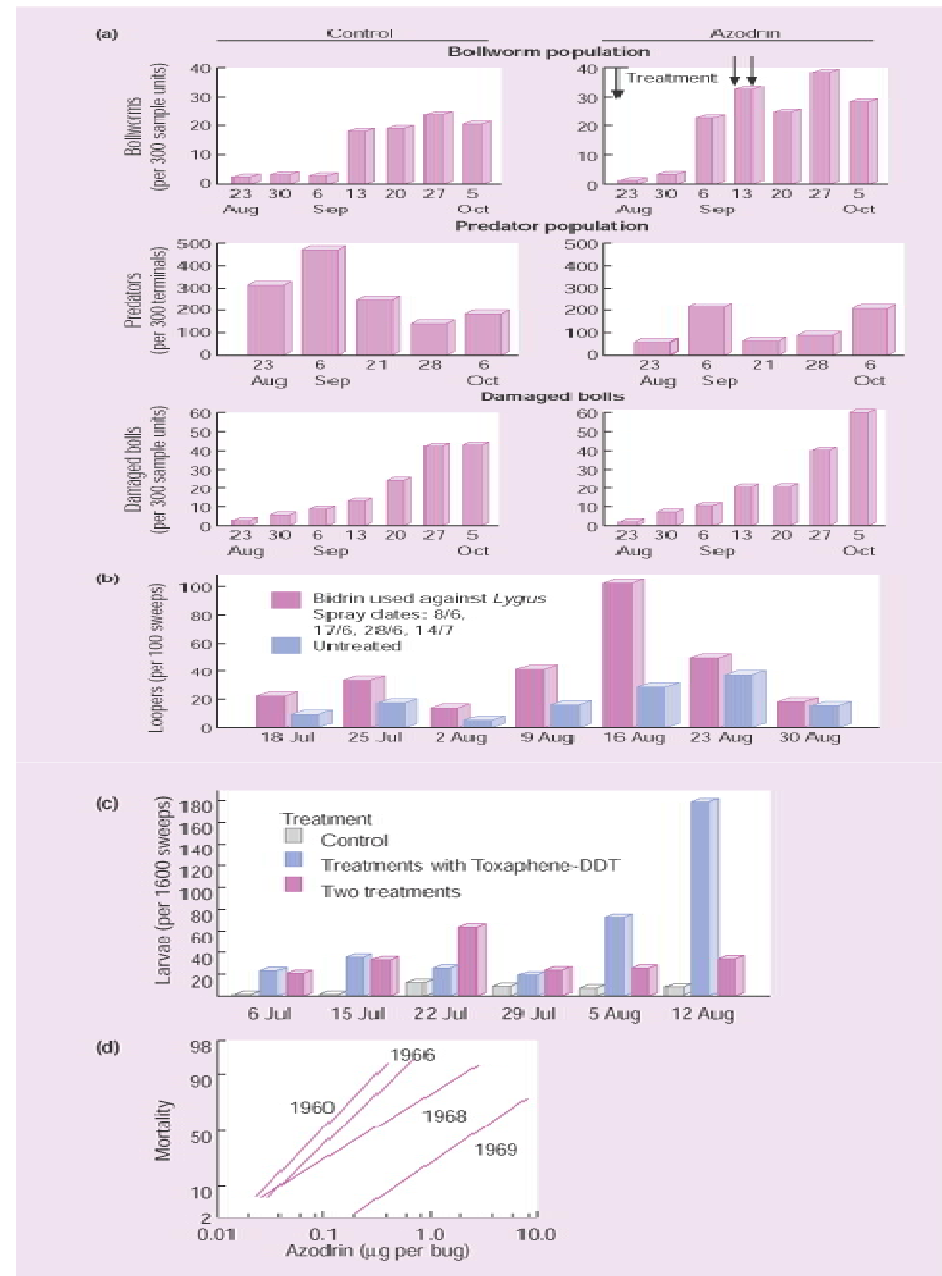
Problémy a zásluhy



Biologická regulace škůdců

- Klasická
- Inokulace
- Inundace

Integrovaná ochrana rostlin



Mechanizace

- podstatně zvyšuje energetickou návratnost každého joulu energie, vydaného člověkem na sběr a produkci potravy

Mechanizace a energetická návratnost lidské pracovní síly

tj. poměr získané a vydané energie

Mechanizace a energetická návratnost lidské pracovní síly

- u sběračů a lovců spadá do rozsahu asi 4 – 20 (podobný poměr nacházíme i u divoce žijících živočichů a i v některých nepříliš efektivních kočovně polařících systémech)
 - Některé systémy kočovného polaření však mají energetickou návratnost i vyšší než 60, a to tehdy, zvyšuje-li se využití hospodářských zvířat
- Při mechanizaci a intenzifikaci moderního zemědělství je energetická návratnost 50 - 4 000.
 - Jak vidíme, byla energetická návratnost lidské pracovní síly **zvýšena intenzifikací zemědělských systémů téměř 1000 x**

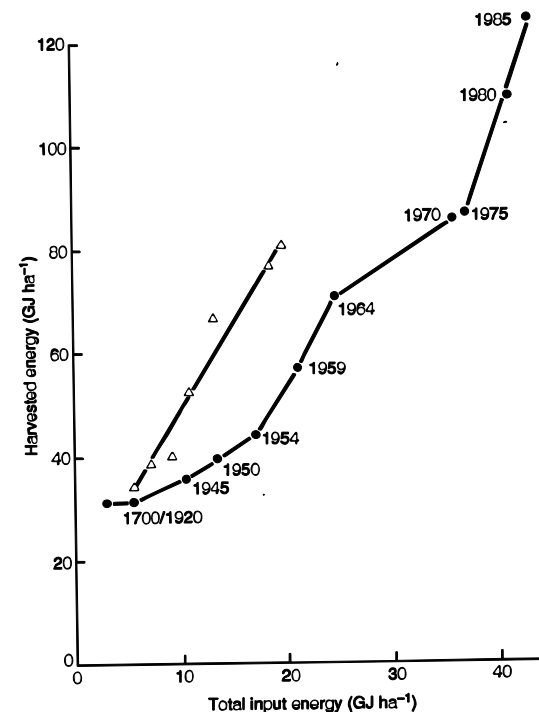
Mechanizace

Výnosová odpověď na vysoké energetické vstupy

- má teoreticky vždy tvar křivky se snižující se návratností; to znamená, že při nízké úrovni energetických vstupů roste výnos téměř lineárně, ale tento trend se od určité úrovně vstupů zpomaluje (to znamená, že na každou další jednotku energetického vstupu je pak výnosová odpověď stále nižší)

Mechanizace: Výnosová odpověď na vysoké energetické vstupy – příklad kukuřice

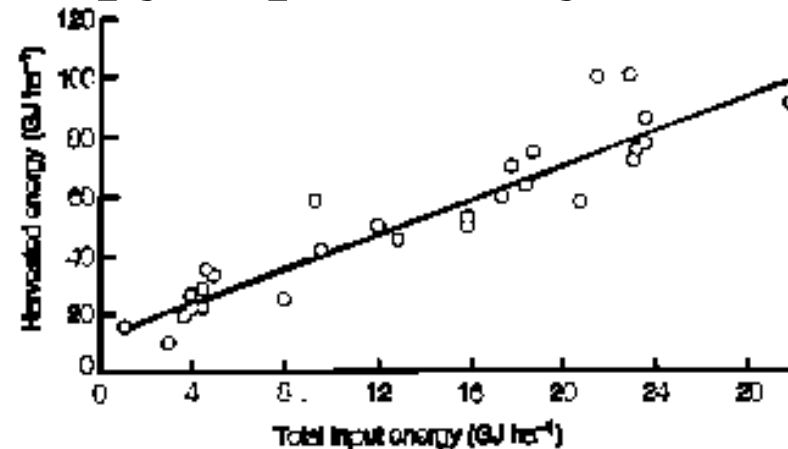
- Protože energetická analýza umožňuje vyjádřit všechny dodatky (lidská i zvířecí práce, hnojiva, závlahy, zpracování půdy, využití mechanizace apod.) ve stejných energetických jednotkách, můžeme pomocí ní získat představu o vztahu mezi celkovou vloženou a sklizenou energií
- Výsledek týkající se pěstování kukuřice je na obrázku; je vidět, že zatím nedochází ke snižování návratnosti dodatků



Kukuřice v USA – vztah mezi energií vstupů dodatků a energií sklizeného produktu. Data z let 1945-1985 a odhady z let 1700-1920. Plná kolečka odhady Pimentela (1990), prázdné trojúhelníky odhady Smila et al. (1983). Prozatím se nepotvrzuje snižující návratnost dodatků. Podle Evanse (1993).

Mechanizace: výnosová odpověď na vysoké energetické vstupy – příklad rýže

- také srovnávání různých pěstelských systémů rýže nesvědčí o snižující se návratnosti; do této studie byly přitom zahrnuty jak extenzivní systémy, poskytující 1,2 t ha⁻¹, tak intenzivní zavlažované systémy s 8 t ha⁻¹ a organické farmy



Vztah mezi celkovými energetickými dodatky a množstvím energie ve sklizeném produktu pro 28 systémů pěstování rýže. Produkce intenzivnějších systémů roste přímo úměrně s energetickými dodatky. Podle Irriho (1988).

Jak jsme se zatím dokázali vyhnout snižující se návratnosti energetických vstupů?

- jedná se o souběh mnoha faktorů, ale hlavní příčiny jsou tyto:
 1. pokračující **inovace**, jak agronomické, tak i genetické
 2. stále se **zlepšující efektivita výroby dodatků**, jejich formulace a využití
 3. **synergické interakce** mezi dodatky

Inovace

- Agronomické inovace:
 - např. zavedení traktorů, hnojiv, insekticidů, herbicidů, závlah, precizního setí atd.
- Genetické inovace
 - byly již zmíněny

Efektivita výroby dodatků

- lze demonstrovat např. snížením energetických požadavků na výrobu N hnojivnebo zavedením mnohem účinnějších pesticidních látek
 - je sice pravda, že výroba účinnějších látek může vyžadovat více energie, ale takovéto zvýšení je však více než kompenzováno podstatným snížením aplikačních dávek

Synergické interakce

- Synergické interakce mezi dodatky již také byly objasněny na mnohých příkladech
- Další výbornou ukázkou, souvisejícím přímo s mechanizací jako dodatkem, může být vývoj technik **minimální orby**
 - Jejich aplikací lze snížit energetické vstupy, snížit erozi, umožnit časnější setí (což podporuje šlechtění na odrůdy odolnější k chladu ve fázi časného růstu), atd.
 - tato technika tak má velký vliv nejen na energetiku zemědělství, ale také na jiné aspekty, jako jsou erozní ztráty půdy, infiltrace vody, vodozadržná kapacita půd, hnojení, škůdci, nemoci a plevel

Regulace škůdců

- Existuje asi 8 000 druhů plevelů, 9 000 druhů škůdců a 50 000 druhů rostlinných chorob