

Ústřední komise biologické olympiády

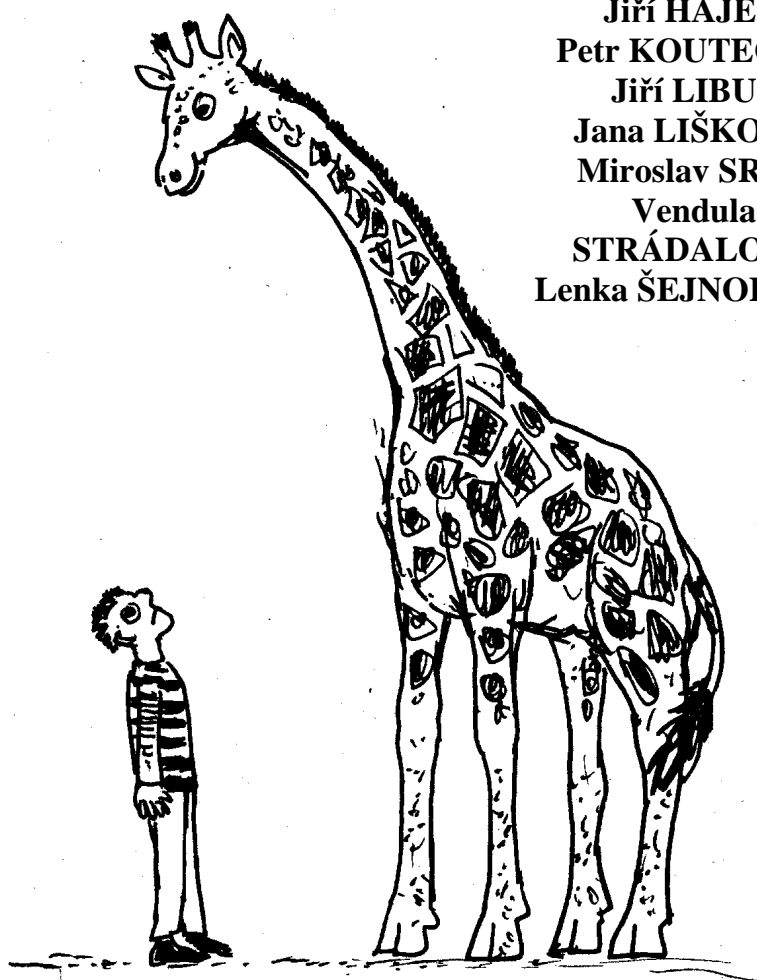
# BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA

2002/2003

37. ROČNÍK

## ČLOVĚK A OSTATNÍ ORGANIZMY

*přípravný text kategorie A, B*



Jiří HÁJEK  
Petr KOUTECKÝ  
Jiří LIBUS  
Jana LIŠKOVÁ  
Miroslav SRBA  
Vendula  
STRÁDALOVÁ  
Lenka ŠEJNOHOVÁ

INSTITUT DĚTÍ A MLÁDEŽE

Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy

Praha 2002

## OBSAH

	<b>O tématu a biologické olympiádě</b>	3
<b>I.</b>	<b>ČLOVĚK A ROSTLINY</b>	4
<b>I.1.</b>	<b>Užitkové rostliny a rostlinná výroba</b>	5
I.1.1.	Domestikace rostlin	5
I.1.2.	Historie evropského zemědělství a šlechtitelství	6
I.1.2.1.	Přechod od sběračství a prvopočátky pěstování kulturních plodin	6
I.1.2.2.	Starověké zemědělství	8
I.1.2.3.	Zemědělství ve středověké střední Evropě	9
I.1.2.4.	Objevení Ameriky a dovoz amerických plodin	10
I.1.2.5.	Vývoj zemědělství a šlechtitelství na počátku novověku	10
I.1.2.6.	Zemědělství aktivně využívající mendelizmu	11
I.1.2.7.	Epocha GMO	12
I.1.3.	Vznik, původ a některé charakteristiky hlavních zemědělských plodin	12
I.1.4.	Rostlinná výroba ve světě a u nás	20
<b>I.2.</b>	<b>Nepůvodní, invazní a expanzivní druhy</b>	20
I.2.1.	Důležité pojmy	21
I.2.2.	Invazní rostliny	22
I.2.3.	Citlivost původních společenstev k invazím	24
I.2.4.	Průběh invaze a její důsledky	25
I.2.5.	Invazní a expanzivní druhy v ČR	27
<b>II.</b>	<b>ČLOVĚK A ŽIVOČICHOVÉ</b>	32
<b>II.1.</b>	<b>Domestikace</b>	32
II.1.1.	Nejvýznamnější domestikovaní živočichové	33
<b>II.2.</b>	<b>Další hospodářsky využívání živočichové</b>	41
<b>II.3.</b>	<b>Synantropizace</b>	42
<b>II.4.</b>	<b>Invazní a expanzivní živočichové</b>	42
II.4.1.	Invazní bezobratlí	43
II.4.2.	Invazní a expanzivní obratlovci	43
<b>II. 5.</b>	<b>Chov hospodářsky nevyužívaných živočichů</b>	44
II.5.1.	Zoologické zahrady - funkce a význam včera i dnes	44
II.5.2.	Chov domácích „mazlíčků“	46
<b>III.</b>	<b>ČLOVĚK A KRAJINA</b>	49
<b>III.1.</b>	<b>Velké historické změny střeoevropské krajiny</b>	49
III.1.1.	Mezolit	51
III.1.2.	Neolitická revoluce	51
III.1.3.	Od neolitu po středověk	53
III.1.4.	Středověk	54
III.1.5.	Vznik moderní krajiny	55
<b>III.2.</b>	<b>Rysy moderní krajiny</b>	56
<b>III.3.</b>	<b>Změny v krajině a ohrožené druhy organismů</b>	57
<b>III.4.</b>	<b>Antropogenní biotopy</b>	59
III.4.1.	Údolní nádrže	59
III.4.2.	Rybníky	61

<b>IV.</b>	<b>ČLOVĚK A MIKROORGANIZMY</b>	64
<b>IV.1.</b>	<b>Typy mikroorganismů</b>	64
IV.1.1.	Bakterie	64
IV.1.2.	Houbové organizmy	65
<b>IV.2.</b>	<b>Kvašení – fermentace</b>	68
IV.2.1.	Alkoholové kvašení	68
IV.2.3.	Další typy kvašení	69
<b>IV.3.</b>	<b>Využití mikroorganismů</b>	69
IV.3.1.	Potravinářství	69
IV.3.2.	Farmakologické využití mikroorganismů	77
IV.3.2.1.	Antibiotika	77
IV.3.3.	Průmysl a ostatní oblasti využití mikroorganismů	79
IV.3.3.1.	Čištění odpadních vod	79
IV.3.3.2.	Průmyslová produkce enzymů	80
<b>IV.4.</b>	<b>Šinice a řasy</b>	81
<b>Apendix 1:</b>	<b>ŠLECHTITELSTVÍ</b>	88
<b>Apendix 2:</b>	<b>MODELOVÉ ORGANIZMY</b>	95
	<b>LITERATURA</b>	100
	<b>JMENNÝ REJSTŘÍK</b>	101
	<b>VĚCNÝ REJSTŘÍK</b>	106

ISBN: 80 86033-88-0

## O tématu a biologické olympiádě

Jak už jste si asi všimli, témata biologické olympiády jsou rok od roku širší. Je tomu tak schválně. Chtěli bychom, aby si každý z vás našel alespoň nějakou kapitolku, která by mu byla blízká a aby nikdo nemohl říci, že byl kdokoliv v tomto roce zvýhodněn, protože stejným tématem se zabývá již několik let. Samozřejmě jsou s tímto opatřením spojeny i jisté komplikace. Například to, že množství požadovaných znalostí, a tím i náročnost soutěže, se neustále zvyšuje. Komplikací (pro nás) je také to, že 15 lidí, kteří v současnosti olympiádu připravují, sotva zvládne odborně pokrýt celé téma. Přesto věříme, že zvolená šířka jednotlivých témat je správná a pro vás daleko přínosnější, než kdyby se olympiáda týkala pouze úzkého, byť do detailu rozpracovaného, tématu.

Šíře letošního námětu olympiády byla bezesporu dotažena do extrému. Vždyť pod název „Člověk a ostatní organizmy“ se schová úplně všechno. Navíc to není čistě biologické téma. Úzce se dotýká zemědělství, historie a archeologie, ale také filosofie. Na vzniku letošního přípravného textu se podílel nezvykle velký počet lidí. Každý z nich napsal kapitolu o tom, co mu z jeho oboru přišlo k danému tématu to nejdůležitější. Když jsme pak jednotlivé texty porovnali, zjistili jsme, že se sice většinou tématicky překrývají, ale značně se rozcházejí v názorech, které k danému problému každý jednotlivý biologický obor zaujímá. Po několika marných pokusech vytvořit jakýsi konsensus přijatelný pro všechny strany, jsme se rozhodli nechat jednotlivé kapitoly v původním znění. I přesto, že si občas trochu protřečejí. Letošní téma má totiž jednu velkou výhodu a nevýhodu zároveň. Doufáme, že oproti tématům z předchozích let by vám mělo být blízké a srozumitelné. Na druhou stranu zase obsahuje jen minimum „nezvratných faktů“, které se dají naučit. Většina brožury jsou teorie, názory a polemiky, se kterými sice souhlasit můžete, ale také třeba nemusíte.

A jako každý rok, chtěli bychom připomenout, že tato brožura není koncipována jako učebnice, kterou je třeba umět nazpaměť. Snažili jsme se, aby to byl spíše průvodce, který Vás provede zvolným tématem a nastíní některé podle našeho názoru nejdůležitější problémy. Tento text je sice vítanou, nikoliv však nezbytnou pomůckou pro řešení úloh biologické olympiády. Zejména ve vyšších kolech je důraz kladen spíše na schopnost „biologického uvažování“, než na množství nastudovaných informací. Pokud Vás v tomto textu cokoliv zaujme a podnítl to vaše další studium biologie, případně pokud se k tomuto textu kdykoliv vrátíte v budoucnosti, budeme mít za to, že splnil svůj účel.

## I. ČLOVĚK A ROSTLINY

Vegetační kryt určuje na většině míst základní strukturu prostředí. Tím ovlivňuje všechny ostatní organizmy žijící na daném místě, člověka nevyjímaje. Lze předpokládat, že zpočátku byl vztah člověka a rostlin téměř „jednosměrný“. Prostředí ovlivňovalo člověka, co se týče možnosti úkrytu, nabídky potravy atd., ale opačný vliv byl zanedbatelný. Časem začal člověk své prostředí rovněž ovlivňovat („přetvářet k obrazu svému“) a v současnosti již platí spíše obrácený vztah.

Jaký význam mají rostliny pro člověka? Některé příklady nás napadají okamžitě, zejména ty „pradávné“: potrava nebo stavební materiál v nejširším slova smyslu (tj. jak skutečný stavební materiál pro stavbu obydlí, tak materiál pro výrobu nejrůznějších předmětů - počínaje čistě užitečným oštěpem lovce mamutů a konče v podstatě neužitečnou hokejkou nebo okrasným slaměným kloboukem moderní velkoměstské slečinky). Snadno vás napadnou i další možnosti: funkce okrasná (parky a zahrady, ale také nejrůznější barviva na šaty) a rekreační, mnohé rostliny jsou nepostradatelné v medicíně a určitě lze vymyslet spoustu dalších využití (namátkou: použití rostlinných jedů k lovu, popř. k vyřizování si účtů mezi lidmi navzájem; tzv. rekultivace míst, která předtím člověk svojí činností zlikvidoval; zdroj energie v elektrárnách na biomasu).

Samozřejmě existují i významy negativní. Přímé smrtelné ohrožení člověka rostlinami je vzácné (viz následující odstavec). Na druhou stranu rostlin působících nějaké zdravotní komplikace, i když ne smrtelné, je celkem dost. Stačí připomenou hojně rozšířené alergie na pyl. Pak jsou tu z negativně působících rostlin třeba polní plevel, které snižují výnos a rostliny invazní.

Zajímavější je otázka opačná - co znamená člověk pro rostliny. Základní možnosti jsou samozřejmě stejné - ohrožení nebo prospěch. Jednotlivé rostliny jako takové člověka příliš neohrožují, takže ochrana vlastního života jako důvod likvidace některých druhů je výjimečná. Jedním z mála příkladů je značné omezení výskytu **koukolu polního** (*Agrostemma githago*) na našem území i v dalších částech Evropy díky cílenému čištění obilného osiva od jeho semen. Ta jsou silně jedovatá a způsobovala i velmi vážné hromadné otravy. U některých plevelů je také možné mluvit o cílené likvidaci, ale obecně jsou tyto případy vzácné. Většinou má to ohrožení povahu likvidace vhodného prostředí.

Přímý prospěch z činnosti člověka má mnoho užitkových druhů. Mnohé z nich v současnosti přežívají (téměř) výhradně v lidmi vytvořeném prostředí a s intenzívní lidskou pomocí. Některé z nich dokonce vděčí člověku za svoji samotnou existenci (mnohé plodiny jsou vícenásobní kříženci, kteří by spontánně asi nikdy nevznikli). U většiny z nich došlo rovněž k výraznému rozšíření areálu. Podobně to platí pro mnoho dalších druhů, které se vyskytují v člověkem vytvořených biotopech, ale víceméně samovolně, bez toho, že bychom na tom měli zájem (většina polních plevelů a nebo tzv. ruderálních druhů). Pro mnoho domácích druhů znamenala činnost člověka rozšíření škály prostředí, ve kterých se mohou vyskytovat. Někdy se dokonce zcela přestěhovaly do lidmi vytvořených biotopů (např. mnohé luční druhy).

Jak je vidět, je téma „člověk a rostliny“ velmi široké a není možné ho v této brožurce pojednat v celé šíři. Proto se téměř nebudeme věnovat první polovině vztahu člověka a rostlin (k čemu jsou rostliny člověku). Podrobně si všimneme opačného

vztahu, zejména procesu domestikace a následného úmyslného rozšíření některých kulturních druhů a stejně tak i neúmyslného rozšíření druhů dalších, které bylo často umožněno tím předešlým.

### **I.1. Užitkové rostliny a rostlinná výroba**

Člověk je od přírody všežravec a tudíž trofický vztah člověk - rostlina je stejně starý jako vztah člověk - živočich. Přesto však je rostlinná část zemědělství nepochybně mladší než část živočišná. K tomu se dostaneme ale později.

Zemědělství není jenom kravín a lány kukuřice, ale také truhlík muškátů na okně. Přesto ale začneme tradičně. Zemědělství si rozdělíme na výrobu živočišnou a rostlinnou a tu dále na užitkovou a okrasnou. Do okrasného zemědělství nespadá jen produkce řezaných růží, gerber a jiných lákadel na slečny. Patří sem mimo jiné právě ono pěstování muškátů za oknem a pěstování fíkusů v pokoji. Jelikož se řada lidí nudí, ukazuje se, že za oknem se dá pěstovat skutečně všechno od kaktusů přes sněženky a orchideje třeba až po masožravé rostliny. Z tohoto důvodu se okrasným zemědělstvím zabývat nebudeme a zaměříme se pouze na užitkové pěstitelství.

Rostlinnou výrobu provozuje lidstvo na všech kontinentech světa (snad kromě nehostinné Antarktidy). Jak známo, rostliny podléhají klimatu daleko více než teplokrevní živočichové, tj. ti, kteří jsou pro zemědělství rozhodující. Velblouda či pštrosa můžete chovat celoročně pod širým nebem i u nás a vůbec jim nebude vadit, že se nemohou prohánět mezi datlovými palmami, jak jsou zvyklí z domova. Zato kdybychom se zaměřili na produkci právě těch datlí, tak byste v našich zeměpisných šířkách neuspěli ani náhodou. Proto jsou rozdíly mezi rostlinnou výrobou jednotlivých oblastí daleko větší než u výroby živočišné. Z tohoto důvodu se zaměříme na zemědělství severního mírného pásu, zvláště pak na Evropu a zemědělské oblasti s ní související. Z 250 tisíc druhů cévnatých rostlin jich lidstvo využívá jako stěžejní zdroj rostlinné stravy jen asi 30, ale i tak se skutečně nemůžeme zabývat vývojem pěstování batátů, papáji, manioku, jamů...

#### **I.1.1. Domestikace rostlin**

Rostliny, které jsou dnes zemědělsky využívány, musely být stejně jako zvířata domestikovány. Je dobré si uvědomit hlavní aspekty tohoto procesu u rostlin. Domestikací rostlin rozumíme postupný proces zavedení rostlinného druhu do masové umělé kultury za účelem zemědělské produkce. Tento proces zahrnuje genetickou modifikaci původního druhu, která vede k změnám ve stavbě těla a fyziologii rostliny a tím zlepšuje její využitelnost v zemědělství. Těmito změnami jsou zejména:

- zvětšení využitelných částí rostliny (semena, hlízy, kořeny...);
- zkvalitnění těchto částí (vyšší obsah cukrů, oleje ...);
- zmenšení nevyužitelných částí (stonky ...);
- velmi často ztráta schopnosti účinně se rozmnožovat mimo kulturu;
- zlepšení mechanických vlastností rostliny pro účely polního pěstování (menší poléhavost, ustálená velikost pro mechanizovanou sklizeň...);
- udržení, popř. zlepšení odolnosti vůči patogenům.

Ovlivňován byl ovšem i člověk, jelikož pro dostatečnou produkci je nutné zvládnutí technologie pěstování. To znamená vlastní techniku pěstování, ale i hnojení, vynález vhodných nástrojů a později strojů a zahájení procesu šlechtění plodin.

### **I.1.2. Historie evropského zemědělství a šlechtitelství**

Tato kapitola by neměla být pouze popisem historického vývoje zemědělství, ale rádi bychom ukázali v chronologické posloupnosti vývoj vztahu člověka k rostlinám a také podstatné aspekty tohoto vztahu.

#### **I.1.2.1. Přejít od sběračství a prvopočátky pěstování kulturních plodin**

Rostlinná výroba, jak již bylo řečeno, je nepochybně mladší než výroba živočišná. Historické poznatky nasvědčují tomu, že s pěstováním rostlin ve velkém začali lidé v deseti na sobě nezávislých centrech (viz mapa). Pro vývoj našeho zemědělství jsou nejdůležitější centra na Blízkém a Středním východě a ve střední Asii (1, 2). Menší vliv na raný vývoj evropského zemědělství měla také centra v Africe a Indii. Velký dopad na evropské zemědělství mělo objevení Ameriky a introdukce tamních plodin. To už je ale moderní věk a tudíž moc velký skok. Takže zpět...

Byl vznik zemědělství vůbec nějaký vynález, jak dodnes podávají učebnice dějepisu? Proč některé národy nepřešly na vlastní produkci dodnes (Eskymáci, australští Aboridžinci)? Ke spontánnímu přechodu od sběračského a loveckého způsobu života k zemědělství a produkci vlastních potravin došlo nezávisle na několika místech zeměkoule. Jaké podmínky byly k tomuto přechodu zapotřebí a jak tento přechod probíhal?

Velmi podstatné je vhodné klima, což je jedna z podmínek, která například v Arktidě splněna není. Daná oblast musí disponovat přiměřeně teplým a vlhkým prostředím, ale také úrodnou půdou. Další podstatnou podmínkou, která musela nastat, byl nedostatek potravy. Na řadě klimaticky vhodných míst zeměkoule spontánně nevzniklo unikátní zemědělství právě díky tomu, že tam nedošlo k vyčerpání přírodních zdrojů potravy. Sběr a lov je totiž jednoznačně výnosnější, než primitivní zemědělství. Ovšem pokud je co lovit a sbírat. S koncem doby ledové se lidská společnost rozrostla a na druhé straně došlo v mnoha oblastech k vymření (pravděpodobně vyhubení) velkých savců, podstatné složky potravy neolitických lidí. Migrující lovci se proto začali usazovat na místech, kde mohli sbírat divoce rostoucí obiloviny. Na Blízkém východě se jednalo zejména o plané druhy pšenice (*Triticum* sp.) a ječmene (*Hordeum* sp.). Postupně se lidé naučili o tyto divoké porosty jednoduchými technikami pečovat. V první řadě začali s pletím těchto porostů - likvidací keřů a vytrháváním potravně nezajímavých rostlin. Takto vzniklá volná a rozrytá místa pravděpodobně dosazovali semeny sbíraných obilovin. Dodnes tak činí řada sběračských kmenů v Polynésii, které takto jednoduše pečují o porosty sbíraných rostlin.

Usedlý způsob života umožnil velmi podstatnou věc - skladování potravin a tím i zmírnění výkyvů ve stravě lidí. Společným důsledkem usedlého života a vyrovnanější stravy bylo zkrácení doby mezi jednotlivými porody. Ženy migrujících společností si mohou dovolit mít další dítě až po třech letech, kdy je první dítě dostatečně odrostlé a schopné samostatného přesunu. Zvýšení početnosti prvních

zemědělců mělo za následek dva zajímavé jevy. První z nich byl spíše zajímavý, než pro další historii důležitý. Lidská populace rostla o něco rychleji než zemědělská produkce, a tak skupiny prvních zemědělců byly prokazatelně podvyživenější než skupiny sousedících lovců a sběračů. Jejich výhodou byly ovšem již zmíněné častější porody. V momentě, kdy první zemědělci získali výraznou početní a technickou převahu, vytlačili původní lovce nebo jim nenásilně vnutili svůj způsob života. Blízkovýchodní plodiny se například k nám do střední Evropy dostaly vlivem obchodu a tedy jako důsledek šíření kultury a nikoliv invaze nějakého národa. Za povšimnutí stojí fakt, že totéž se děje dodnes. Potomci jihoamerických indiánů a původní obyvatelé ostrovů jihovýchodní Asie by nemýtili dobrovolně masově deštný prales kvůli pochybným plantážím, kdyby je tím euroamerická kultura neinfikovala.

Pletí, kypření a vysévání však nebyly jedinými agronomickými činnostmi prvních zemědělců. Je to až k nevíře, ale první zemědělci své plodiny začali okamžitě velmi intenzivně šlechtit. A to hned v několika rovinách! Jak záměrně, tak bezděčně. Lidé samozřejmě pečovali nejvíc o to, co jim nejvíc chutnalo. Trávu s největšími obilkami nejčastěji okopávali a její semena používali k setí. Řada prvních šlechtitelských kroků byla samozřejmě nevědomá. Lidé vybírali rostliny s mutacemi, které by přírodní výběr velmi rychle eliminoval, ale pro soužití s člověkem byly přímo ideální. Například velmi rychle selektovali obiloviny, kterým se samovolně nevysypou semena z klásků. Rostlina, která svá semena vytrousí, nemá šanci, že ji zemědělec sklídí, její semena aktivně vysadí a bude o ně dále pečovat. Z řady vytrvalých druhů se tak staly druhy jednoleté, protože jednoletky snášejí, ba přímo vyžadují, každoroční orbu a výsev a v konečném důsledku dávají mnohem rychleji mnohonásobně vyšší výnosy než víceleté alternativy těch samých druhů. Obecně a zjednodušeně řečeno, první zemědělci šlechtěním přizpůsobili plodiny ke svému způsobu života a obdělávání půdy.

Za povšimnutí stojí fakt, že postupná domestikace rostlin probíhala ve většině center vzniku zemědělství podobně. Jako první se lidé naučili využívat nějakou agrotechnicky zcela nenáročnou trávu s velkými výživnými obilkami. Plet a dosévat divoce rostoucí trávník bez orby je totiž poměrně jednoduché. V těsném sledu za lipnicovitými (Poaceae) byl obvykle domestikován nějaký druh bobovité rostliny (Fabaceae). Pěstovat například hrách je také nenáročné a výnosné. Ale narozdíl od divokého obilí už musíte osevňovací plochu každý rok zorat a hrách každoročně zasít. Samozřejmě se tenkrát nejednalo o takovou orbu, jak ji známe z pozdější doby - primitivními holemi se půda pouze nakypřila.

Výše popsáný postup domestikace rostlin je skutečně možné dokumentovat několika příklady:

Blízký východ	pšenice, ječmen	hrách, čočka
Střední východ, centrální Asie	pohanka	vojtěška
Dálný východ	rýže	sója
Střední Amerika	kukuřice	fazol

Důležité je, že kombinace obilovina - luštěnina je při své jednoduchosti nutričně velmi příznivá. Obiloviny zajišťují přísun sacharidů, luštěniny pak bílkovin.

Tento postupný přechod na usedlý, zemědělský způsob života začal v mezolitu, v době přibližně 15 - 10 tisíc let př. n. l. Je nutné si uvědomit, že co bylo napsáno o



vzniku zemědělství až potud, je tak trochu pohádka, i když podložená vědeckými poznatky. Roční závěrečné zprávy z činnosti neolitického JZD se jednoduše nedochovaly.



č.	Oblast (domestikované plodiny)
1	Blízký východ (pšenice, ječmen, hrách, čočka, vinná réva, fíkovník, palma datlová)
2	Střední Asie (pohanka, vojtěška, mrkev)
3	Kavkaz (většina ovocných stromů mírného pásu)
4	Dálný východ (rýže, čirok, broskvoň, citrusy, čajovník)
5	Velké Sundy (cukrová třtina, banánovník)
6	Afrika (čirok, vodní meloun)
7	Severní Amerika - jižní část (fazol, slunečnice, jahodník, tabák)
8	Střední Amerika (kukuřice, fazol, rajče, paprika)
9	Jižní Amerika - Andy (brambor, batáty)
10	Jižní Amerika - východní část (tabák, podzemnice olejná, bavlník, kakaovník)

### I.1.2.2. Starověké zemědělství

Jak to vypadalo, když začali lidé svá pole orat a vůbec zemědělit ve velkém, víme už poměrně přesně. V hrobkách se zachovala vysušená semena tehdejších plodin, byly nalezeny zuhelnatělé zbytky pečiva, pyl a nechybí ani písemné zmínky o starověkých zemědělciích.

Starověké civilizace Blízkého východu a Středomoří, které existovaly v období 3. - 4. tisíciletí př. n. l., využívaly jako hlavní zdroj rostlinné potravy pšenici a ječmen. Z luštěnin byly pěstovány hrách, čočka a boby. Jedinými druhy ovoce byly

rostliny v oblasti původní, tj. fíky, datle, granátová jablka a víno. Za zmínku stojí skutečnost, že v Chamurappiho zákoníku jsou popsány principy a postupy šlechtění rostlin, ke kterým jsou zemědělci nabádáni.

V období římského impéria došlo ke značnému obohacení lidského jídelníčku. Do jižní Evropy se po obchodních cestách dostaly všechny druhy ovoce pocházející z oblasti Kavkazu a Blízkého východu a dokonce i citrusy z jihovýchodní Asie. V souvislosti s šířením latinské kultury byly šířeny i tyto plodiny.

### **I.1.2.3. Zemědělství ve středověké střední Evropě**

Ve středověku, oproti dobám minulým, nedošlo k závratným změnám ve skladbě hlavních zemědělských plodin, ani k jejich výraznému prošlechtění. Na to byl středověk příliš krátkým obdobím. Pokroky v rostlinné výrobě byly spojeny spíše s pokrokem zemědělské techniky (např. vynález chomoutu) a způsobu hospodaření s půdou. Zdokonalovala se rádla, což umožňovalo hlubší a dokonalejší orbu. V průběhu středověku si lidé začali více uvědomovat význam obsahu živin v půdě pro celkový výnos. V raném středověku (u nás 5. - 10. století) lidé aktivně nehnojili. Živočišná výroba byla tenkrát ještě natolik chabá, že nebyla schopná zajistit dostatek hnojiva. Půdu, která již neposkytovala uspokojivé výnosy, přeměnili zemědělci na pastviny. Tak došlo k regeneraci půdy a jejímu samovolnému pohnojení trusem pasoucího se dobytka.

Kulturní revoluce ve střední Evropě na počátku vrcholného středověku (u nás 11. - 13. století) s sebou přinesla z vyspělejší jižní Evropy řadu technických vynálezů a jiných hospodářsky důležitých vymožeností. Pro zemědělství vrcholného středověku je typický například trojpolní systém (oblíbené téma snad všech učitelek dějepisu v 6. třídě ZŠ, které se nedá zapomenout). Zavzpomínejme tedy... Tento systém spočíval v ustáleném osevním plánu. Každá parcela, nebo chcete-li políčko, byla každý rok využita jinak. Jeden rok plodina A, druhý rok plodina B, třetí rok necháno ladem, v pozdějším období oseto nějakou píceinou. Jednalo se zejména o hrách nebo boby, což, jak víme, jsou rostliny schopné obohatit půdu dusíkem díky symbióze s dusík fixujícími bakteriemi (např. *Rhizobium*). Využití jednotlivých parcel se pravidelně střídalo, čímž byly zajištěny pravidelné výnosy při minimálním vyčerpávání půdy. V raném středověku byl dobytek chován na volno. Potuloval se po lesích a do ohrad byl zaháněn pouze na zimu, kdy byl dokrmován. Postupně byl dobytek chován stále více v blízkosti lidských sídel. To si vynutilo, ale zároveň také konečně umožnilo, hromadění hnoje. Ten byl nakonec použit k aktivnímu hnojení políček, které se běžně provozovalo už v pozdním středověku (14. - 15. století).

Jak již bylo řečeno, od starověku nedošlo k domestikaci nových plodin. Nejčastějšími obilninami byly pšenice a žito. Pšenice v oblastech teplejších, žito v oblastech chladnějších. Hlavními luštěninami byly hrách, čočka a boby. Nejčastějšími druhy zeleniny byly okurky, kapusta, řepa, mrkev, celer, česnek a cibule. Co se týče ovoce, byly využívány planě rostoucí druhy (jabloň, hrušeň, třešeň, višně, trnka). V období vrcholného středověku se však už objevovaly sady s ořešáky, švestkami a dokonce broskvoněmi, které pocházejí až z Dálného východu. Velmi starou tradici má pěstování révy vinné, která se na území ČR pěstovala prokazatelně už v 8. století. Nejdelší tradici má vinohradnictví samozřejmě na jižní Moravě.

Chmel, jedinou naši snad původní plodinu, se naučili lidé využívat až v 11. století. Do té doby rostl chmel bez povšimnutí podél vodních toků. Tak dlouho nám trvalo, než jsme přišli na to, k čemu je chmel dobrý.

#### **I.1.2.4. Objevení Ameriky a dovoz amerických plodin**

Těžko bychom si představili svůj jídelníček bez brambor, kukuřice, rajčat a třeba papriky. Jednotlivým příběhům těchto rostlin se budeme věnovat později. To, že brambory a spol. pocházejí z Ameriky, je notoricky známá věc. Méně triviální je, že zavedení těchto plodin do evropského zemědělství nebylo vůbec jednoduché a přímočaré. První kolonizátoři vozili z Ameriky zlato, zlato a zlato. Trvalo tedy několik desetiletí od objevení Nového světa, než někoho napadlo přivést také nějaké rostliny. Mezi prvními byly dovezeny samozřejmě nejběžnější plodiny jihoamerických Indiánů. To se stalo až v druhé polovině 16. století. Nejdříve byly tyto rostliny pěstovány jako botanické kuriozity v zahradách panovníků koloniálních mocností. Myšlenka, že by byly tyto rostliny používány jako zdroj potravin, se neprosadila hned z několika důvodů. V první fázi nebyla samozřejmě zvládnuta technika jejich pěstování. To by byl ale nejmenší problém, protože zahradníci byli, jsou a vždycky budou vysoce vynalézaví lidé. Největší překážkou byl konzervativní a mimořádně odmítavý postoj „osvícených“ Evropanů k novým plodinám. Například brambory byly proto více než sto let používány maximálně jako krmivo pro zvířata. Pro účely nasycení lidí se brambory začaly pěstovat až v 18. století!

#### **I.1.2.5. Vývoj zemědělství a šlechtitelství na počátku novověku**

Postupem času docházelo k dalšímu výraznému rozvoji zemědělství. Rozvoj řemesel a později průmyslu umožnil značné zdokonalení a zkvalitnění zemědělského náradí a strojů. To mělo za následek zejména kvalitnější obdělávání půdy, přestože jedinými silami byly síly zvířecí a lidská. Zemědělství bylo tedy ještě značně namáhavé, dosahovalo však srovnatelných výnosů se zemědělstvím dnešním.

V roce 1682 popsali Angličané Nehemiah Crew a Thomas Millington záměrný přenos pylu. Nedlouho poté (1694) objevil a popsal pohlavnost u rostlin německý zahradník Rudolph Jakob Camerarius. Toto byly dva základní předpoklady k tomu, aby řada zahradníků po celé Evropě začala aktivně šlechtit ovoce, zeleninu i ostatní zemědělské plodiny. Velmi často to byli zahradníci panského dvora, kteří měli za úkol přinášet na stůl svého pána stále lahodnější ovoce atd. První šlechtitelé postupovali pouze intuitivním výběrem nejslibnějších rostlin. Tyto postupy nemohly být založeny na znalostech genetiky, ale pramenily z dokonalé znalosti rostlinných druhů, se kterými zahradníci pracovali.

Přestože genetické zákonitosti na své objevení teprve čekaly, bylo 18. a 19. století zlatým věkem zejména ovocného šlechtitelství. V této době kolonizovala Severní Ameriku Evropa. Spojení Nového a Starého světa obohatilo šlechtitelství oboustranně. V Americe se pionýři setkali s původní jabloní *Malus ionensis*, která dávala tak „chutné“ plody, že je nesbírali ani Indiáni. První průkopníci s sebou kromě jiného vozili pytle osiva, včetně semen jabloní, hrušní, třešní... Jeden z takových „vysévačů“, John Chapman zvaný Johnny Appleseed, se díky své činnosti stal národním hrdinou opěvovaným v lidových písních.

Po celém kontinentu byly vysazeny evropské jabloně. To znamenalo vznik tisíců a tisíců nových, geneticky unikátních forem. Řada z těchto stromů neušla pozornosti tamních zemědělců se šlechtitelskými záměry. Z této pradávne americké radiace pochází tak slavné jabloňové odrůdy jako Golden Delicious nebo Jonathan, odrůdy, které se dnes masově pěstují po celé Evropě. Naproti tomu Amerika obohatila evropské šlechtitelství o druhy *Prunus nigra* a *P. americana*, které byly používány při šlechtění švestek, blum a příbuzných peckovin.

Největším mezníkem v dějinách šlechtitelství však bylo popsání zákonů dědičnosti, poprvé popsanych Johannem Gregorem Mendelem v roce 1865. Jejich prosazením do praxe dostalo šlechtitelství zcela jiný rozměr.

#### **I.1.2.6. Zemědělství aktivně využívající mendelizmu**

Znovuobjevené Mendelovy zákony (C. Correns, H. de Vries, E. Tschermak) se staly pevným základem moderního šlechtitelství. U řady plodin došlo ke zvýšení výnosů na absolutní fyziologickou hranici, kterou nelze překročit ani při použití nejmodernějších technik využívajících přenos jednotlivých genů. Tento stav si můžeme konkrétně ukázat například na nejběžnější obilnině - pšenici. Kdybychom byli zdatní matematici, byli bychom schopni spočítat ze známých fyziologických parametrů (rychlost fotosyntézy, rychlost a účinnost využití dusíku, listová plocha...), kolik biomasy semen může vytvořit jedna rostlina. Nebo lépe řečeno, jaký nejpříznivější poměr může být mezi biomasou semen a biomasou fyziologicky aktivní částí rostliny.

Pšenice byla šlechtěna zejména za účelem zkracování stébla, nižší poléhavosti, zkracování internodií (tím větší počet listů a tedy i větší asimilační plocha na jednotku délky stonku) a zvětšování klasů. Před sto lety byla pšenice vysoká 150 - 170 cm. Dnes dosahuje výška stébel jen kolem 70 - 80 cm. Sklizňový index (poměr hmotnosti semen a hmotnosti celkové biomasy nadzemní části) se zvýšil až na svojí maximální fyziologicky únosnou hodnotu. Před sto lety dosahoval 30 - 40%, dnes se běžně pohybuje v polních podmínkách kolem 60%. Za podmínek ideální minerální výživy rostlin se může přiblížit až k 70%.

Obdobné výsledky přineslo i šlechtění ostatních obilovin. Například u ječmene se navíc podařilo výrazně zvětšit velikost zrn.

I bez použití molekulárně biologických metod se šlechtitelům a genetikům podařilo identifikovat řadu genů a jejich alel, které určují hospodářsky podstatné vlastnosti plodin (výnosy, mechanické vlastnosti, rezistence proti patogenům...). Jsou známé vzájemné polohy těchto genů a jejich vzájemné interakce. To vše za použití zákonů klasické mendelistické genetiky.

Ve 20. století se však našli i zarytí odpůrci Mendelových zákonů. Jmenujme alespoň dva - Trofima Denisoviče Lysenka a Vladimira Ivanoviče Mičurina. T. D. Lysenko proslul mimo jiné vedením, dnes bychom řekli, velké kampaně v potírání mendelizmu. V. I. Mičurin proti mendelovým zákonům otevřeně nevystupoval, ale při své šlechtitelské práci je nevyužíval. Přesto se stal jedním z nejvýznamnějších šlechtitelů 20. století. Při své práci postupoval živelně, veden zejména svým citem pro rostliny. Uskutečnil nepředstavitelnou řadu na sobě nezávislých šlechtitelských experimentů. Úspěšný byl zejména při vytváření mezidruhových hybridů. Například

třešeň (*Cerasus avium*) x střemcha (*Prunus padus*), jabloň (*Malus domestica*) x hrušeň (*Pyrus communis*), rajče (*Lycopersicon esculenta*) x lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*), okurka (*Cucumis sativus*) x meloun (*Cucurbita melo*), meruňka (*Armeniaca vulgaris*) x švestka (*Prunus domestica*)... Tato šlechtění prováděl zejména za účelem otužování choulostivých plodin k ruským klimatickým podmínkám. Řada vzniklých hybridů byla skutečně otužilá, ale o kvalitě plodů hybridu okurky a melounu, či rajčete a lilku potměchuti by se dalo pochybovat. Měly spíše význam experimentální nežli praktický. Na druhou stranu kříženec jablka a hrušky se ujal zejména v čínském zemědělství a dnes jej známe i z našich obchodů pod názvem „nashi“.

Mimořádně aktivní šlechtitelství však mělo i své negativní důsledky. Došlo ke značnému poklesu genetické variability stěžejních hospodářských plodin. Nové odrůdy vznikaly a vznikají prošlechtováním omezeného počtu osvědčených odrůd. Všechny mají proto společný genetický základ. Výnosy se tímto podařilo ustálit na velmi vysoké a poměrně konstantní úrovni. Trpí však zejména rezistence vůči patogenům a parazitům. V posledních dvaceti letech hledá šlechtitelství intenzivně nové geny a alely slibující zlepšení těchto nedostatků. Zdrojem těchto genů mohou být staré odrůdy, které se však staly mimořádně vzácnou raritou, pokud ještě nezmizely úplně. Udržovány jsou jen na málo místech ve sbírkách nadšenců a některých výzkumných ústavů. Dalším zdrojem obnovy genofondu jsou zcela divoké typy, které jsou však šlechtitelsky obtížně použitelné. Z těchto a jiných důvodů se soudobé šlechtitelství uchyluje k molekulárně biologickým technikám přenosu jednotlivých genů a dalším genetickým manipulacím.

### I.1.2.7. Epocha GMO

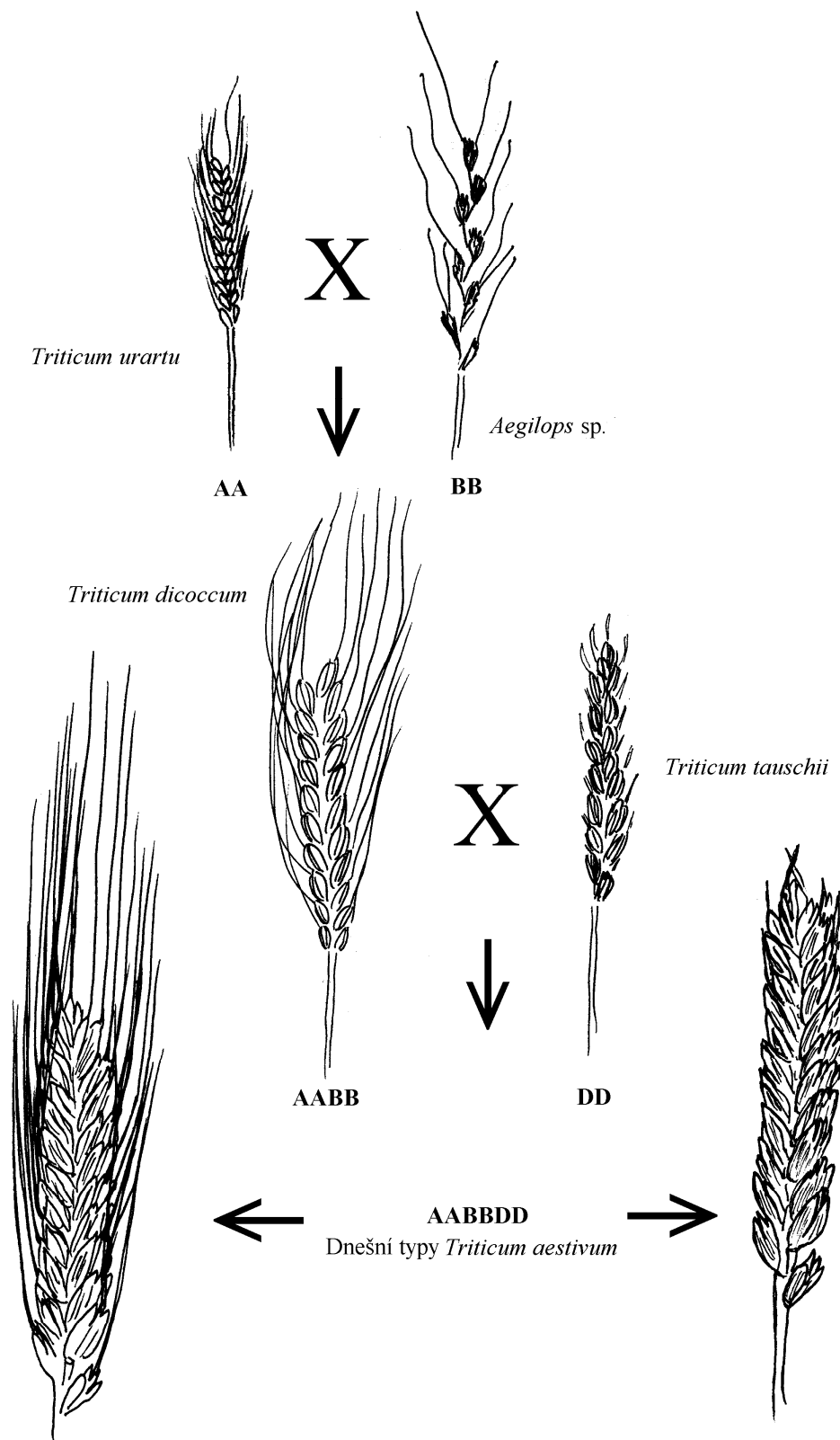
Rozvoj molekulárně biologických metod umožnil do té doby nevídané možnosti ve šlechtitelství. Dnes je možné zjistit, zda je požadovaný gen fyzicky v rostlině přítomen, i když jeho projev není vizuálně zřejmý. Je možné zjistit, zda rostlina produkuje požadovanou látku (konkrétní protein, cukr...) a v jakém množství. Je dokonce možné cíleně určitý nevýhodný gen umlčet. Je naopak možné vhodný gen do genomu šlechtěného organismu vložit, byť se jedná o gen zcela nepříbuzného cizího organismu. O tom ale více v kapitole o šlechtitelství.

### I.1.3. Vznik, původ a některé charakteristiky hlavních zemědělských plodin

V této kapitole si přiblížíme vznik a historii nejvýznamnějších člověkem využívaných plodin.

#### **Pšenice** (*Triticum* sp.)

Snad nejbizarnější je příběh evoluce hospodářsky významných druhů pšenice (viz. obr.). Počátečním krokem této evoluce bylo spontánní křížení některého druhu **mnohoštětu** (*Aegilops* sp.) s planou pšenicí *T. urartu*, zvanou též jednozrnka. Takto vznikl ustálený tetraploid ( $4n = 28$ , AABB), pšenice dvojezrnka (*Triticum dicoccum*), který nese úplné sady chromozómů rodičovských druhů *Triticum* ( $2n = 14$ , AA) a *Aegilops* ( $2n = 14$ , BB). Genetický vliv mnohoštětu omezil lámavost stébel a vypadávaní obilek z klasu. Z *T. dicoccum* byly postupnou selekcí odvozeny druhy *T.*



*durum*, *T. turgidum* a *T. polonicum*. Tzv. tvrdá pšenice *T. durum* se i dnes podílí na produkci pšenice v našich zemích, byť v malé míře.

Hospodářsky nejvýznamnější formy pšenice však vznikly dalším spontánním křížením *T. dicoccum* s *T. tauschii* ( $2n = 14$ ; DD). Takto vznikla celá řada ustálených hexaploidů ( $6n = 42$ ; AABBDD) a sice *T. aestivum*, *T. spelta*, *T. vavilovi*, *T. macha*,

*T. compactum* a další. Poměrně významné jsou *T. spelta* (špalda) a *T. compactum*. Nejvýznamnějším druhem je však *T. aestivum*. Z této pšenice se odvozuje drtivá většina jak jarních, tak i ozimých odrůd pšenice.

Je tedy zřejmé, že evoluce dnešní pšenice byla spojena s výraznou polyploidizací (zmnožením sad chromozómů v jádře). Polyploidizace bývá u rostlin spojena se zvětšováním celého těla. Nejinak tomu bylo u pšenice (viz obrázek). Spojení genomů několika druhů s sebou přineslo také tzv. heterozní efekt. Takto označujeme jev, kdy kříženci jsou daleko životaschopnější, než čisté linie, ze kterých vznikli. Tohoto efektu je ve šlechtitelství hojně využíváno dodnes.

Počátek této složité evoluce hospodářsky využitelných forem pšenice začal v období 13 - 10 tisíc let př. n. l. na Blízkém východě v oblasti Íránu, Iráku a Sýrie.

### **Ječmen** (*Hordeum vulgare*)

Archeologické nálezy ukazují, že ječmen je pravděpodobně ještě o něco starší plodinou než pšenice. Počátky domestikace ječmene se datují do období 15 - 12 tisíc let př. n. l. Přestože má ječmen genové centrum (oblast s největší genetickou diverzitou druhu) v centrální Asii, tedy více na východ než pšenice, byly tyto dva druhy domestikovány ve stejné oblasti. Za původní formu je považován dvouřadý ječmen *Hordeum spontaneum*. Pěstují se jak dvouřadé, tak i šestiřadé ječmeny, které vznikly mutací z původního dvouřadého. Do dnešních dnů byly vyšlechtěny jak ozimé, tak i jarní formy.

### **Žito** (*Secale cereale*) a **oves** (*Avena sativa*)

Žito i oves mají do jisté míry společný příběh zavedení do kultury. Pocházejí ze stejné oblasti v jaké byly již domestikovány ječmen a pšenice. Žito a oves však byly původně nepříjemné plevele polních kultur. I dnes můžeme pozorovat na řadě našich pšeničných polí vysoká stébla plevelně rostoucího žita. Obě tyto plodiny začaly být aktivně pěstovány, a tedy i postupně šlechtěny, až mnohem později. Počátky zemědělského využití žita spadají do prvního tisíciletí př. n. l., u ovsa pak do třetího tisíciletí př. n. l. To je o více než 10 tisíc let později, než u pšenice a ječmene.

Vzhledem k mimořádné ztepilosti žita byla provedena řada pokusů o vytvoření křížence pšenice a žita. Tento hybrid zvaný **žitovec** (x *Triticale*) nakonec skutečně vznikl a v rostlinné výrobě se skutečně prosadil, byť ne masově. Jeho výhodou je vyšší výnos než u žita, kratší stébla a tmavá mouka vhodná pro pečení chleba. Zemědělsky vhodný je zejména pro chladnější oblasti.

### **Rýže** (*Oryza sativa*)

Rýže nepatří mezi středoevropské plodiny. Je však druhou nejpěstovanější plodinou na světě a zaslouží si proto naši pozornost. Domestikována byla v období 10 - 7 tisíc let př. n. l. v oblasti jihovýchodní Asie. Planými druhy rýže, od kterých se odvozovaly pozdější formy, jsou *Oryza fatua* a některé další.

Dnešní rýže náleží k druhům *Oryza sativa*, *O. japonica* a *O. glaberrima*, z nichž prvně zmiňovaná se pěstuje v největším měřítku a poslední je výjimkou afrického původu. *O. japonica* a *O. glaberrima* jsou pěstovány jen okrajově a bývají používány pro šlechtění nových odrůd *O. sativa*.

## **Kukuřice (*Zea mays*)**

Kukuřice je národní plodinou Mexika. Byla domestikována v oblasti střední Ameriky v období kolem roku 3000 př. n. l. Výchozími formami byly *Zea mays* ssp. *parviglumis* a *Zea mays* ssp. *mexicana*. Jelikož tato rostlina pochází z tropické střední Ameriky, je jedinou u nás naveliko pěstovanou obilovinou s fotosyntézou typu C4 (enzymatická dráha adaptovaná na vysoké teploty). V evropském zemědělství se ve větší míře uplatnila až v 19. století. Bylo to způsobeno zejména tím, že pěstování a sklizeň kukuřice jsou poměrně technicky náročné. Původní americké odrůdy navíc nebyly adaptovány na chladné podnebí Evropy a musely být nejprve vyšlechtěny otužilé typy.

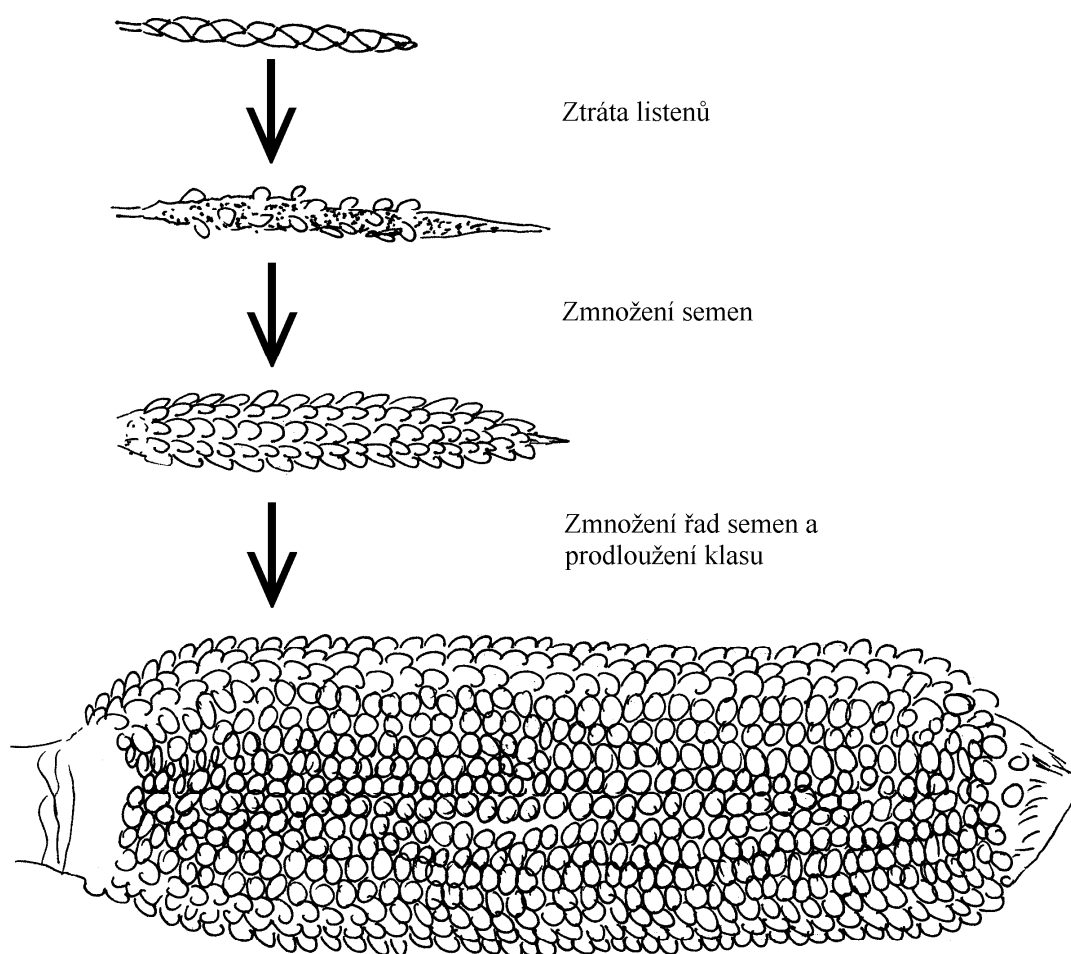
Plané kukuřice společně ještě s některými divokými typy bývají označovány také jako „teosinte“. Celkovým vzhledem se dosti podobají kukuřici, jakou znáte z našich polí. Jsou ovšem nižší a celkově drobnější. Největší rozdíly jsou však v uspořádání klasů (viz. následující obr.). Původní teosinte má v klasu, dlouhém zhruba 10 cm, obilky uspořádané střídavě. Každá obilka je kryta listenem a jejich počet se pohybuje mezi 10 a 20. Výběrem mutantů docházelo ke čtyřem typům změn v uspořádání klasu. První změnou byla redukce listenů kryjících semena (u některých původnějších odrůd pěstovaných v Latinské Americe se stále nacházejí). Další změnou bylo prodlužování klasů až na délku kolem 30 cm. Docházelo ke zvětšování objemu stonku nesoucího klas do podoby masivního kužele. Zvyšoval se počet řad semen až na několik desítek. Semena v řadách se také postupnou selekcí zahušťovala, až došlo k vyšlechtění tvrdých kuželovitých klasů, jaké známe dnes.

Za povšimnutí stojí fakt, že kukuřice, kterou známe z našich polí, by byla mimo kulturu naprosto neschopná rozmnožování. Je to způsobeno právě strukturou klasů. Klasy původní kukuřice byly rozpadavé a obsahovaly jen malé množství semen, takže si rostliny nekonkurovaly více, než bylo nezbytně nutné. Když zasadíte klas dnešní kukuřice, všechna semena vyklíčí pohromadě a během několika týdnů se většina rostlin navzájem zadusí.

### **Od šlechtění kukuřice k Nobelově ceně**

Vedlejším důsledkem tisíciletého šlechtění kukuřice je vznik řady barevných variet. Kukuřice může mít obilky žluté, červené, černé či strakaté. Zbarvení obilek se může lišit i v rámci jednoho klasu. Pohled na pestrobarevné klasy jihoamerických kukuřic je opravdová pastva pro oči. Kromě toho je toto zbarvení zajímavé z genetického hlediska. Částečně podléhá mendelistické dědičnosti, ovšem někdy dochází k naprosto nepředvídatelným změnám. Podstatu těchto změn objasnila v polovině 20. století Barbara McClintock. Objevila tzv. transpozóny, což jsou úseky DNA, které se mohou vyčlenit a znovu začlenit na jiném místě do chromozomální DNA. Za tento objev ji byla v roce 1983 udělena Nobelova cena.





### Lilek brambor (*Solanum tuberosum*)

Brambor patří mezi nejvýznamnější plodiny českého i světového zemědělství. Původní hlízotvorné druhy lilku byly domestikovány v horských oblastech Bolívie, Chile, Peru, Ekvádoru a severní Argentiny v období 10 - 7 tisíc let př. n. l. Největší podíl na genetickém základu dnes pěstovaných brambor měly divoké formy *Solanum tuberosum*, v menší míře pak *S. andigenum* a další druhy, které je mezi sebou možné bez problémů křížit.

Jak již bylo zmíněno, počátky produkce brambor byly skutečně svízelné. Jedním z dalších problémů na počátku pěstování brambor byla jejich extrémně nízká genetická diverzita. Po celé Evropě bylo pěstováno jen několik málo klonů. Jednou z nejtragičtějších událostí v evropských dějinách pěstování brambor byl hladomor (1845 - 1850) způsobený tímto fenoménem v Irsku. V devatenáctém století se v celém Irsku pěstovaly převážně jen dva klony. Tisíce chudých rodin žily v podstatě jen o vodě, mléku a bramborech. Více rozšířeným klonem byl v Irsku tzv. „lumper“. Byl méně chutný, nicméně velmi vitální. Ovšem pouze do té doby, než se do Irska rozšířila z Ameriky **plíseň bramborová** (*Phytophthora infestans*), vůči které „lumper“ není odolný. Veškerá úroda byla zničena a ani v dalších letech se nedařilo brambory

pěstovat. To si vyžádalo více než milión životů a následně hromadnou emigraci z Irska a další socioekonomické důsledky.

Dalším významným problémem, dříve pro evropské zemědělství neznámým, byla mandelinka bramborová. Ta přicestovala z Ameriky do Evropy na počátku dvacátých let dvacátého století a během dvaceti let se rozšířila od západu po celé Evropě. Z dnešního pohledu je humorným momentem této invaze skutečnost, že mandelinka bramborová byla označena v padesátých letech za tajnou zbraň amerických imperialistů, která má za cíl zničit socialistické zemědělství východního bloku.

I další historie evropského šlechtitelství brambor je ve znamení nízké genetické diverzity, která je výhodou pro celou řadu virových, bakteriálních i houbových patogenů a hmyzích škůdců. Dnešní šlechtitelství brambor je tedy zaměřeno téměř výlučně na selekci rezistentních odrůd. Z tohoto důvodu v podstatě nedošlo za posledních sto let k vyšlechtění odrůd s většími, popř. početnějšími hlízkami.

### **Lilek rajče (*Lycopersicon esculentum*) a paprika (*Capsicum* sp.)**

Rajčata a papriky jsou další plodiny z čeledi lilkovitých, které pocházejí z Latinské Ameriky. Rajče bylo domestikováno v oblasti střední Ameriky, zejména pak Mexika. Přesnější datování této události ale chybí. Vzhledem k tomu, že dnešní rajčata nejsou divokým typům příliš vzdálená, zdá se, že domestikace tohoto druhu proběhla někdy na počátku našeho letopočtu.

Dnes pěstované papriky (*Capsicum* sp.) vznikly křížením několika divokých druhů tohoto rodu. Patří mezi ně zejména *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense* a *C. frutescens*. Kde a kdy byly papriky domestikovány, není zcela jasné. Jako místo původu připadají v úvahu Mexiko nebo Bolívie. Datování pak spadá nejspíše do období 2000 let př. n. l. - 0. Zatímco plody divokých typů paprik dosahují velikosti 1 - 3 cm, plody dnešních hybridních odrůd dosahují délky až přes 20 cm.

### **Okurka (*Cucumis sativus*)**

Okurky dnes nepochybně nepatří mezi stěžejní plodiny zajišťující výživu lidstva. Nebylo tomu tak ale vždy. Okurka byla jednou z prvních domestikovaných plodin (kolem 8000 let př. n. l.). Pochází z Indie, odkud se velmi rychle rozšířila. Podle archeologických nálezů se okurky pěstovaly ve střední Evropě už v době 3500 let př. n. l. V období středověku byly v našich zemích jedním z nejvýznamnějších druhů zeleniny a jejich podíl na výživě lidí byl mnohonásobně větší, než je tomu dnes.

### **Salát (*Lactuca sativa*)**

Původní forma lociky salátové (*Lactuca sativa*) se vyskytuje prakticky ve všech teplých a středně teplých částech Eurasie. Domestikována však byla v oblasti Středomoří. Již v 5. tisíciletí př. n. l. byly používány dlouholisté formy této rostliny jako zelenina v Egyptě. Postupně byly selektovány mutantní formy se zmnoženými a zkrácenými internodii (segmenty stonku mezi listy) až do podoby dnešního hlávkového salátu.

### **Zelenina pocházející z brukve zelné (*Brassica oleracea*)**

Brukev zelná je původním evropským druhem, který byl domestikován v oblasti jižní Evropy v období počátku našeho letopočtu. Jedná se o druh s mimořádnou schopností vytvářet mutace genů podmiňujících tvorbu a vývoj jednotlivých orgánů (zvětšení adventivních pupenů, zhuštěné květenství, extrémně zkrácený stonek a zhuštěné listy). Prvními formami, které byly z původní brukve vyšlechtěny, byly **zelí** a **kadeřavá kapusta**. Tyto se u nás pěstovaly už ve středověku. Později byly vyšlechtěny z brukve zelné také **kedlubna**, **květák**, **brokolice**, **tuřín** a jako jedna z posledních také **růžičková kapusta** (17. století).

### **Řepka olejná (*Brassica napus*)**

Řepka je další plodinou patřící k rodu *Brassica*. Vznikla spontánním křížením *B. oleracea* ( $2n = 18$ ) a *B. campestris* ( $2n = 20$ ). Vzniklý potomek *B. napus* je amfidiploid (organizmus, který se chová jakoby byl diploidní, ale ve skutečnosti jeho jádro obsahuje 2 x 2 sady chromozómů), jehož jádro obsahuje 38 chromozómů ( $2n = 38$ ). Řepka byla vyšlechtěna v jižní Evropě v prvním tisíciletí našeho letopočtu.

### **Řepa obecná (*Beta vulgaris*)**

Podobně jako brukve zelná, tak i divoká forma řepy obecné (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) rostoucí na mořském pobřeží dala vznik velké skupině zemědělsky využívaných rostlin. Tato rostlina je rovněž původním evropským druhem. Domestikována byla v prvním tisíciletí před naším letopočtem. Její první využití bylo coby listová zelenina - vařila se na způsob dnešního špenátu. Dodnes je takto využívána jedna z forem řepy - mangold. V prvním tisíciletí našeho letopočtu byly postupně vyšlechtěny formy se zvětšeným kořenem, které se používaly jako kořenová zelenina. V této době byl též vypěstován červený mutant - červená řepa. Od starověku je také známa krmná řepa. V 18. století byl v Prusku objeven postup, jak z bulev řepy vařit cukr. To vedlo k vyšlechtění odrůd se zvýšeným obsahem sacharózy v kořeni a tudíž ke vzniku cukrové řepy.

### **Cukrová třtina (*Saccharum officinarum*)**

Další velmi významnou světovou plodinou je cukrová třtina. Tato rostlina vznikla domestikací a šlechtěním třtiny *Saccharum robustum*, která i dnes roste na Papui - Nové Guineji. Domestikace tohoto druhu proběhla v období 10 - 5 tisíc let př. n. l. v oblasti Indie a Indonésie.

### **Luštěniny**

Divoké druhy luštěnin nebyly tolik morfologicky pozměněny jako jiné kulturní plodiny. Jedinými změnami, ke kterým došlo, je zvětšení semen a zmnožení jejich počtu. Velmi častým výdobytkem šlechtitelských změn je ztráta pukavosti lusků. Tato vlastnost je klíčová pro mechanizovanou sklizeň.

**Hrách** (*Pisum sativum*) a **čočka** (*Lens culinaris*) byly domestikovány na Blízkém východě v období mezi 8 - 5 tisíci lety př. n. l. Hojně byly pěstovány i ve středověké střední Evropě. **Sója** (*Glycine soja*) byla domestikována v období 5 tisíc

let př. n. l. Fazol (*Phaseolus vulgaris*) pochází ze střední Ameriky, kde byl domestikován v 6. tisíciletí př. n. l.

### Ovocné dřeviny střední Evropy

Střední Evropa ovocem příliš neoplývala. Ještě v raném středověku se lidé museli spokojit s trnkami (*Prunus spinosa*), planě rostoucí jabloní (*Malus sylvestris*), třešňí ptačí (*Cerasus avium*), ostružinami (*Rubus* sp.) a dalším drobným ovocem.

Ovocné stromy, které dnes někdy chybně považujeme za původní pro střední Evropu, pocházejí ve skutečnosti z Blízkého východu. Dostaly se k nám postupně v období na počátku našeho letopočtu v souvislosti s velkým stěhováním národů a zejména pak s příchodem Římanů.

### Ovocné stromy původem z Blízkého východu

Většina našich ovocných dřevin pochází z oblasti západní, popř. střední Asie. Například **švestka** (*Prunus domestica*) pochází z oblasti Kavkazu. Vznikla spontánním křížením trnky (*Prunus spinosa*) s druhem *Prunus cerasifera*. Dále byla šlechtěna a později křížena s americkými *Prunus nigra* a *P. americana*.

**Meruňky** (*Armeniaca vulgaris*) byly domestikovány v oblasti Arménie ve 4. tisíciletí př. n. l. Také **jabloň** (*Malus domestica*) vznikla křížením druhů *Malus sylvestris*, *M. pumila*, *M. dasycphylla* a *M. sieversii*, divokých forem pocházejících z oblasti Kavkazu a střední Asie. Rovněž **hrušeň** (*Pyrus communis*) je odvozena od dvou druhů rostoucích ve střední Asii - *P. caucasica* a *P. nivalis*.

Dnešní **třešeň** (*Cerasus avium*) vznikla křížením planých forem třešně s druhem *C. fruticosa* a dalšími druhy rodu *Cerasus*. Oblastí vzniku tohoto křížence je Malá Asie a oblast mezi Černým a Kaspickým mořem.

### Broskev (*Persica vulgaris*)

Třebaže broskve nese ve svém rodovém názvu „perská“, dnes víme, že pochází z Číny, kde byla domestikována již velmi dávno. Přesnější datování není známo, ale nepravděpodobněji v období 7 - 3 tisíce let př. n. l. Velmi dlouho také nebyly známy plané formy. Ty byly objeveny až v 19. století v Himalájích a od dnešní broskve se značně liší.

### Citrusy (*Citrus* sp.)

Všechny druhy citroníků (*Citrus* sp.) pocházejí z oblasti jihovýchodní Asie. Domestikovány byly v období mezi 5 a 3 tisíci lety př. n. l. S expanzí římského impéria se velmi záhy (v období kolem přelomu letopočtu) dostaly do jižní Evropy. V současné době je jednou z největších produkčních oblastí citrusů jihovýchod USA.

K nejznámějším druhům citrusů patří: **citron** (*Citrus medica*), **pomeranč** (*C. sinensis*), **grapefruit** (*C. paradisi*; zřejmě kříženec *C. grandis* a *C. sinensis*), **mandarinka** (*C. reticulata*) a v našich obchodech méně časté **pomelo** (*C. grandis*), které má největší plody (až 2 kg) a jako jediný z rodu není strom, ale nízký keř).

## Zdroje a ingredience opojných moků

Bylo by velkým hříchem opomenout tak důležité plodiny jako je **réva vinná** (*Vitis vinifera*) a **chmel otáčivý** (*Humulus lupulus*). Réva je jednou z nejstarších plodin vůbec. Počátky jejího využívání se datují do 7. - 8. tisíciletí př. n. l. Oblastí jejího původu je Blízký východ, Středozeší a severní Afrika.

Naproti tomu chmel je jedinou plodinou, která byla ve střední Evropě domestikována. Původně rostl bez povšimnutí lidí kolem říčních toků jako velmi bujná liána. Národ český i ostatní střeoevropané se naučili využívat chmele až v průběhu středověku - v 11. století.

### I.1.4. Rostlinná výroba ve světě a u nás

Pro zajímavost předkládáme seznam 10 plodin nejvýznamnějších ve světovém měřítku a 10 pro území našeho státu. Hodnoty charakterizující produkci vypovídají o situaci v posledních pěti letech.

Svět			ČR		
č.	Plodina	milióny tun za rok	č.	Plodina	milióny tun za rok
1	pšenice	550	1	pšenice	4,08
2	rýže	520	2	cukrovka	2,81
3	kukuřice	480	3	ječmen	1,63
4	brambory	260	4	brambory	1,48
5	ječmen	170	5	řepka	0,84
6	cukrová třtina	160	6	kukuřice (zrno)	0,30
7	maniok	155	7	krmná řepa	0,28
8	batáty	125	8	žito	0,15
9	sója	105	9	oves	0,14
10	rajčata	70	10	hroznové víno	0,07

### I.2. Nepůvodní, invazní a expanzivní druhy

Až doposud jsme se zabývali výhradně užitečnými rostlinami - tedy těmi, které člověk rozšířil po světě záměrně. Mnoho druhů rostlin se však díky činnosti člověka rozšířilo také samovolně. Rostliny tak doputovaly do částí světa, ve kterých se nikdy nevyskytovaly a do kterých by se samy asi nikdy nedostaly. Podíl nepůvodních druhů může být překvapivě velký. I na našem území, kde zdaleka není nejvyšší, je asi 35%. Je velmi pravděpodobné, že skutečný počet je ještě o něco málo vyšší - v některých případech je totiž rozlišení původnosti a nepůvodnosti velmi obtížné.

První výrazná vlna šíření nepůvodních druhů je spojena se vznikem zemědělství a jeho postupným pronikáním do nových území. Vedle druhů zavlečených úmyslně se rozšířila i daleko větší skupina druhů nechtěných: Polní plevely, rumištní druhy přežívající v sídlech a jejich bezprostředním okolí apod. Na našem území se příchod prvních zemědělců klade někde k roku 5500 př. n. l., možná

i o něco dřív. Dnes, s odstupem sedmi tisíc let, ani nevnímáme, jak radikální zásah do flóry příchod zemědělství znamenal (viz též kap. III.1.2).

Následujících několik tisíc let byl ve střední Evropě, pokud jde o zavlékání nových druhů, relativní klid, alespoň ve srovnání s předchozím přelomem. Určitou změnu mohlo znamenat období největšího rozmachu římské říše v prvních stoletích našeho letopočtu. Ve střední Evropě (zvláště té římské, jižně od Dunaje) se objevilo několik nových plodin ze Středomoří (např. vinná réva, meruňky a řepa) a spolu s nimi asi i nové plevele.

Zásadní přelom představuje až vrcholný středověk. Došlo ke změnám v zemědělství - nové metody, nové plodiny a s nimi i nové plevele (např. masové rozšíření do té doby celkem vzácné chrpy polní (*Centaurea cyanus*), které je např. v pylové analýze využíváno jako celkem spolehlivý indikátor vrcholně středověkých vrstev). Zároveň silně vzrostla intenzita cestování a obchodu v rámci celé Evropy, což se projevilo zavlečením některých dalších druhů.

Dalším významným přelomem byly velké objevitelské cesty na konci 15. a v 16. století, zejména objevení Ameriky. Odtud začaly do Evropy proudit mnohé nové druhy, často jako botanické kuriozity a okrasné rostliny. Velké množství druhů putovalo i opačným směrem. Kolonisté si s sebou vezli jednak plodiny, na které byli zvyklí, jednak spoustu okrasných druhů, aby si vytvořili prostředí „jako doma“ a s nimi samozřejmě zcela neúmyslně i další druhy (např. plevele). Jedním z nejkurióznějších příběhů tohoto typu je zavlečení brambor do Severní Ameriky. Přivezli je Irové, kteří se vystěhovali ze své vlasti po již zmiňovaném rozsáhlém hladomoru v roce 1845 způsobeném plísní brambor. Na své cestě z Jižní Ameriky do Severní tedy brambory dvakrát překonaly Atlantský oceán.

Poslední etapou je pak období od druhé poloviny 19. století až do současnosti, kdy ještě vzrostla intenzita cestování a přepravy zboží mezi kontinenty. To samozřejmě vedlo k zavlečení velkého množství druhů. Zároveň se objevily další výrazné změny v krajině (viz kap. III.1.5). Většina dnes velmi nepříjemných invazních druhů (viz kap. I.2.2.) pochází právě z této doby (do značné míry je to ale dáno tím, že invaze, které proběhly již dříve, jsme nezaznamenali a široký výskyt druhů invadujících před několika stoletími nám dnes přijde zcela normální).

### I.2.1. Důležité pojmy

Pro označení nepůvodních druhů existuje několik skupin pojmů podle typů stanovišť, doby vzniku druhotného areálu atd. Zde uvádíme nejdůležitější z nich.

Podle doby zavlečení se druhy dělí na 2 skupiny:

- **Archeofyty** - druhy zavlečené před začátkem objevitelských cest (někdy se uvádí striktněji: před objevením Ameriky, 1492).
- **Neofyty** - druhy zavlečené po (v důsledku) objevitelských cest.

Toto dělení má samozřejmě smysl jen v Evropě (a nejvýš ještě v přilehlých oblastech Asie a Afriky, i když s výhradami). Jinde totiž v principu neuvažujeme o archeofytech, protože předpokládáme, že tam člověk před příchodem Evropanů nijak zvláště nemigroval a k žádnému zavlékání tedy nedocházelo. Asi to není pravda, ale nedokážeme ta stará zavlečení pořádně rozlišit. I v Evropě jsou nakonec hranice mezi archeofyty a původními druhy a archeo- a neofyty nejasné. Navíc má samozřejmě

datum 1492 smysl jen v Evropě a příp. Americe (pro zavlečení druhů v opačném směru).

Dále existuje občas používaná skupina pojmů, které vyjadřují chování druhu v novém areálu (zda se šíří, zda se vyskytuje jen na člověkem ovlivněných nebo i přirozených stanovištích apod.). Naprostá většina těchto pojmů jsou ale umělé škatulky, které nemají velký smysl a navíc to jsou často slova vyloženě nehezká (neindigenofyty, ergasiofygofyty aj.), takže se těmito pojmy nebudeme dále zabývat. Snad jediný z nich je víceméně všeobecně přijatý a používaný - **apofyty**. To jsou druhy domácího původu, které se ale šíří na člověkem ovlivněná stanoviště (člověk jim to šíření svojí činností umožnil). Dokonce se mluví o apofytizaci krajiny - například průmyslem a dopravou způsobené spady dusíku v dešťových srážkách umožňují šíření některých nitrofilních druhů.

Druhy, které po zavlečení do nové oblasti samovolně intenzivně zvyšují počet svých lokalit a rozšiřují svůj druhotný areál, označujeme jako **invazní**. Podobně se chovající druhy domácí, které se šíří na nový typ stanovišť a nové lokality, označujeme jako **expanzivní**. Protože jde o velmi výrazné chování způsobující velké změny některých rostlinných společenstev, ohrožení některých druhů a často i ekonomické škody, všimneme si těchto druhů v následující kapitole podrobněji.

### **I.2.2. Invazní rostliny**

Jak již jsme uvedli, za invazní považujeme takové druhy, které byly člověkem přeneseny někam mimo svůj areál a v nové oblasti se samovolně šíří. Jaké vlastnosti jim takové chování umožňují? Na tuto otázku neexistuje jedna univerzální odpověď.

Ideální invazní druh (a ideální rostlina vůbec) by teoreticky měl tyto vlastnosti: Dlouhověkost (nejlépe nesmrtelnost), plodnost v co nejnižším věku (nejlépe v 1. roce), autogamie (jedinec při rozmnožování zcela nezávislý na okolí), velká produkce a snadná šířitelnost semen, vysoká klíčivost semen a vysoké procento přežívání semenáčků, intenzivní vegetativní rozmnožování, co nejširší ekologická valence (schopnost růst v co největší škále podmínek prostředí), rychlý růst a velká produkce biomasy. Taková kombinace vlastností ale není možná. Každá rostlina má omezené zdroje, a proto nemůže investovat najednou do všeho, musí si „vybrat“. Například tvoří hodně semen, která jsou ale malá a pravděpodobnost přežití semenáčků je nízká. Nebo naopak tvoří velká semena s velkým množstvím zásobních látek, což zvyšuje pravděpodobnost přežívání semenáčků, ale takových semen lze mít jen omezený počet. Díky tomu najdeme u invazních rostlin (a opět u rostlin obecně) velmi mnoho různých strategií, z nichž každá má své výhody a nevýhody. Některé z nich najdete podrobněji popsáné u rostlin invadujících u nás.

Úspěšnost invazních rostlin je většinou dána schopností využít dostupné zdroje živin lépe než původní druhy nebo schopností využívat i zdroje, které původní druhy využívat neumí. Velmi častá je konkurence o světlo. Mohutný invazní druh nakonec přeroste druhy domácí, zastíní je a díky tomu časem vytlačí ze společenstva. Podobně, zvláště v suchých oblastech, může jít o konkurenci o vodu (jiná stavba nebo dynamika růstu kořenového systému atd.). Některé druhy mají symbiotické mikroorganismy, které fixují dusík, což jim umožňuje dobře růst i na živinami chudých půdách (např. čeleď *Fabaceae*).

Podobně tomu je i v případech, kdy invazní druh mění podmínky prostředí a díky tomu vytlačuje původní druhy. Jiným příkladem může být situace, kdy invazní druh vytváří takovou vrstvu opadu, která znemožňuje klíčení původních druhů nebo která díky zvláštnímu chemickému složení (např. silná kyselost) zásadně mění vlastnosti půdy. Poměrně vzácné jsou příklady skutečného přímého boje, např. pomocí alelopatických (ostatním druhům škodících) látek, jaké jsou známy třeba u trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*).

Důležitý je ještě jeden fakt - invazní druh často při osídlení druhotného areálu unikne některým ekologickým vazbám, které ho v původním areálu omezovaly. Například „zanechá“ v oblasti původního výskytu své škůdce a patogeny. Stejně tak konkurenční vazby v novém areálu jsou často jiné než v původním. V důsledku toho druh v druhotném areálu někdy prospívá dokonce lépe než v původním, např. dosahuje většího vzrůstu. Dobrým příkladem je bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), který v původním areálu na Kavkaze nevytváří od nás známé souvislé porosty a jen vzácně dorůstá výšky větší než 1,5 metru.

Lze vysledovat i některé další obecné trendy:

- Velkou výhodou pro invazi je schopnost rozmnožovat se jinak než klasickým pohlavním rozmnožováním. Na to je totiž potřeba nejméně dvou jedinců. Naopak druhům schopným např. autogamie nebo s intenzivním vegetativním rozmnožováním stačí teoreticky ke kolonizaci nové lokality jediný jedinec, který vytvoří celou budoucí populaci.
- Důležitou vlastností je rozšiřování diaspor na větší vzdálenosti, např. větrem nebo pomocí zvířat (zde přistupuje ještě ta výhoda, že je určitá pravděpodobnost, že zvíře vyhledává konkrétní typ prostředí a tak zanechá semena do podobného prostředí, v jakém rostl mateřský jedinec). Tady může být role pohlavního rozmnožování velmi důležitá. Semena se totiž většinou šíří na větší vzdálenosti než umožňuje vegetativní rozmnožování. Známým příkladem je invazní tráva *Spartina anglica* rostoucí na mořském pobřeží. Jde o hybridogenní druh, jehož předky jsou původní evropský druh *S. maritima* a zavlečený americký *S. alterniflora* (ten se nijak zvlášť nešíří a neškodí). Původní kříženec (*S. ×townsendii*) byl sterilní, rozmnožoval se vegetativně, byl vzácný a nic moc se nedělo. Problém nastal po vzniku plodné formy (polyploidizací, viz přípravný text BiO 2000/2001: Rozmnožování organizmů), která se začala intenzivně šířit.
- Hybridizace může být pro úspěšnou invazi velice důležitá. Kříženec totiž znamená novou kombinaci znaků, která může být úspěšnější než kombinace jednotlivých rodičů. Zdá se, že to vedle zmíněného příkladu z rodu *Spartina* platí například pro u nás běžně rozšířené křídlatky, asijské druhy k. japonskou (*Reynoutria japonica*) a k. sachalinskou (*R. sachalinensis*) a jejich asi až v Evropě vzniklého křížence, k. českou, *R. ×bohemica*).
- Úspěšné bývají často druhy, které nemají v oblasti druhotného výskytu blízké příbuzné (např. druhy stejného rodu). To totiž může znamenat, že v domácí flóře chybí konkurenční strategie, kterou má invazní druh. Ten má pak velmi ulehčenou pozici („boj“ s domácím druhem se stejnou strategií je asi často neúspěšný,



protože domácí druh mívá na začátku výhodu v tom, že již je v prostředí uchycený a je mnohem početnější).

- Zdá se, že je jistý vztah mezi velikostí původního areálu a schopností invaze. Druhy s velkým areálem bývají úspěšnější. Možným vysvětlením je, že vlastnosti, které jim umožnily obsadit původní areál, budou velmi výhodné i pro invazi.
- Evropské druhy jsou v invazích mírně úspěšnější než druhy z jiných kontinentů. Jednak je jich více, než by odpovídalo podílu evropských druhů v celosvětové flóře a jednak je v Evropě poměrně méně invazních druhů ve srovnání s jinými kontinenty. Zvláště silně to pak platí pro oblast Středomoří. Příčinou je pravděpodobně dlouhodobé ovlivnění evropské přírody člověkem (nejdéle trvající právě ve Středomoří). Došlo tak k selekci druhů adaptovaných právě na „lidský“ typ prostředí, což jim velmi usnadňuje prosadit se v nových oblastech. Domácím druhům tam tyto adaptace chybí, protože ovlivnění člověkem je krátkodobé.
- Invazní druhy s tendencí pronikat do zapojené (polo)přirozené vegetace a nakonec zcela změnit strukturu původního společenstva jsou často dlouhověké, statné, konkurenčně zdatné druhy se silným vegetativním rozmnožováním. Vegetativní rozmnožování je totiž v konkurenčním prostředí velkou výhodou - mimo jiné umožňuje podporu (výživu) mladých konkurenčně slabých „jedinců“ z již uchycené mateřské rostliny.
- Naopak druhy úspěšné v často narušovaném prostředí (sklárky, zbořeniště, nádraží a vůbec okolí lidských sídel) jsou většinou krátkověké rychle rostoucí rostliny s velkou produkcí semen, která umožňují rychle obsadit nová stanoviště. Na narušovaném stanovišti, kde nelze žít dlouho, se samozřejmě dlouhověkost nevyplatí.

### **I.2.3. Citlivost původních společenstev k invazím**

Obrátíme nyní pozornost od invadujících druhů k druhé straně celého procesu - společenstvům, do kterých invazní druhy pronikají. Otázka bude podobná jako v předešlém případě: Lze nějak charakterizovat, které vlastnosti společenstva určují jeho náchylnost k invazím? I když ani zde není odpověď jednoznačná, je přece jen o něco jasnější než v případě vlastností invazních druhů:

- Obecně lze říci, že větší počet druhů invaduje ze severní polokoule na jižní než naopak. Pravděpodobně to souvisí s tím, že v tamní flóře jsou hojněji než na severní polokouli zastoupeny evolučně starší skupiny rostlin, které z nějakých důvodů hůře odolávají mladším typům. Ty mají vývojová centra hlavně na severní polokouli, proto tam nakonec asi ty staré typy vesměs chybí. Navíc většina invazních druhů má nějakou souvislost s člověkem a naprostá většina „starých“ lidských osídlení je na severní polokouli. Silně náchylné k invazím jsou i izolované ostrovy (např. Madagaskar nebo Havajské souostroví), kde vedle izolace přistupuje další důvod - flóra ostrovů není většinou druhově dosycena. To umožňuje snadnější invazi z důvodů zmíněných v předchozí kapitole (druhy bez blízkých příbuzných).
- Z biomů je nejvíce postižen biom tvrdolisté vegetace (J Afrika, JZ Austrálie, Kalifornie). Důvodem je patrně poměrně otevřený charakter vegetace udržovaný

(přirozenými) disturbancemi jako jsou požáry. Výjimkou je již výše zmíněné Středomoří, i když i zde se vyskytují některé invazní druhy. Dobrým příkladem jsou australské akácie (*Acacia*) nebo jihoafrické kosmatce rodu *Carpobrotus*. Je jich ale přece jen méně než v jiných částech světa a naopak ze Středomoří pochází většina druhů invadujících v tomto typu vegetace. Příčiny již znáte. Naopak nejméně (což ovšem neznamená že vůbec) postiženými biomy jsou tundra a také tropický deštný les.

- V měřítku krajiny jsou nejpostiženější vegetace sídel a vůbec antropogenní biotopy (např. skládky odpadu, okraje komunikací apod.), z přirozených společenstev pak poříční a pobřežní společenstva. Příčinou je opět časté narušování (ať činností člověka nebo např. říčního proudu), většinou vysoký obsah živin (nutná podmínka pro druhy s konkurenční strategií) a také snadný přísun diaspor (doprava, turistika, u řek splavování druhů po proudu). Navíc větší města fungují jako „tepelné ostrovy“ (mají vyšší průměrnou roční teplotu, danou zejména mírnějším průběhem zimy) a umožňují tak i výskyt teplomilnějších druhů, které by v okolní krajině růst nemohly.

Pokud se zaměříme na vlastnosti jednotlivých společenstev, zdá se, že nejvýznamnější roli hrají již několikrát zmiňované disturbance (narušení). Zvláště významné je mechanické narušení vegetačního krytu a obnažení půdy. To totiž usnadňuje klíčení semenáčků mnoha druhů, protože snižuje konkurenci od dospělých jedinců. Otevřená ruderalní společenstva jsou tak snadněji invadovatelná než třeba hustě zapojený luční porost.

U společenstev s přirozenými disturbancemi (jako např. požáry nebo pravidelné povodně) může mít význam i změna jejich režimu. Původní druhy jsou totiž adaptovány většinou poměrně úzce na jeden konkrétní režim a nemusí obstát v konkurenci s invazním druhem při režimu jiném, pro invazní druh vhodnějším. Zvláště silně to platí pro společenstva, kde se disturbance nevyskytovaly a domácí druhy na ně tedy nejsou adaptované, což poskytuje příležitost jiným druhům na disturbance zvyklým. Stejně tak může ale být velmi negativní i vymizení disturbance nebo snížení jejich frekvence - v tom případě dostanou šanci některé druhy (zejména ty s konkurenční strategií, které právě disturbance „držely na uzdě“; podrobněji o životních strategiích viz přípravný text BiO 1997/1998: Ekologie).

Co se týče obsahu živin, jsou k invazím náchylnější společenstva eutrofní (živinami bohatá). Pro obsah vody platí, že nejvíce postižena jsou společenstva mezofilní. V obou extrémech, tj. silně suchá i velmi mokrá, je podíl invazních druhů menší. Vysvětlení je u obou stejné - druh se silnou konkurenční strategií je většinou nejsilnější za optimálních podmínek (např. pokud investuje do vysokého vzrůstu, samozřejmě k tomu potřebuje dostatek živin). V extrémních prostředích nedokáže žít, tam se prosazují druhy adaptované právě na tyto extrémy (stres).

#### **I.2.4. Průběh invaze a její důsledky**

Každá invaze začíná zavlečením druhu na nové území. Mnohé zavlečené druhy jsou v novém území neúspěšné, vyskytují se jen krátce a zase vymizí. Pouze některé se dokáží udržet po delší čas a z nich opět pouze část je schopna dále se šířit. Odhaduje

se, že jen několik málo procent ze zavlečených druhů se nakonec stane druhy invazními.

Nejnovější přehled nepůvodních druhů v ČR udává pro tyto tři skupiny následující podíly (z celkového počtu nepůvodních taxonů u nás): 65%, 29% a 6%. Navíc je zřejmé, že zejména počet v první skupině a tedy i celkový počet je podhodnocený. Díky tomu jsou pak nadhodnocené podíly ve zbylých dvou skupinách. Seznam totiž pravděpodobně není úplný a chybí v něm zejména kdysi dávno krátkodobě zavlečené druhy, které vyhynuly aniž o svém výskytu zanechaly jediný doklad. Pokud zúžíme výběr pouze na neofyty, u kterých lze předpokládat menší podíl druhů, které nám „unikly“, dostaneme následující hodnoty: 78%, 15% a 7%.

Po introdukci často následuje období klidu, ve kterém se druh nešíří. To může být i velmi dlouhé (u nás např. sto let u bolševníku velkolepého a existují i příklady s delší dobou). Někdy se používá označení lag-fáze (z angl. lag = zpoždění, odklad), pojem převzatý z mikrobiologie. Během této doby se druh přizpůsobuje místním podmínkám. Zvláště u pohlavně se rozmnožujících druhů lze uvažovat o genetických změnách a „hledání“ vhodného genotypu (kombinací již existující alel). Vlastní invaze již potom probíhá poměrně rychle, většinou exponenciálně.

Někdy může začátek invaze nastartovat zcela nečekaná náhoda. Např. fíkovníky pěstované na Floridě nebyly invazní, dokud nebyla zavlečena také vosička fíkovnice, bez které se nemohou pohlavně rozmnožovat. Někdy je takovou událostí hybridizace - ať již s domácími druhy nebo i mezi dvěma zavlečenými druhy navzájem (viz např. již zmíněné příklady rodů *Spartina* a křídlatka).

Hlavním důsledkem invaze je změna až postupná likvidace původních biotopů, do kterých invazní druh proniká. Někdy jde o zvrtný proces - po likvidaci invazního druhu je možné na daném místě obnovit původní společenstvo. Někdy však způsobí invazní druh na lokalitě v podstatě nevratné změny - např. již zmíněné druhy mění vlastnosti půdy díky opadu nebo dodáváním dusíku, pokud mají symbiotické dusík fixující bakterie. Jiným nevratným důsledkem invaze může být tzv. **genetická eroze**: nepůvodní druh se kříží s původními druhy v takové míře, že časem již v podstatě nevzniká hybridizací nezasažené (geneticky „čisté“) potomstvo původních druhů. U nás je příkladem severoamerická vrbovka cizí (*Epilobium ciliatum*), která vytváří křížence prakticky se všemi domácími druhy, z nichž některé jsou v čisté formě již dosti vzácné.

Vyčíslit škody způsobené invazními druhy penězi je mimořádně obtížné. Již proto, že se samozřejmě těžko stanovuje cena přirozených společenstev zničených invazí. Přesto nějaké odhady existují a jsou překvapivě vysoké (např. pro území USA přes 120 miliard dolarů za rok). Lépe se dají vyčíslit náklady na potlačování nějakého invazního druhu a i tady jsou čísla velmi vysoká.

Jak se dá invazi bránit? Nejúčinnější je samozřejmě prevence, tedy likvidace jednotlivých lokalit potenciálně invazního druhu, než se v daném území začne masově šířit. Dobrou ukázkou tohoto přístupu je seznam tzv. karanténních plevelů (nepůvodních druhů, které by mohly být v budoucnu nebo již dokonce jsou ekonomicky významnými plevely našich polí), který vznikl v Botanickém ústavu ČSAV. Bohužel tento bezpochyby dobrý nápad dnes v podstatě nemá praktický

dopad. Prevence je důležitá, protože potlačování již rozběhlé invaze je velmi obtížné, až téměř nemožné, zejména v případě druhu, který již je rozšířen plošně. To totiž znamená velmi nákladnou a velmi dlouhodobou akci s nejistými výsledky (stačí jedna „zapomenutá“ lokalita, ze které se druh opět rozšíří).

Možností likvidace je celá řada. Velmi drastickou, ale účinnou metodou bývá použití herbicidu. Jinou možností je využití některé biologické vlastnosti druhu (např. u krátkověkého druhu rozmnožujícího se výhradně semeny by mělo stačit zabránit mu v kvetení, popř. dozrání semen - to je příklad známého kosení porostů bolševníku velkolepého).

Podobné důsledky jako invaze mají i expanze. Nalezneme zde všechny zmíněné efekty od totální likvidace původního společenstva, např. monocenózy třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), až po genetickou erozi (dnes je významným problémem např. ohrožení borovice blatky (*Pinus rotundata*) křížením s borovicí lesní (*P. sylvestris*), která proniká do některých blatkových rašelinišť po umělém snížení hladiny podzemní vody).

### I.2.5. Invazní a expanzivní druhy v ČR

Pro území ČR je udáváno 90 invazních taxonů (druhů, poddruhů a kříženců) cévnatých rostlin. K tomu je třeba připočítat další, které invadovaly kdysi v minulosti a dnes jsou již široce rozšířené (seznam z roku 2002 uvádí 192 takových taxonů, ovšem s poznámkou, že je to odhad a ne ověřená data). Původ jednotlivých invazních druhů na úrovni kontinentů ukazuje tabulka (v řádce „?“ jsou taxony, u kterých původ nelze určit - např. v přírodě se nevyskytující kříženci).

Následující přehled obsahuje vybrané nejvýznamnější invazní rostliny na našem území.

**Bolševník velkolepý** (*Heracleum mantegazzianum*) Původní na Kavkaze (horské louky, okraje lesů, světliny). U nás pěstován od roku 1862 (okrasná rostlina v zahradě zámku v Lázních Kynžvart). Začátek intenzivního šíření až v 60. letech 20. století, hlavně ze zahrádek opuštěných vesnic v bývalém vojenském prostoru ve Slavkovském lese. Dnes se vyskytuje v podstatě na celém území ČR mimo horských poloh, vzácný je i v teplých oblastech. Nejpostiženější je oblast západních Čech, kde celá invaze začala. Šíří se zejména semeny, vzácně vegetativně: podél vodních toků (semena celkem dobře plavou) a dále s dopravou (v blátě na pneumatikách), je rozšiřován i lidmi (zahrádky). Roste hlavně na dusíkem bohatých a většinou vlhčích půdách (ruderalní místa, okraje lesů, křoviny podél silnic, břehové porosty vodních toků, opuštěné louky apod.). Má tendenci vytvářet zapojené jednolitě porosty. Jedovatý druh a významný alergen („popáleniny“ při kontaktu s rostlinou, zejména na slunci).

Kontinent	Počet druhů	
Evropa	13	41
Evropa + Asie	20	
Evropa + Asie + Afrika	8	
Asie	9	9
Amerika Severní	28	30
Amerika Severní + Střední	2	
Amerika Střední + Jižní	2	3
Amerika Jižní	1	
?	7	7

### **Borovice vejmutovka** (*Pinus strobus*)

Původní na východě Severní Ameriky. U nás pěstována od konce 18. století (lesnicky, až o něco později jako okrasná dřevina v parcích). Původně sázena jako příměs do borových lesů. Masivní šíření pozorováno v posledních 30 - 40 letech, i když první zmínky jsou již ze začátku 19. století. Invaduje zejména v oblasti pískovcových skalních měst v borech a borových doubravách. Šíří se zejména ze starších výsadeb semeny na krátké vzdálenosti (max. několik málo set metrů). Hojně zmlazuje a vytváří hustě zapojený podrost. Je schopna i vegetativního rozmnožování (kořenové výmladky). Mimo to vytváří velkou vrstvu opadu, která znemožňuje klíčení a růst bylinného patra i původních dřevin (borovice lesní).

### **Hvězdnice** (*Aster*; několik druhů, např. *A. lanceolatus* a *A. novi-belgii*)

Původní v Severní Americe, do Evropy zavlečeny v 18. století jako okrasné rostliny. Dodnes jsou běžně pěstovány. Invaze začala pravděpodobně brzy po zavlečení. Šíří se na narušovaná místa v lidských sídlech, podél železnic a silnic a také podél vodních toků. Rozšiřování na větší vzdálenosti zabezpečují nažky s chmýrem (anemochorie). Na lokalitě, kde se uchytí, vytváří husté porosty díky vegetativnímu rozmnožování pomocí kořenujících oddenků.

### **Javor jasanolistý** (*Acer negundo*)

Původní v Severní Americe, u nás pěstován v parcích od r. 1835. Spontánní šíření začalo ve druhé polovině 20. století poté, co začal být hromadněji vysazován mimo sídla. Šíří se pomocí plodů (křídlaté nažky podobné jako u našich domácích javorů). Rychle obsazuje volné plochy (po stavbách, okraje silnic apod.) a vytváří zapojené porosty, vyskytuje se i v lužních lesích. Není však konkurenčně příliš silný, takže se neuplatňuje v zapojených stromových porostech a domácí druhy dřevin, pokud ovšem mají možnost v jeho porostu vyklíčit, ho časem přerostou.

Z dalších invazních dřevin, které ve volné krajině zatím nezpůsobují výraznější škody, stojí za zmínku **pajasan žláznatý** (*Ailanthus altissima*) původem z Číny a **dub červený** (*Quercus rubra*) původem z východní části Severní Ameriky.

### **Křídlatka japonská** (*Reynoutria japonica*), **k. sachalinská** (*R. sachalinensis*), **k. česká** (*R. ×bohemica*)

Dva druhy původem z východní Asie a kříženec popsán až z Evropy (od nás, proto to jméno, vyskytuje se ale i jinde). Původně pěstovány jako okrasné rostliny, první údaje o zplanění u nás z konce 19. století, invaze od 30. - 50. let 20. století. Rostou zejména podél silnic, na skládkách a okrajích sídel. Z přirozené vegetace zasahují nejsilněji břehové porosty vodních toků. Šíří se téměř výhradně vegetativně. Na lokalitách vytvářejí husté porosty, ve kterých jiné druhy nerostou (zastínění a silné obsazení půdy hustou sítí oddenků). Jsou schopny dobré regenerace z úlomků oddenků (šíření na nové lokality s odpadem ze zahrádek, při povodních apod.). Téměř nevytvářejí plody, u k. japonské jsou tyto navíc vždy sterilní (křídlatky jsou dvoudomé a v Evropě chybí samčí rostliny k. japonské, opylení zabezpečuje jiný druh z čeledi rdesnovitých, opletka čínská - *Fallopia aubertii*).

### **Netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*)**

Původem z Asie (JZ Sibiř, Z Mongolsko, hory střední Asie; v podrostu listnatých lesů), u nás od poloviny 19. století v několika botanických zahradách a parcích, které se staly ohnisky šíření. Údaje o vzácném zplaňování již od 70. let 19. století, vlastní invaze začíná někdy ve 30. - 40. letech 20. století, od 60. let masově, dnes v celé ČR mimo některých horských oblastí. Jednoletý druh rozmnožující se semeny, která jsou šířena zejména s dopravou. Díky použití mechanizace v lesnictví se dostane prakticky kamkoliv. Vytváří díky konkurenci o vodu druhově chudé porosty v lesích, zvláště degradovaných (zejména smrkové monokultury a příměstské lesíky s nitrofilní vegetací). Silně se šíří také v přezvěřených lesích. Do zachovalých přirozených porostů proniká hůře.

### **Netýkavka žlaznatá (n. royleova) (*Impatiens glandulifera*)**

Původní ve vlhčích lesích SZ Himaláje. Nejstarší údaje o pěstování u nás z poloviny 19. století (okrasná a nektarodárná rostlina), první zplanění začínají na přelomu 19. a 20. století, nejrychlejší nárůst lokalit v polovině 60. let. Dnes v příbřežní vegetaci prakticky všech větších řek. Jednoletý druh samovolně se šířící podél vodních toků – semena jsou unášena podél dna (neplavou) a při povodních vynesena na břeh.

### **Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*)**

Běžná dominanta živinami bohatších středně vlhkých luk, dokonce po ní pojmenováváme vegetační jednotku zahrnující tyto louky. Výskyt vypadá na první pohled zcela přirozeně a přitom je jistě nepůvodní. Tento druh se rozšířil z oblasti Alp poměrně pozdě, až na přelomu středověku a novověku. Jeho tehdejší šíření je dobrým příkladem dávné invaze, kterou si nepamätujeme a jejíž důsledky považujeme za tak přirozené, že se většinou ani o invazi nemluví. Důvodem byl začátek hnojení luk (viz kap. III.1.4). V současné době se druh opět šíří do ostatních suchomilných typů vegetace („stepi“, vřesoviště apod.), přičemž se většinou hovoří o expanzi a ne o invazi – což je opět ukázka toho, že se na jeho nepůvodnost již docela zapomnělo. Ovsík vyvýšený je kompetičně silný druh, který snáší téměř jakékoliv obhospodařování. Vytváří husté porosty, které vytlačují konkurenčně slabší druhy. Problém se týká zejména živinami chudých území, takže hlavním důvodem expanze je asi obecné zvyšování množství živin v půdě – ať již absencí dřívější dlouhodobé pastvy nebo díky spadům dusíku ve srážkách. Svým způsobem se tedy opakuje situace z doby první invaze.

### **Slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*)**

Druh původem ze Severní Ameriky, do Evropy zavlečen začátkem 17. století. Původně pěstován pro jedlé hlízy. Právě z takových kultur (myslivecká políčka apod.) pravděpodobně začala počátkem 60. let 20. století invaze, menší podíl mělo asi vyhazování odpadů ze zahrádek. Šíří se zejména vegetativně hlízami - při povodních podél vodních toků (hlízy jsou uloženy jen mělce pod povrchem půdy) a při přesunu větších množství zeminy při stavbách. Je možné i generativní rozmnožování a šíření nažkami (anemo- a hydrochorie).

### **Sítina tenká** (*Juncus tenuis*)

Drobný severoamerický druh. Invaze začala asi v 50. letech 20. století, dnes je druh dominantou ve vlhčích sešlapávaných místech, typické jsou lesní cesty. Uvádíme jej jako příklad „tiché“ invaze, o které se téměř nemluví, protože nezpůsobuje žádné viditelné škody.

### **Trnovník akát** (*Robinia pseudoacacia*)

Strom původem ze Severní Ameriky, u nás pěstován od roku 1710. Významná rychle rostoucí medonosná rostlina, navíc s tvrdým dřevem. Byl hojně pěstován také pro svoji schopnost růst téměř na jakékoliv sušší půdě. Má hlízkové bakterie fixující dusík, takže dokáže růst i na živinami chudých místech. Byl využíván pro zalesňování neobhospodařovaných svahů, roklí, atp. Šíří se dobře semeny a také kořenovými výmladky (až do vzdálenosti 20 m). Zarůstá zejména suché stráně, na které je často vázána cenná a vzácná vegetace, a opuštěné louky a pastviny. Vytváří trnitě neprostupné porosty, v podrostu se uplatňují zejména silně nitrofilní ruderalní druhy. Navíc vylučuje z kořenů alelopatické látky, které mnoha druhům zabraňují v klíčení.

### **Vodní mor kanadský** (*Elodea canadensis*)

Jedna z mála invazních vodních rostlin. Pochází ze Severní Ameriky, rychle se rozšířil v 2. polovině 19. století. Roste zejména v živinami středně bohatých až bohatých stojatých nebo pomalu tekoucích vodách. Většinou vytváří velmi kompaktní porosty na dně v hloubkách do 3 m.

### **Vrbovka cizí** (*Epilobium ciliatum*)

Pochází ze Severní Ameriky, do střední Evropy zavlečena až poměrně pozdě, ale rychlost jejího rozšíření byla mezi našimi invazními druhy jedna z největších. V ČR nalezena poprvé v roce 1926, hlavní období expanze bylo v 2. polovině 50. a hlavně v 60. letech. Dnes je asi nejhojnějším druhem rodu, vyskytuje se na celém území ČR. Roste na mnoha typech stanovišť, většinou antropogenních (okraje cest, v sídlech, skládky apod.), ale proniká i na okraje a letněná dna rybníků, degradované mokřady (i rašeliniště) apod. Nevytváří sice souvislé porosty jako některé jiné invazní druhy, ale je nebezpečná křížením s domácími zástupci rodu, způsobuje tzv. genetickou erozi.

### **Zlatobýl kanadský** (*Solidago canadensis*), **z. obrovský** (*S. gigantea*)

Oba druhy pocházejí ze Severní Ameriky. V Evropě se pěstují od poloviny 18. století v Anglii, v polovině 19. století se rychle rozšířily po celém kontinentu (u nás známy poprvé z let 1838, resp. 1851). Oba druhy jsou dodnes pěstovány jako okrasné a medonosné rostliny. Šíří se zejména nažkami (anemochorie), zlatobýl kanadský i úlomky oddenků při povodních. Na lokalitách vytvářejí kompaktní porosty díky vegetativnímu rozmnožování oddenky. Zarůstají opuštěné plochy v lidských sídlištích, narušená místa jako stará zbořeniště, skládky apod. Vyskytují se i v břehových porostech řek, vzácněji na degradovaných loukách a pastvinách.

Z expanzivním druhů stojí za připomenutí tyto:

### **Jasan ztepilý** (*Fraxinus excelsior*)

Expanze tohoto druhu probíhá již asi 100 let a je velmi výrazná zejména v oblastech s bazickým substrátem. Druh se šíří především pomocí křídlatých nažek. Hustý porost mladých jedinců může ztěžovat zmlazování ostatních druhů. Expanduje i do neobhospodařovaných luk a suchomilných porostů. Důvodem expanze jsou asi celkové změny hospodaření v krajině, zejména zákaz pastvy v lesích. To vedlo k postupné akumulaci opadu a tedy zvýšení množství živin v půdě, které asi dosáhlo určité hranice umožňující tomuto druhu rychlý růst (viz též kap. III.1). Uvažuje se i o dalších vlivech, zejména o celkové eutrofizaci krajiny díky zvýšenému obsahu dusíku v dešťových srážkách, ale relativní význam tohoto faktoru je v živinami bohatém prostředí stále nevyřešenou otázkou (na rozdíl od živinami chudých prostředí jako jsou rašeliniště nebo biotopy zmíněné u invaze ovsíku vyvýšeného, tam je tento vliv zřejmě nesporný).

### **Třtina chloupkatá** (*Calamagrostis villosa*)

Jeden z dominantních druhů horských lesů (zejména bukových smrčín) na kyselém podkladě. Výrazná expanze probíhá od 80. let 20. století, kdy v důsledku průmyslových imisí vymřely smrkové porosty ve vrcholových částech některých pohoří (Krušné, Jizerské a Orlické hory, Moravskoslezské Beskydy, aj.). Rozhodující bylo zřejmě prosvětlení porostů po odumření stromů, snad i spád dusíku v atmosférických srážkách. Přispěla i značná odolnost druhu k podmínkám prostředí (zejména různé vlhkosti) a schopnost růst na kyselých půdách. Druh se na lokalitách šíří vegetativně pomocí husté sítě oddenků, má tendenci vytvářet jednolitě porosty. Tím výrazně znesnadňuje uchycování semenáčků dřevin i případné umělé pokusy o zalesnění. Může též expandovat do opuštěných horských luk, kde vytlačí původní společenstvo. Na druhou stranu má na imisních holinách určitou pozitivní funkci: ochrana půdy proti erozi a acidifikaci – nedochází k tak intenzivnímu promývání spojenému s odnosem vápníku a jiných prvků, a dále vazba škodlivin z imisí.

### **Třtina křovištní** (*Calamagrostis epigejos*)

Asi náš nejnepříjemnější expanzivní druh. Původně se vyskytoval asi na lesních světlinách a šterkových březích potoků. Jeho značné rozšíření, které začalo již v 1. polovině 20. století, souvisí zejména s holosečným způsobem hospodaření v lesích. Vedle lesních pasek se druh uplatňuje i na okrajích cest, opuštěných loukách a polích, výsypkách, plochách s obnaženou zeminou (po stavbách) apod. Je extrémně tolerantní k podmínkám prostředí (roste od silně zamokřených po velmi suchá místa, téměř v jakémkoli pH). Na větší vzdálenosti se šíří semeny (anemochorie), na lokalitách pak vytváří souvislé porosty díky vegetativnímu rozmnožování. Silná vrstva oddenků a vrstva těžko rozložitelného opadu zabraňují klíčení a růstu ostatních druhů.



## II. ČLOVĚK A ŽIVOČICHOVÉ

Mezi živočichy byly bezpochyby první organizmy, které si člověk ochočil a pozměnil k obrazu svému. Je tomu tak zejména proto, že v dávných dobách (přesněji ve starší době kamenné), kdy naši předkové byli striktními lovci a sběrači, neměli ještě žádné tušení o tom, že by si někdy mohli ochočit nějaké rostliny, ale již tenkrát jim mohli poměrně bez problémů po táboře pobíhat poloochočení vlci, či mlád'ata turů, jelenů a další velmi chutné zvěře. Jinými slovy - i když jsou dnes rostliny pro naše hospodářství zřejmě důležitější než živočichové, člověk se s ostatními živočichy začal kamarádit (využívat je) dříve než s rostlinami a většině lidí jsou i dnes bližší.

Může se zdát, že v předcházejícím odstavci jsme zúžili vztah člověka k ostatním živočichům na „zdroj masa a kůže“. Že tomu tak není se doufáme přesvědčíte v dalších kapitolách, už proto, že při prvních vzájemných interakcích vlastně užitkovost nehrála téměř žádnou roli. Primárními pohnutkami byla spíše zvědavost a samozřejmě celá řada kultovních a magických důvodů.

### II.1. Domestikace

Domestikací rozumíme chov zvířat (podobné je to ovšem i s pěstováním rostlin), která se rozmnožují pod dohledem člověka a jsou z nich vypěstovávány formy odlišné od volně žijících populací. Podmínkou úspěšné domestikace je, že selektovaný druh musí mít výrazně kratší generační dobu než člověk.

Většina domestikací proběhla již před několika tisíci lety. Některé domestikované formy se za tu dobu opět ztratily (domestikované antilopy v Africe), ale většina jich přetrvala a zaujala pevné místo po boku člověka, které si drží dodnes. Přesto, i když v menší míře, domestikace stále probíhá. Raná stádia domestikace můžeme vidět zejména u některých „přírodních etnik“, která často chovají (zpravidla pouze pro vlastní potěšení) nejrůznější ptáky či savce vybrané coby mlád'ata.

Je ovšem nutno upozornit, že domestikace není vůbec jev jednosměrný. Vztah domestikanta a člověka je oběma prospěšný a krávy či ovce jsou na člověku závislé stejně jako zemědělec či pastevec na nich. Někteří živočichové se dokonce doslova k člověku vnutili - typickým příkladem jsou třeba kočky v Egyptě a nebo, abychom nechodili tak daleko, holubi u nás. Navíc ne vždy je výběr člověka zcela vědomý: stačí velké modré oči, krásné uši, hebká srst, roztomilost - zkrátka mláděcí vizáž a chování - a zvířátko se ocitá v chovu, aniž si uvědomujeme, že se u nás právě projeví rodičovské instinkty.

#### „Mexický naháč“

Jako příklad uvádíme mexické nahé psíky, jejichž mlád'ata jsou nejen bezsrstá, ale také bezzubá a mexické ženy na venkově podnes tyto psíky s oblibou kojí, někdy prý až k zanedbání vlastních dětí!

Zoologové se o domestikované živočichy nikdy moc nezajímali. Většinou jimi opovrhovali, tak maximálně sem tam nějakou formu vědecky pojmenovali - někdy jako samostatný druh (pes = *Canis familiaris*), někdy jako „pouhou“ formu (tur = *Bos primigenius* f. *taurus*). V současnosti nemají domestikované formy žádný

systematický statut. Většinou se označují jménem divokého předka a přídávkem f. *domestica*.

První, kdo se začal domestikovanými živočichy vážně zabírat, byl až Charles Darwin. Objasn timer původ všech plemen britských holubů z jediného předka - holuba skalního (*Columba livia*) a napsal o domestikaci knihu (The variation of animals and plants under domestication).

Fenotyp domestikovaných forem je často velmi odlišný od původního vzhledu divokého předka. Obecně platí, že čím více je vzhled domestikanta odlišný od původního vzhledu a proporcí předka, tím více je tato forma choulostivější a tím méně je životaschopnější (má nižší fitness). Ovšem stačí polevit v umělém selekčním dozoru a domestikované formy se přírodním výběrem a křížením s jinými plemeny rychle vrací k původnímu vzhledu volně žijícího předka. Sekundárně zdivočelé populace domestikovaných forem nazýváme **ferální populace**. Typickým příkladem takové populace jsou pražští holubi, na první pohled prakticky nerozpoznatelní od divokého holuba skalního.

Bohužel ne vždy je situace s domestikovanými formami snadno vysvětlitelná. Přestože většina domestikantů má jednoho divokého předka, docházelo u některých forem také k tzv. **introgresi**, tj. přikřížování jiných druhů (např. šakal do některých plemen psů).

### **Autodomestikace člověka**

Velmi zajímavým fenoménem je rovněž autodomestikace člověka. Upozorňoval na ni již Darwin a podrobně tuto myšlenku rozpracoval Konrad Lorenz. Člověk v celé řadě znaků (fysiologických i etologických) připomíná své domestikanty oproti jejich volně žijícím předkům. Má gracilnější kostru, tendence k ochabnutí svalstva, sklony k tloustnutí, roztažení reprodukčního období do celého roku, snášenlivost s ostatními jedinci svého druhu na malém území atd. Přestože „divoké předky“ člověka neznáme, můžeme srovnávat s lidoopy a konec konců i některé primitivní sběračsko-lovecké kmemy nám poskytují představu, jak moc se lidské populace vyvíjely a autodomestikovaly.

### **II.1.1. Nejvýznamnější domestikovaní živočichové**

Pokud bychom chtěli vyjmenovat a popsat všechny domestikované formy živočichů, asi by se nám do letošního přípravného textu nic dalšího nevešlo. Omezíme se proto na těch několik nejdůležitějších a i ty si přiblížíme pouze ve zkratce. Zájemce, kteří by se chtěli o této problematice dozvědět více, odkazujeme na dvanáctý díl edice **Svět zvířat – domácí zvířata**, vydané nakladatelstvím Albatros.

#### **Pes** (*Canis lupus f. familiaris*)

Pes je pravděpodobně nejdéle (a také nejdůkladněji) domestikovaný živočich vůbec. Byl domestikován již někdy před 12 000 - 15 000 lety a domestikace nepostihla pouze vzhled, ale především chování psů. Za předka všech současných forem je považován **vlk** (*Canis lupus*) - snad jen do některých plemen byl přikřížen také **šakal** (*C. aureus*). Vlci a lidé byli od počátku potravními konkurenty. Zbytky potravy u lidských sídlišť pravděpodobně vlky přitahovaly. Přestože ochočit dospělého vlka

je prakticky nemožné, ochočit vlče je velmi snadné a navíc zábavné. Jak dokládají archeologické památky, kojení vlčat (či štěnat) lidskými ženami nebylo nic neobvyklého. Pravděpodobně prvním využitím takovýchto vlků-psů bylo hlídání dětí, které si s nimi, coby malými vlčaty, hrály. Nicméně vztah mezi člověkem a psem byl na rozdíl od většiny ostatních domestikovaných živočichů vždy především citový, bez jakéhokoliv bezprostředního užitku.

V současnosti je pes člověkem mnohostranně využíván. Pomineme-li z našeho hlediska extrémní využití psů jako je např. potrava (celá řada asijských etnik) či zdroj kůže (Mongolsko), zbývá nám stále mnoho „častějších“ využití - existují psi hlídací, pastevečtí, lovečtí, psi využívání policií, vojskem, záchranářští a slepečtí psi a celá řada dalších. Ve vyspělých zemích zejména Evropy je pes významným prvkem v lidských sociálních interakcích.

V současnosti rozeznáváme asi 420 plemen psů. Dříve existoval mezi jednotlivými formami pozvolný přechod. Teprve v posledních cca 100 letech došlo k cílenému křížení a stabilitě jednotlivých extrémů (plemena). Stejný účel, ke kterému byli psi šlechtěni, způsobil podobný vzhled různých plemen.

Existuje také několik ferálních populací psů, které vznikly tam, kde se nevyskytoval divoce vlk. Takto vznikl **dingo australský** (*C. lupus dingo*) a také **dingo pralesní** (*C. l. halstromi*) z Nové Guineje.

**Kůň** (*Equus caballus* f. *domestica*) a **osel** (*E. africanus* f. *asinus*)

Většina odborníků se dnes shoduje na tom, že současný domácí kůň byl vyšlechtěn ze dvou druhů divokých koní - dnes již vyhubeného **tarpana** (*E. caballus*) a **koně Převalského** (*E. przewalskii*). K domestikaci došlo přibližně před 6000 lety. Za nejstarší centrum domestikace je považováno území dnešních ukrajinských a ruských stepí. Je ovšem pravděpodobné, že ve stejné době došlo k domestikaci nezávisle rovněž i u ostatních pasteveckých etnik. Kůň byl zdrojem masa, mléka a kůže, ale hlavně umožňoval rychle překonávat velké vzdálenosti, přehánět stáda a obsazovat vydatné pastviny. Kůň také urychlil ona „velká stěhování národů“ a tím se tedy vlastně nepřímou příčinou i o dnešní složení obyvatelstva na velké části území Asie a Evropy. Starověké civilizace koně využívaly především v zemědělství a dopravě. Koně byli rovněž zapřaháváni do vozů - nejprve to byly lehké vozy reprezentační či lovecké, posléze i těžké válečné vozy, tvořící páteř starověkých armád. Ještě později se vytváří též první kavalerie. Historicky nejmladší využití koně je ke sportovním účelům. Všeobecné využití koní pokračovalo po celý středověk i novověk a ani moderní technika 20. století nedokázala koně zcela vymazat z postu nejvýznamnějšího pomocníka člověka. Nutno ovšem podotknout, že v současnosti je nejvýznamnější využití koní ve sportu a zábavě.

První centra šlechtění koní vznikala už ve starověku. Dnes rozlišujeme několik typů koní a více než 200 plemen.

## „Mustangové“

Vývoj moderních koní probíhal pouze v Severní Americe (v Eurasii prakoně vymřeli). Teprve po pevninském mostě mezi Aljaškou a Asií se před zhruba 2,5 miliony let začali vracet do „Starého světa“ a osidlovat ho. Posléze ovšem zase vyhynuli všichni koňovití v celé Americe a vrátili se na americký kontinent teprve s člověkem. Bylo to v 16. století a přivezli je s sebou evropští kolonizátoři. Mnozí z nich zdivočeli a vytvořili divoké populace, kterým se začalo říkat v Severní Americe právě mustangové a v Jižní Americe **cimmaronas**.

V daleko menší míře než kůň byl ochočen také osel. Předkem domácího osla byli pravděpodobně **osel núbijský** (*E. africanus africanus*) a **osel somálský** (*E. a. somaliensis*). K využití oslů došlo především v subtropické oblasti Evropy, Asie a Afriky, kde zůstává všestranným pomocníkem dodnes.

Zvláštním případem mezi domestikovanými formami koňovitých jsou **muly** a **mezci**. Jedná se o neplodné křížence koně a osla. Mula vzniká křížením koňské klisny a oslího hřebce, u mezka je tomu naopak. Zejména muly byly v minulosti hojně využívány, protože jsou ovladatelnější než koně a snáší lépe těžkou práci.

## Velbloudi a lamy

Stejně jako v případě koní, také vývoj velbloudovitých probíhal výhradně v Severní Americe. Na rozdíl od koní se však velbloudi nevydali pouze na západ do Asie, ale v podobě bezhrbých lam osídlili také Jižní Ameriku.

Ke zdomácnění lam i velbloudů došlo přibližně ve stejné době - cca před 5 000 lety. Na území dnešního Blízkého východu došlo k domestikaci **velblouda jednohrbého** (*Camelus dromedarius*). Jednohrbí velbloudi tvoří 90 % všech zdomácnělých velbloudů, jeho divoký předek však není dosud znám. Mohl jím být nějaký již vyhynulý druh a nebo, jak se tradičně uvádí v literatuře, mohl mít společného předka s domácím velbloudem dvouhrbým (*C. ferus* f. *bactrianus*). Velbloud dvouhrbý byl domestikován ve střední Asii výrazně později (přibližně před 3 000 lety). Jeho předkem je bezesporu divoký **velbloud dvouhrbý** (*C. ferus*), který se dodnes vzácně vyskytuje v poušti Gobi.

Lamy byly domestikovány pravděpodobně na území dnešního Peru. Zdomácněním divoké **lamy guanako** (*L. guanicoe*) vznikly dvě domestikované formy: **lama krotká** (*L. g. f. glama*) a **lama alpaka** (*L. g. f. pacos*).

Velbloudi byli primárně domestikováni k nošení nákladu a jezdeckví. Lamy se chovají nejen jako soumaři, ale také pro chutné maso, kvalitní kůži a vlnu.

## Skot

Skot představuje v současnosti pro člověka hlavní zdroj masa. K domestikaci došlo nezávisle na sobě v mnoha oblastech Eurasie zhruba před 7000 - 9000 lety. V Evropě a západní Asii byl předkem dnešního **tura domácího** (*Bos primigenius* f. *taurus*) divoce žijící **pratur** (*B. primigenius*). Pratur obýval lesy střední Evropy ještě ve středověku - poslední kus uhynul v Polsku roku 1627.

Tur domácí ovšem není zdaleka jediným domestikovaným turem. V horských oblastech Tibetu, Číny a Nepálu byl domestikován **jak divoký** (*B. mutus*), jehož

domestikovanou formou je **jak domácí** (*Bos mutus* f. *grunniensis*). Jak je v asijských velehorách nejdůležitějším pomocníkem a zdrojem obživy.

Pravděpodobně v jižní Číně a Indii byl domestikován **buvol arni** (*Buballus arnee*), jehož „potomkem“ je **buvol domácí** (*B. arnee* f. *bubalis*). Buvol domácí se rychle rozšířil po celé jižní Asii a dnes se s ním můžeme setkat také v Austrálii či Jižní Americe.

V jihovýchodní Asii jsou chovány další dva druhy turů. Na kontinentě to je **gajal** (*Bos gaurus* f. *frontalis*), jehož předkem je **gaur** (*B. gaurus*) a na ostrovech Jáva a Borneo drobný **balijský skot** (*Bos javanicus* f. *domestica*), jehož divokým předkem je lesní skot **banteng** (*B. javanicus*).

Je pravděpodobné, že primární pohnutky k ochočení turů byly náboženské. V mnoha starověkých civilizacích tur představoval symbol vznešenosti a plodnosti (Indie, Egypt). Rituální význam měly býčí hry na starověké Krétě stejně jako ve středověkém Španělsku. Teprve později člověk zjistil všestrannou využitelnost tura a skot se rychle stal nejvýznamnějším producentem masa a mléka, pomocníkem v zemědělství i soumarem. Začaly se zpracovávat kůže a trus byl využíván jako hnojivo. Na mnoha místech skot zcela vytlačil dříve domestikované ovce a kozy a svoji pozici uhájil podnes.

**Ovce** (*Ovis ammon* f. *aries*) a **koza** (*Capra aegargus* f. *hircus*)

Nepočítaje psa, patří ovce domácí a koza domácí mezi nejstarší domestikovaná zvířata vůbec. K jejich domestikaci došlo pravděpodobně před více než 10 000 lety. Ovšem již téměř 14 000 let staré jeskynní malby zobrazují lov ovcí a koz do jakýchsi primitivních ohrad. O to, které z obou zvířat bylo domestikováno dříve, se vedou spory, většinou se však soudí, že primát drží ovce.

K domestikaci ovcí došlo pravděpodobně na několika místech Malé a střední Asie. Který druh divokých ovcí byl předkem domácí ovce není zcela jasné (všechny současné divoké druhy ovcí se plodně kříží). V současnosti se uvažuje o dvou odlišných skupinách druhů, které oním předkem mohly být: jednak o velehorských ovcích reprezentovaných **ovcí středoasijskou** (*O. ammon*) a nebo o stepních ovcích, dnes zastoupených **ovcí kruhorohou** (*O. orientalis*) a **ovcí stepní** (*O. vignei*).

Rovněž kozy byly domestikovány v Asii, nejpravděpodobněji v oblasti západního Iránu (pohoří Zagros). Na rozdíl od ovce se zdá být předek domácí kozy jasný. Většina odborníků se shoduje na tom, že jím byla západoasijská **koza bezoárová** (*C. aegargus*).

V období starověku se ovce i kozy chovaly již po celém tehdejší civilizovaném světě. Postupně se rozšířily po celé Africe a také Asii. Ovcím se dařilo spíše v lesostepních a stepních oblastech, kozy se rozšířily také do pouštních, ale i vlhkých tropických oblastí. Zpočátku se ovce i kozy chovaly především na maso, mléčné produkty a kůži. Teprve později se začala objevovat plemena ovcí chovaná pro vlnu. V současnosti se ovce i kozy pro svoji nenáročnost a velkou přizpůsobivost chovají po celém světě. Právě chovu ovcí vděčíme za některé typické bezlesé biotopy jako jsou vřesoviště či stepní trávníky, zatímco málo kontrolované pastvě koz zase vděčíme za zničení dřevinné vegetace mnoha oblastí Středomoří.

Dnes rozeznáváme asi 600 plemen ovcí a 300 plemen koz.

### **Muflon** (*Ovis musimon*)

Původně se soudilo, že muflon mohl být jedním z divokých předků současných domácích ovcí. Teprve v poslední době se ukázalo, že muflon je ve skutečnosti zdivočelá forma neolitických domestikovaných ovcí a na Korsiku, odkud pochází, se dostal před 9 000 lety teprve s člověkem.

### **Prase** (*Sus scrofa* f. *domestica*)

Předkem prasete domácího je v naprosté většině případů **prase divoké** (*Sus scrofa*), které obývalo téměř celou oblast Eurasie. Pouze na ostrovech jihovýchodní Asie byly domestikovány ještě další dva druhy prasat: **prase celebeské** (*S. celebensis*) a **prase filipínské** (*S. philippensis*).

Domestikace prasat začala přibližně před 8 000 lety v oblastech Přední Asie a Indie. Podmínkou domestikace prasat byly „usedlé kultury“, protože prase se nehodí pro kočovný způsob života. Na rozdíl od jiných zvířat byl důvod domestikace prasete vždy pouze jeden a ten samý - významný zdroj masa.

### **Kožešinová zvířata**

V touze získat kvalitní a krásné kožešiny, snažil se člověk chovat a šlechtit různé druhy především drobných šelem a některých hlodavců. Nejde o pravou domestikaci, většinou jde o udržení a genetickou stabilizaci barvených forem, které se vzácně vyskytují i ve volné přírodě. Tzv. „**stříbrná liška**“ není nic jiného než barevná varieta lišky obecné (*Vulpes vulpes*), **pesec** je barevná forma lišky polární (*Alopex lagopus*). Známé jsou rovněž barvené mutace **norka amerického** (*Mustela vison*).

Z hlodavců jsou pro kvalitní kožešinu často chovány nejrůznější barevné formy jihoamerických **nutrií** (*Myocastor coypus*) a **činchila vlnatá** (*Chinchilla laniger*), která se chová velmi často také jako domácí mazlíček.

### **Kočka** (*Felis silvestris* f. *catus*)

Kočka domácí je poměrně „mladé“ zvíře. Kočka byla domestikována v Egyptě teprve před asi 6000 lety. Divokým předkem byl s největší pravděpodobností africký poddruh naší kočky divoké - **kočka plavá** (*F. silvestris lybica*). Domestikace koček neprobíhala téměř jistě nijak intenzivně. Spíše se dá říci, že kočka se k člověku dobrovolně přidala, přitahována velkým množstvím hlodavců v blízkosti lidských sídel. O tom, že to bylo soužití oboustranně výhodné svědčí to, že kočka se v Egyptě záhy stala posvátným zvířetem. Postupně se domácí kočky s obchodem šířily po celém tehdejší civilizovaném světě, kde přebraly funkci lovce hlodavců do té doby chovaným fretkám. Dnes je kočka v domácnostech druhým nejčastěji chovaným živočichem, hned po psu.

V současnosti je mezinárodně uznáváno asi 30 plemen koček. Většina z nich je záležitostí posledních 100 - 150 let. Vzhledem ke krátké generační době byly během 20. století vyšlechtěny desítky dalších kočičích variet a „plemen“.

### **Králík** (*Oryctolagus cuniculus* f. *domesticus*)

Po ústupu poslední doby ledové se **králík divoký** (*O. cuniculus*) usídlil pouze na Iberském poloostrově. Tamní obyvatelé tak byli prvními, kteří začali králíky chovat

kvůli chutnému masu. Vlastní domestikace králíka, „nejmladšího“ domácího zvířete, však proběhla až ve středověku v jižní Francii. Tamní mniši chovali králíky ve svých kláštorech a s nimi se také rozšířili po celé Evropě. Králíci rychle zdomácněli všude, kde byli vysazeni a začali se množit. Odstrašujícím příkladem může být Austrálie, kde králíci způsobili během několika desetiletí ekologickou katastrofu, když zlikvidovali většinu tamní zeleně. Dnes je králík oblíbeným domácím zvířetem, chovaným po celém světě pro maso, kůži i jako domácí mazlíček. Rozlišujeme asi 100 plemen.

### **Fretka** (*Mustela putorius f. furo*)

S králíky úzce souvisí ještě další domestikované zvíře. Je jím fretka - domestikovaná světlá forma **tchoře tmavého** (*M. putorius*). Fretka se totiž v minulých stoletích využívala především k vyhánění divokých králíků z nor (tzv. fretkování). Soudí se, že fretka byla domestikována již ve starověku, kdy byla chována v domácnostech k chytání hlodavců. Krátkodobě byla fretka chována také pro kožešinu, dnes je chována prakticky výhradně pro zábavu.

### **Hlodavci**

Domestikace se nevyhnula ani celé řadě hlodavců. Nejznámějším domestikovaným hlodavcem je zřejmě **myš laboratorní** (*Mus musculus f. alba*). Vzhledem k tomu, že myš žije v blízkosti člověka prakticky „od nepaměti“, je těžké říci, kde a kdy přesně byla myš domestikována. Nesporným faktem je pouze to, že chovem myši se zabývali především v Číně a v Japonsku, odkud se v 19. století myš laboratorní dostala s námořním obchodem také do Evropy.

Neméně významnou pozici mezi domestikovanými hlodavci zaujímá **potkan laboratorní** (*Rattus norvegicus f. alba*), čili jak se běžně říká - „laboratorní krysa“ (ne, že by bílá krysa neexistovala, v laboratoři i jako domácí mazlíček se však chová nesrovnatelně méně než potkan). Podobně jako u myši dnes rozeznáváme celou řadu barevných forem potkana, od bílých a krémově zbarvených, přes strakaté až po zcela černé. Vyšlechtěny byly formy s vlnitou srstí, ale také zcela bezsrsté formy, které se využívají hlavně v laboratořích (o významu myši i potkana jako laboratorních zvířat bude ostatně ještě řeč v kapitole Modelové organizmy).

V menší míře, než s myší a potkanem, se můžeme setkat s dalším zcela domestikovaným hlodavcem: V Novém světě, ještě před příchodem kolonizátorů, bylo domestikováno **morče divoké** (*Cavia aperea*). Jeho zdomácnělou formou je **morče domácí** (*C. aperea f. porcellus*). V minulosti se morče chovalo pro chutné maso, nějakou dobu bylo též vyhledávaným modelovým organizmem v laboratořích. Dnes se chová téměř výhradně coby nenáročný domácí mazlíček.

V laboratořích i pro potěšení se chová ještě několik dalších hlodavců, avšak u nich nemůžeme mluvit o úplné domestikaci: Běžně se můžeme setkat s **křečkem zlatým** (*Mesocricetus auratus*), jehož celý laboratorní chov pochází ze tří jedinců chovaných na Jeruzalémské universitě! Často se chová také drobný **křečík džungarský** (*Phodopus sungorus*), hned několik druhů **pískomilů** (např. rod *Meriones*) nebo jihoamerický **osmák degu** (*Octodon degu*).

## **Ptáci hrabaví**

Hrabaví ptáci jsou z hlediska domestikace (a hospodářského využití) bezpochyby nejvýznamnější skupinou ptáků. Vyjmenovat si můžeme např. kury, perličky, krůty, pávy, bažanty, křepelky... Ochočení těchto ptáků (stejně jako hus a kachen) bylo poměrně jednoduché díky jevu nazývanému **imprinting** (vtištění). Mláďata si v prvních hodinách po vylíhnutí „vtisknou“ do paměti prvního živého tvora (i neživou věc), kterou uvidí a tu považují po celý zbytek života za svého rodiče a věrně ho následují.

Předkem našeho **kura domácího** (*Gallus gallus* f. *domestica*) je zřejmě **kur bankivský** (*G. gallus*) žijící v jihovýchodní Asii. Kur byl domestikován pravděpodobně před 5000 - 4000 lety na území dnešní Indie. Původně byl chován pro rituální účely - ptáci byli využíváni k vzájemným soubojům. Během prvního tisíciletí př. n. l. se kur s obchodem dostal do Mezopotámie a dále do Malé Asie a Středomoří. Postupně se kur domácí rozšířil prakticky po celé Evropě a s kolonizací Ameriky i v Novém Světě. Začal se využívat také jako zdroj vajec a masa. Dnes existuje asi 200 plemen kura domácího. Plemena jsou zaměřena na produkci vajec nebo masa, stále se chovají také plemena bojová.

**Perlička domácí** (*Numida meleagris* f. *domestica*) byla vyšlechtěna z africké **perličky divoké** (*N. meleagris*). Domestikace perličky proběhla pravděpodobně těsně před přelomem letopočtu v Řecku. Zpočátku byla chována jako obětní pták, posléze se využívala i pro chutné maso. Chovy v Řecku i Římě však s pádem starověkých říší zanikly a znovu byla perlička domestikována až v 15. století, kdy ji z Afriky přivezli španělské kolonizátoři.

**Krocان divoký** (*Meleagris gallopavo*) je lesním ptákem vyskytujícím se na jihovýchodě USA a v Mexiku. Jeho domestikovanou formou je **krocان domácí** (*M. gallopavo* f. *domestica*). Byl domestikován zhruba 1000 let př. n. l. středoamerickými Indiány a po kolonizaci Ameriky se rozšířil také do Evropy. Chová se zejména pro chutné maso a vejce.

Přestože nedošlo k jejich úplné domestikaci, lze mezi domácí ptáky zařadit také **křepelku japonskou** (*Coturnix japonica*) pocházející z jihovýchodní Asie, **páva korunkatého** (*Pavo cristata*), původem z Indie a několik druhů asijských **bažantů**. Všichni tito ptáci byli chováni původně jako okrasní, teprve později začali být také servírováni na královských tabulích coby vzácné delikatesy. Dnes jsou využíváni opět především jako okrasní ptáci, pouze křepelka se chová pro drobná vajíčka (s nízkým obsahem cholesterolu) a také jako laboratorní živočich.

## **Kachny a husy**

Počátky domestikace kachen nejsou dodnes příliš jasné. Předkem většiny současných plemen **kachny domácí** (*Anas platyrhynchos* f. *domestica*) je **kachna divoká** (*A. platyrhynchos*). K domestikaci kachen došlo zřejmě na území Mezopotámie přibližně před 7000 lety. Kromě toho byly kachny pravděpodobně zdomácněny nezávisle také ve starověké Číně a Indii. Též v Americe došlo k domestikaci kachen. Z kachny **pižmovky velké** (*Cairina moschata*) byla Indiány vyšlechtěna **kachna pižmová** (*Cairina moschata* f. *domestica*).



**Husa domáci** (*Anser anser f. domestica*) patří mezi nejdéle domestikované ptáky. Za jejího předka je považována **husa velká** (*A. anser*), která se vyskytuje po celém mírném pásu Eurasie a soudí se, že v Evropě mohla být domestikována již před 7000 lety. V Číně byla domestikována také **husa labutí** (*A. cygnoides*), která se i v přírodě s husou velkou plodně kříží. Zdomácnělou formou husy labutí je **husa čínská** (*A. cygnoides f. domestica*). Stejně jako kachny byly také husy chovány zejména pro maso a vejce. Kuriózní (ale poměrně časté) je využití hus na hlídání objektů - legenda praví, že husy zachránily Řím před útokem Galů, když svým křikem varovaly obyvatele města.

### **Holub domáci** (*Columba livia f. domestica*)

O holubech byla řeč již v úvodu celé kapitoly. Holubi jsou nejstaršími domestikovanými ptáky. Předkem všech současných plemen je **holub skalní** (*Columba livia*). Zdomácnění holubů proběhlo před více než 7000 lety na Blízkém a Středním východě. Holubi se k člověku slétali lákáni zralým obilím a také lidskými obydlími, která poskytovala mnoho vhodných míst k hnízdění. Takto vzniklé spontánní chovy využíval člověk především jako zdroj vajec a masa. Teprve později si lidé všimli pozoruhodného orientačního smyslu holubů a začali je využívat rovněž k přepravě zpráv. V současnosti se holubi chovají převážně jako okrasní ptáci.

### **Pštros dvouprstý** (*Struthio camelus*)

Pštros patří mezi nedávno domestikované ptáky. Ačkoliv byl zřejmě chován již africkými domorodci, jeho chov v Evropě (a také v USA) je záležitostí minulého století. Pštros je bezpochyby velmi užitečné a všestranně využitelné zvíře. Kromě chutného masa a vajec je pro okrasné účely využíváno také pštrosí peří. Velmi pevná a kvalitní kůže má zase široké upotřebení v kožedělném průmyslu.

V současnosti rozeznáváme tři vyšlechtěná plemena pštrosa dvouprstého.

### **Kanár** (*Serinus canaria f. domestica*)

Tento drobný pěvec (blízký příbuzný našeho zvonohlíka zahradního) pochází, jak už jeho jméno napovídá, z Kanárských ostrovů. Jeho divokým předkem je **kanár divoký** (*S. canaria*). Ke zdomácnění kanára došlo zásluhou Španělů, kteří v 15. století Kanárské ostrovy obsadili a krásně zpívajícího ptáka (domorodci běžně chovaného) přivezli do Evropy. Zpěv samečků kanára zůstal hlavním důvodem chovu kanárů i v současnosti, i když v minulých stoletích byl kanár využíván také jako „poplašné zařízení“. Brali si jej s sebou horníci do dolů, aby upozornil na případný výron nebezpečných plynů. Ptáci jsou na koncentrace plynů daleko citlivější než lidé, takže „omdlení“ kanára varovalo horníky včas před hrozícím nebezpečím.

### **Papoušci**

Člověk chová pro své potěšení nespočet různých zástupců řádu papoušků. Jen vyjmenovat je všechny by zabralo velkou část letošního přípravného textu, takže se zmíníme pouze o dvou australských druzích, které si získaly největší oblibu a bylo u nich vyšlechtěno několik barevných forem, které se v přírodě nevyskytují.

Bezesporu nejoblíbenějším papouškem je „andulka“, neboli **papoušek vlnkovaný** (*Melopsittacus undulatus*). Andulky byly do Evropy dovezeny již počátkem 19. století a kromě „přírodní“ žlutozelené formy se dnes chovají ptáci modrobílí, šedí, strakatí... Druhým velmi oblíbeným papouškem je o něco větší **korela chocholátá** (*Nymphicus hollandicus*). Také u tohoto druhu se dnes kromě divoké šedivé formy chovají ptáci žlutí, skořicově, či perlově zbarvení a také jedinci strakatí.

### **Domestikované ryby**

Typickými představiteli domestikovaných ryb jsou tzv. „zlaté rybky“. Zlaté formy dnes známe u velkého množství druhů ryb, primát (v počtu forem i ve využití) však drží východoasijský **karas zlatý** (*Carassius auratus* f. *domestica*). Tato ryba byla poprvé domestikována pravděpodobně ve starověké Číně, kde byla chována jako okrasný prvek čínských zahradních a domácích rybníčků. Do Evropy se dostala teprve s rozvojem dopravy a obchodu v 17. století. Dodnes bylo u karase vyšlechtěno několik desítek barevných i tvarových forem.

Jen o málo kratší historii domestikace má **kapr obecný** (*Cyprinus carpio*). Velké množství barevných forem kaprů bylo vyšlechtěno především v Japonsku. Na rozdíl od karase se však kapr hojně chová také jako zdroj masa, takže byly vyšlechtěny rovněž užitkové formy kapra.

Výčet zlatých a okrasných forem druhů ryb tímto zdaleka nekončí. Mohli bychom jmenovat celou řadu chovaných akvariálních ryb. Tyto druhy však zpravidla ještě nebyly domestikovány a do této kapitoly zatím nepatří.

### **Bourec morušový (*Bombyx mori*)**

Bourec morušový je jediným opravdu domestikovaným hmyzem (a bezobratlým). Byl vyšlechtěn z asijského bource *Theophila mandarina*. Podle čínských pramenů proběhla domestikace již před více než 4500 lety. Do dnešní doby motýl změnil barvu (je skoro bílý), ztratil schopnost letu a počet generací se zvýšil až na osm za rok (původně měl pouze jednu ročně). Housenky se živí výhradně listím moruší a kokon, ve kterém se kuklí, obalují vysoce kvalitním hedvábným vláknem. Z jednoho kokonu lze získat až 3 km hedvábného vlákna.

## **II.2. Další hospodářsky využívání živočichové**

Mohli byste namítat, že výše uvedený seznam chovaných živočichů není zdaleka úplný. Tak např. v krajích za polárním kruhem se zcela běžně chová **sob polární** (*Rangifer tarandus*), který nahrazuje skot a jiná užitečná zvířata, na která je tam prostě zima. Je to pravda, člověk chová spoustu zvířat, ne všechna však podlehla domestikaci. Člověkem chované populace takových živočichů se morfologicky téměř neliší od volně žijících populací a nebyly vyšlechtěny žádné odlišné formy. Přesto hrají v životě lidí důležitou roli. Aby nám to dotyční tvorové neměli za zlé, alespoň některé si vyjmenujeme.

Nejprve se podíváme na zástupce bezobratlých. Začít musíme rozhodně **včelou medonosnou** (*Apis mellifera*). Již starověké civilizace dokázaly včely chovat v uměle vyrobených úlech. Přesto nebyla nikdy domestikována a člověkem chované populace

se prakticky neliší od divokých včelstev. Včely dodnes patří mezi důležité producenty vosku a medu.

Z dalších druhů chovaného hmyzu zmiňme alespoň **červce lakového** (*Laccifera lacca*). Tento drobný hmyz pochází z jihovýchodní Asie. Žije v koloniích na různých rostlinách, které obaluje vrstvičkou laku. Lak se sbírá a upravuje na tzv. šelak. Ten je potom základní surovinou pro výrobu nejrůznějších kvalitních laků.

Z ostatních bezobratlých nemůžeme zapomenout na různé zástupce měkkýšů, kteří jsou chováni coby zdroj delikátní potravy. Ze suchozemských měkkýšů se jako lahůdka chová evropský **hlemýžď zahradní** (*Helix pomatia*) a až 30 cm velký africký plž **oblovka velká** (*Achatina achatina*). Z mořských měkkýšů se nejčastěji chovají **ústřice jedlá** (*Ostrea edulis*) a ve Středomoří také **slávka jedlá** (*Mytilus edulis*). Pro tvorbu perel se chová **perlotvorka mořská** (*Pinctada margaritifera*).

Připomenout je třeba také ještě několik obratlovců, především savců. Kromě již zmiňovaného soba chová člověk ještě další druhy kopytníků. Poměrně vzácně, ale zato již dlouhá léta, se v severských krajích chová také **los evropský** (*Alces alces*). V minulosti byl využíván především k jízdě. Častěji než los se chová na farmách a v oborách **daněk evropský** (*Dama dama*). V oborách se však chovají také různé další druhy jelenů. Spíše než náš **jelen evropský** (*Cervus elaphus*) je to východoasijský **jelen sika** (*Cervus nippon*).

Závěr této malé kapitoly bude patřit slonům, tedy především **slonu indickému** (*Elephas maximus*). Ten je totiž v jihovýchodní Asii chován již od starověku. Slon se využívá nejen jako obrovská pracovní síla a dopravní prostředek, ale v minulosti sloužil i jako válečná zbraň. V případě slonů nemůžeme hovořit o pravém chovu, neboť sloni se uměle prakticky nechovají. Naprostá většina ochočených slonů jsou v přírodě odchycená a vychovaná mláďata. Daleko méně než indický slon je ochočován rovněž **slon africký** (*Loxodonta africana*). Z historie víme, že sloni bývávali nepostradatelnou složkou severoafrických starověkých armád.

### II.3. Synantropizace

Na rozdíl od domestikantů nejsou synantropně žijící živočichové chováni záměrně. Jak člověk začal stále víc a více ovlivňovat prostředí kolem sebe a měnit je k „obrazu svému“, přibývalo i organismů, které se tomuto prostředí přizpůsobovaly a začaly jej trvale nebo dočasně obývat. Dnes známe synantropně žijících živočichů celou řadu - počínaje drobnou **rybenkou** čile pobíhající po vaší koupelně, přes pavouky **třesavky** visící v koutě místností, **škvory**, **potemníky moučné** v potravinách, ale také **myši domácí**, **vlaštovky** hnízdící nade dveřmi, či **netopýry** bydlící za trámem pod střechou...

### II.4. Invazní a expanzivní živočichové

Stejně jako u rostlin, i u živočichů lze nalézt velké množství druhů, které se rozšířily a zabydly (ať svépomocí nebo za přispění člověka) v krajích, kde se původně nevyskytovaly. Historie osidlování některých druhů je natolik mladá, že ji můžeme sledovat na „vlastní oči“, jiné druhy tu zase s námi žijí již tak dlouho, že nás ani nenapadne považovat je za nepůvodní. Stručně si přiblížíme alespoň několik nejzajímavějších zástupců.

### II.4.1. Invazní bezobratlí

Typickým příkladem invazního hmyzu je **mandelinka bramborová** (*Leptinotarsa decemlineata*). Tento „americký brouk“ byl do Evropy zavlečen s brambory během 1. světové války. Během jednoho století mandelinka kolonizovala celou Eurasii. Své tažení začala v severní Francii a postupovala na východ - kolem roku 1960 překročila hranice Asie, v současnosti pravděpodobně dospěla až Tichému oceánu a vítězně tak završila kolonizaci mírného pásma celé severní polokoule.

S rozvojem námořní dopravy se do střední Evropy rozšířilo několik dalších bezobratlých. Z řek tekoucích do Černého moře se k nám rozšířil drobný mlž **slávička mnohotvará** (*Dreissena polymorpha*) - běžně se s ní můžete setkat např. v Labi. Z Číny k nám byl zase zavlečen sladkovodní **krab čínský** (*Eriocheir chinensis*).

Existují samozřejmě ale také bezobratlí, kteří se k nám rozšířili samovolně. Krásným příkladem může být **křížák pruhovaný** (*Argiope bruennichi*). Tento černožlutě žíhaný pavouk doputoval do Čech z oblasti jihovýchodní Evropy teprve před zhruba 10 lety. Přesto se s ním dnes můžete setkat na různých biotopech prakticky po celém území ČR.

### II.4.2. Invazní a expanzivní obratlovci

S rozvojem akvaristiky bylo do České republiky zavlečeno také několik druhů ryb. Např. z pobřeží evropských moří k nám byla dovezena **koljuška tříostná** (*Gasterosteus aculeatus*). Tato oblíbená akvariijní ryba u nás po vysazení do přírody rychle zdomácněla a místy může působit i vážné hospodářské škody na jikrách a plůdku jiných ryb. Ze Severní Ameriky byly dovezeny dva druhy lososovitých ryb – **pstruh duhový** (*Salmo gairdneri*) a **siven americký** (*Salvelinus fontinalis*). Oba jsou hojně vysazovány do potoků a chladnějších rybníků. V rybnících i řekách se u nás v poslední době můžete setkat také se dvěma druhy ryb pocházejících z východní Asie. Jsou to: **Amur bílý** (*Ctenopharyngodon idella*) a **tolstolobik obecný** (*Hypthalmichthys molitris*).

Introdukovaných (tj. dovezených) druhů ptáků v ČR mnoho není. Ve velké míře se rozšířily vlastně pouze dva: **Bažant obecný** (*Phasianus colchicus*) pochází z oblasti západní Asie a byl vysazen myslivci jako lovná zvěř. **Labuť velká** (*Cygnus olor*) je původní v oblasti velkých jezer severní Evropy. Do střední Evropy se rozšířila za přispění člověka, když byla vysazována jako okrasný pták. Na území České republiky nicméně žije několik druhů ptáků, které jsme si zvykli pokládat za původní a přitom se k nám rozšířili teprve v posledních 150 letech. V druhé polovině 19. století se k nám z jižní Evropy rozšířil **zvonohlík zahradní** (*Serinus serinus*). Začátkem století 20. na naše území ze severovýchodní Evropy doputovaly dvě kachny - **polák velký** (*Aythya ferina*) a **polák chocholačka** (*A. fuligula*). Nejnověji se do ČR kolem roku 1940 rozšířila jihoevropská **hrdlička zahradní** (*Streptopelia decaocto*).

Nové druhy savců se ve střední Evropě šíří, alespoň v počátcích, výhradně za pomoci člověka. Typickým příkladem je severoamerická **ondatra pižmová** (*Ondatra zibethicus*). V roce 1905 bylo vysazeno 10 párů ondatr v Čechách v oboře u

Dobříše. Během 20 let ondatry kolonizovaly celé Čechy, v současnosti se vyskytují téměř na celém území Evropy a také v přilehlých oblastech Asie. Ze Severní Ameriky pocházejí i další dvě kožešinová zvířata - **norek americký** (*Mustela vison*) a **mýval severní** (*Procyon lotor*). Bývají chováni na farmách, odkud často utečou a zdivočí (místy byli vysazeni i záměrně). Také východoasijský **psík mývalovitý** (*Nyctereutes procyonoides*) je chován pro kvalitní kožešinu. Byl vysazen ve východní Evropě, odkud se šíří na západ a setkat se s ním můžete také v naší přírodě.

## **II. 5. Chov hospodářsky nevyužívaných živočichů**

Jak je vidět v předcházejících kapitolách, většina těch nejdéle „ochočených“ živočichů byli přece jen ti, které člověk mohl k něčemu využít. Z dlouhého seznamu jsme vybrali dva (podle nás nejdůležitější) příklady interakcí člověka s živočichy, kteří nejsou hospodářsky nijak nevyužíváni.

### **II. 5. 1. Zoologické zahrady - funkce a význam včera i dnes**

Divoká zvířata ovlivňovala lidský život po celou dobu existence lidstva. Byla a jsou nedílnou součástí prostředí odkud jsme vzešli. Obava z jejich nepoznanosti a nebezpečnosti s sebou už od prvopočátku přinášela mytizaci, jakousi posvátnou fascinaci z jejich schopností. Člověk už od pradávna měl touhu zvířata krotit a podrobovat...

V mnoha kulturách se zvířata stala symboly určitých vlastností, posvátnými bytostmi a vtěleními bohů. Svědčí o tom mnoho archeologických nálezů. Jako příklad můžeme uvést jeskynní malby ve Font-de Gaume a La Pileta ve Francii nebo nálezy figurek zvířat v Dolních Věstonicích. Ve starověku začali lidé chovat některá zvířata na posvátných místech ke kultovním účelům a náboženským obřadům.

Přibližně ve 2. tisíciletí před našim letopočtem se divoká zvířata stávají celkem běžnou součástí vladařských paláců, jsou odznakem bohatství a moci vladaře. V Egyptě zřídila královna Hatšepsovet (1490 - 1468 př. n. l.) zvěřinec, ve kterém byla zpočátku chována zvířata ze severovýchodní Afriky a později i z Indie. I biblická postava Daniel se podle legendy ocitnul v „jámě lvové“. Dnes se archeologové a historikové domnívají, že to byl jeden ze zvěřinců asyrských králů.

Ve dvanáctém století př. n. l. založil čínský císař Wen - Wang mezi Pekingem a Nankingem „zahrada moudrosti“. Ta měla okolo 400 hektarů a sloužila především k potěšení a zábavě císaře a jeho rodiny. Na rozdíl od ostatních soudobých zvěřinců poskytovala svým chovancům dostatek životního prostoru. O „zahradě moudrosti“ podává svědectví i cestovatel Marco Polo, který Čínu navštívil roku 1271. Tato zahrada, které vděčíme za přežití jelena milu, byla bohužel počátkem 20. století po pádu mandžuské dynastie zničena.

Ve starověkém Římě bylo drženo ohromné množství divoké zvěře pro zápasy v gladiátorských arénách. Pro obstarávání tolika zvířat byly vysílány zvláštní lovecké výpravy do všech koutů tehdy známého světa. Skutečnost, že počty živočichů procházejících těmito krvavými jevišti nebyl malý, dokumentuje i následující příklad. Ve zvěřinci Gaia Octavia Augusta (vládl v letech 29 př. n. l. až 14 n. l.) bylo chováno

na 3 500 zvířat: 420 tygrů, 260 lvů, 600 afrických šelem (levhartů, gepardů...), nosorožec, hroch, tuleni, orli, 36 krokodýlů, jeden 2,5 metru dlouhý had atd.

S pádem Římské říše zanikají poslední starověké zvěřince a chov exotických zvířat upadá. Až ve 12. století vznikají u italských knížecích dvorů zvěřince pro exotická zvířata. V té době byly ubikace bohužel velice malé a naprosto nevyhovovaly potřebám chovanců. Móda italských zvěřinců se brzy rozšířila, chov se stal výrazem feudální moci. Do Evropy se opět dovážela zvířata z celého světa, například ve 13. století byl dovezen slon a lední medvěd, v 16. století byl přivezen první nosorožec jako dar od vládce Kambodže portugalskému králi, který ho okamžitě věnoval papeži. Jak je vidno, byla cizokrajná zvířata výborným prostředkem k získání politické náklonnosti. (Ono to dost často platí dodnes, například čínská vláda darovala bývalé ČSSR čínské velemluky, berlínská zoo se pyšní skupinou varanů komodských získanou darem od indonéského prezidenta...).

V roce 1752 založil císař František I. po vzoru Ludvíka XIV. ve vídeňském Schönbrunnu zvěřinec, který se později stal nejstarší zoologickou zahradou s nepřerušným provozem vůbec. Až dosud byly zvěřince přístupné pouze pro příslušníky šlechty (snad kromě zvěřince v londýnském Toweru, kam mohl každý, kdo přinesl psa nebo kočku jako krmení). První opravdu veřejnou zoo se stala v roce 1793 *Jardin des plantes* v Paříži, kam byla po francouzské revoluci přemístěna zvířata z Versailles. Brzy na to následovalo otevírání mnoha zahrad v celé Evropě. Ta londýnská, otevřená roku 1828, poprvé použila název *Zoological Garden*, který se velice rychle vžil pro všechna zařízení tohoto typu.

Obrovským pokrokem v historii moderních zoo se stal rok 1907, kdy německý obchodník se zvířaty Carl Hagenbeck zakládá *Carl Hagenbecks Tierpark*. Jeho „revoluční myšlenky“ se týkaly hlavně pojetí ubikací pro zvířata. Ty měly být pohledné, divácky atraktivní, ale především musely vyhovovat zvířatům. Volné výběhy, které si nechal patentovat už v roce 1896, jsou dnes neodmyslitelnou součástí každé zoo. Zavedl moderní zoo bez mříží. Ačkoliv jsou už dnes myšlenky Carla Hagenbecka v mnohém překonány, zůstává jednou z hlavních osobností formujících poslání a vzhled zoologických zahrad.

V České republice je v současnosti i přes její malou rozlohu 14 zoo, nejstarší je v Liberci a byla založena v roce 1919. Vysoká hustota zoologických zahrad vedla v 60. letech 20. století k specializaci jednotlivých zahrad na určitou zoogeografickou oblast. Bohužel se dnes od tohoto zajímavého a pro návštěvníky velice poučného konceptu upouští. Jedna z mála doopravdy specializovaných zahrad v současnosti je Podkrušnohorský Zoopark v Chomutově, který se specializuje na euroasijskou faunu.

Jaké jsou hlavní úkoly a poslání současných zoologických zahrad? Jsou dva: ochrana zvířat a vzdělávání obyvatelstva.

V současnosti vděčíme zoologickým zahradám za záchranu zvířat jako je bizon, zubr, berneška havajská nebo jelen milu. Existuje velké množství záchranných a záchovných programů pro kriticky ohrožené druhy živočichů, které koordinují jednotlivé chovy na celém světě. Bylo by ale pošetilé myslet si, že zoo budou odchovávat zvířata, která se budou vypouštět okamžitě zpět do divočiny. Jednak zvířata, která vyrůstala v zoologických zahradách, neměla šanci se naučit mnoho dovedností, které jim umožňují v přírodě obstát a v přírodě by nejspíše chtěla hladu

apod. Často to jsou také druhy ohrožované mizením vhodného habitatu (stanoviště), u kterých není možno o vypouštění ani uvažovat, neboť není kam. Proto je lepší nahlížet na zoo jako na jakási „umělá refugia“, místa, kde se s pomocí člověka bude udržovat životaschopná populace zvířat. Pokud by došlo ke zlepšení podmínek v domovině ohrožených druhů, mohly by pak zoo dodávat chovné jedince do záchranných stanic přímo na místě.

Druhý a neméně důležitý úkol zoo spočívá ve vzdělávání a výchově obyvatelstva. Osobní setkání s živočichy a správná interpretace jejich životních projevů může zvláště mladým lidem pomoci v uvědomování si základních životních hodnot. Zoo mají ideální možnost nenásilnou a zábavnou formou přiblížit široké veřejnosti zázraky a tajemství přírody. Pouze všestranně vzdělaný člověk může správně vážit mezi ekonomickými zájmy veřejnosti a nutností zachovat důstojné životní prostředí nejen pro naše děti, ale i pro jiné organizmy žijící na naší planetě. Zoologické zahrady také skýtají ideální příležitost pro provádění vědeckých výzkumů, a to zejména na poli klasické zoologie, etologie a sociobiologie.

V současné době se tvář zoologických zahrad dynamicky mění. Projevuje se snaha o chov větších a přirozenějších skupin zvířat i za cenu celkově menšího počtu druhů. Je snaha stavět expozice ekologického nebo biomového typu, tj. ukázat zvířata v jejich přirozených podmínkách ve společnosti ostatních druhů.

Na druhé straně existují i některé etické problémy zoologických zahrad. Bohužel i přes veškerou snahu se nedají splnit všechny nároky a potřeby chovaných zvířat. To platí zvláště o chovu druhů s vysokým stupněm sociální organizace a zvířatech s rozvinutými kognitivními schopnostmi. Jedná se především o primáty, zvláště pak lidoopy a velké šelmy. Je proto nutné zajistit zvířatům drženým v zajetí dostatek zábavy a vyplnění volného času. Jinak hrozí nebezpečí, že se začnou nudit a dojde u nich k psychickým poruchám.

Zoologické zahrady jsou neodmyslitelnou součástí moderní společnosti. Hrají nenahraditelnou úlohu při výchově a vzdělávání obyvatelstva. Díky nim se do podvědomí lidí dostávají exotická zvířata a jejich životní prostředí.

## **II. 5. 2. Chov domácích „mazlíčků“**

Člověk si ve své historii „podrobil“ mnoho organizmů. Domestikoval některá zvířata, začal pěstovat a šlechtit rostliny a využívá je jako prostředek k vlastnímu přežití. Na druhé straně to ale přináší užitek i samotným chovancům. Člověk jim zaručuje bezkonkurenční prostředí a trvalou možnost reprodukce. Z tohoto pohledu bychom to mohli označit (i když s výhradami) jako oboustranně výhodnou interakci (jakýsi druh symbiózy).

Ale mimo to člověk chová i zvířata (nebo pěstuje rostliny) jež mu nepřinášejí bezprostředně žádný zisk, spíše mu způsobují problémy a starosti nebo ho stojí spousty prostředků a času... Můžeme odlišit dvě hlavní skupiny takto chovaných zvířat, v jedné jsou „mazlíčci a chlupáči“, v té druhé všelijaká „havěť a potvory“.

Do kategorie mazlíčků a chlupáčků patří zvířata typu morčete, křečka, různé druhy malých pěvců a papoušků nebo třeba kočka či pes (i když se psi někdy chovají z čistě zjištěných důvodů jako je ostraha objektů, policejní a záchranné služby atd.).

Zatímco první skupinu tvoří převážně savci a ptáci, je ta druhá průřezem mnoha různých skupin živočichů. Tedy pokud proto mají alespoň nějaké předpoklady, tzn. musí být dostatečně velcí, atraktivní, pokud možno barevní a alespoň trochu chovatelní. V současné době se u nás (jakožto chovatelské velmoci) chovají plži, koryši, sklípkaní, ale i křížáci, bičovci, štíři, mnohonožky, švábi, kudlanky, strašilky a pakobylky, dravé ploštice, brouci ... a tak bychom mohli ještě dlouho pokračovat.

Nutně se nabízí otázka: Co nám to přináší? Proč člověk touží vlastnit a trochu i věznit nějakého živého tvora i za cenu velké finanční a časové investice?

Důvod držení „mazlíčků a chlupáčků“ je v celku jasný. Při kontaktu s nimi prožíváme příjemné pocity (tedy pokud zrovna netrpíme alergií), evokují pocit pohody a klidu nebo jsou jen oživení v našem životním prostoru. Navíc kontakt s takovýmto tvorem působí výchovně, děti si mohou dost dobře vyzkoušet co to znamená být zodpovědný za jiného tvora. Pro některé lidi jsou tito tvorové často to jediné, co v životě ještě mají.

Co ale s akvaristy, teraristy a jim podobnými? Jistě velká část z nich se snaží chovem majestátného tvora předvést, že oni na to mají a mohou si dovolit chovat pumu, tygra nebo mít doma jedovatou kobru či nebezpečného pavouka. Ostatním teraristům nebo akvaristům kontakt se zvířaty přináší spíše výzvu ke zjištění co nejvíce informací o daném druhu na vlastní kůži, fascinaci z jejich poznávání, snahu o jeho rozmnožení v zajetí atd. To dokumentuje i citát z úvodu prvního díla zabývajícího se domácím chovem zvířat - „Přírodopis živočichů chovaných v domácnostech - savců, obojživelníků, ryb, hmyzu a červů“ od Johanna Matthaese Bechsteina z roku 1797: „...tato kniha podnítl čtenáře k tomu, aby požíval krásné zážitky při chovu obojživelníků, ryb nebo hmyzu či červů a přitom stále lépe poznával přírodu.“ Často se stává, že amatérští chovatelé mají o mnohých druzích zvířat takové vědomosti, o kterých se může profesionálnímu zoologovi jen zdát. Vyplývá to z odlišného přístupu k poznání života zvířat. Zatímco zoolog se musí držet klasických a exaktních vědeckých postupů, může terarista či akvarista pouhým pozorováním a samotným chovem zjistit mnoho zajímavých skutečností.

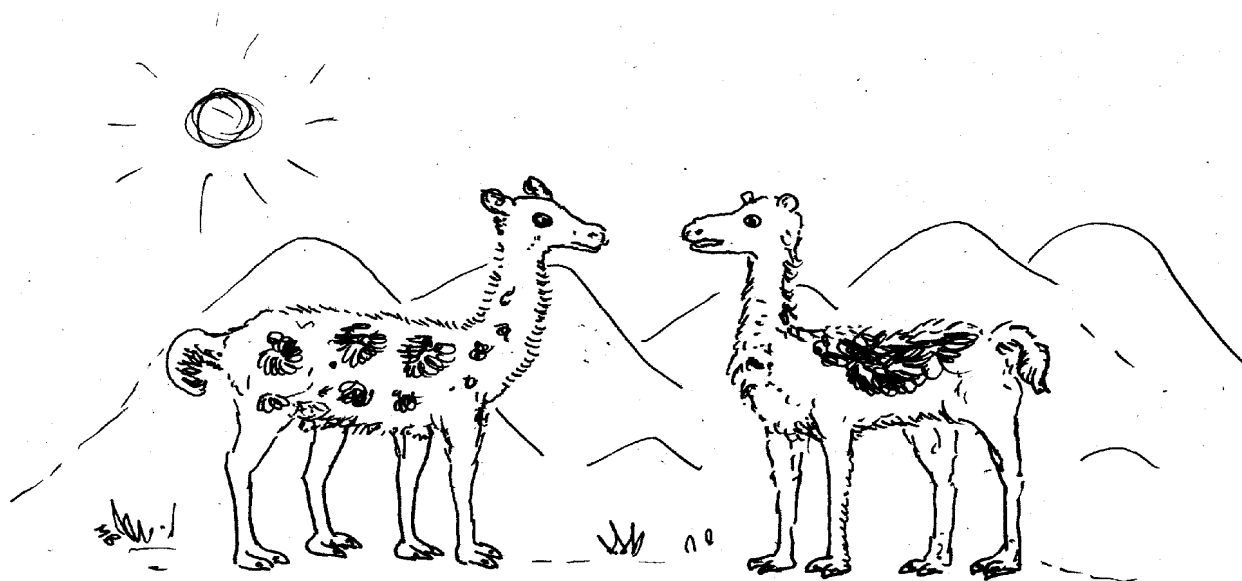
Bohužel jakkoliv vznešené pohnutky vedou teraristy k chovu zvířat, celá věc má i svou negativní stránku. Ponechejme stranou eticko-morální aspekt, zdali vůbec máme právo nějaké zvíře chovat v umělých podmínkách. Daleko větší problém je s devalvací zvířat na pouhou obchodní položku, na věc s tržní hodnotou. Zvířata do chovů je nutné někde obstarat. U velké části druhů je jejich rozmnožování v zajetí natolik zvládnuté, že je již není potřeba masově odchytávat v přírodě. Problém ale nastává s těmi vzácnějšími, obvykle náročnějšími chovanci. Poptávka po nich je dost velká, nabízejí se za ně obrovské peníze a do hry vstupují různí ziskuchtiví obchodníci a celé organizace pašeráků. To vede k jejich přímému ohrožení, nebezpečí vyhubení celé přírodní populace, často za použití velice brutálních metod.

Vynalézavost pašeráků nezná meze, jednou se zvířata pašují ve dvojitém dnu kufříku nebo v kanistrech hází do moře, kde si je odběratel vyzvedne. Černý obchod s živočichy a rostlinami se svým objemem staví hned za obchod s drogami a zbraněmi. Je to problém, ke kterému se světová společnost musela vyjádřit. Stalo se tak v roce 1973 schválením mezinárodní smlouvy, tzv. washingtonské konvence,



známé pod zkratkou CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), která upravuje základní podmínky obchodu s ohroženými druhy rostlin a živočichů a to jak živými tak s mrtvými (včetně jejich částí a výrobků z nich). U nás tento právní předpis začal platit od 28. května 1992. Washingtonská konvence obsahuje tři přílohy: V první, CITES I, jsou zařazeny druhy přímo ohrožené vyhubením, ve druhé, CITES II, se nacházejí druhy potenciálně ohrožené, pokud by obchod s nimi nebyl přísně regulován nebo druhy zaměnitelné s těmi, které jsou chráněny úmluvou CITES I. Třetí příloha obsahuje druhy chráněné pouze lokálně na území určitého státu, pokud o to zažádá.

V současnosti žijeme v době, kdy se od přírody vzdalujeme, uzavíráme se do vlastního lidského světa, který nemá s tím, ze kterého jsme vzešli, téměř nic společného. Chov zvířat je něco, co nás alespoň trochu poutá k naší minulosti. Dokud budou mít lidé zájem poznávat svět okolo sebe, bude existovat naděje, že si široká veřejnost uvědomí, že není možno se naprosto odpoutat od světa, ze kterého jsme evolučně vzešli. Lidé jsou a budou součástí přírodního systému. Je jen na nás jak se budeme s touto skutečností vyrovnávat ...



JASNĚ. LAMA INDIÁŇOVI KONĚM, KRAVOU I OVCEÍ.  
ALE CO JE MOC, TO JE MOC. VOLA NIKOMU DĚLAT NEBUDU.

### **III. ČLOVĚK A KRAJINA**

#### **III.1. Velké historické změny středoevropské krajiny**

Podstatnou součástí kapitoly o krajině je historický přehled jejího vývoje. Pochopení historie je totiž v tomto případě velmi podstatné, bez něj nemůžeme současné krajině rozumět. Vedle toho se zaměříme na některé vlastnosti současné krajiny a hlavní problémy, s kterými se dnes potýkáme.

Pohled do historie ukazuje mimo jiné nesmyslnost obecné představy živené různými „ekology“, že totiž naši předkové krajinu milovali a starali se o ni, zatímco my ji bezohledně ničíme. Předkové se chovali podobně jako my a změny tehdejší krajiny byly rovněž velmi drastické. Příkladem budiž od neolitu (začátek asi 5000 př. n. l.) probíhající totální změna druhového složení lesů a vůbec zmenšení plochy lesů jako takové. Do extrémů je tento proces doveden ve Středomoří: Z původně dosti lesnatého území vznikla krajina prakticky bezlesá. Jediný rozdíl mezi současností a minulostí je v rychlosti a intenzitě změn, což je dáno technickými možnostmi (motykou se bažina odvodňuje obtížně, zatímco bagr to zvládne snadno). Většinu těch „starých“ změn pouze neregistrujeme, protože se odehrály již tak dávno, že výsledek pokládáme za přirozený stav.

A ještě důležitá poznámka - předchozí odstavec neznamená, že bychom měli rezignovat na ochranu krajiny. Naopak. Ale je dobré dělat to s vědomím proč to chceme a pochopením, co nás čeká za problémy. Chceme-li totiž určitou krajinu udržet, musíme rozumět způsobu jakým vznikla a jak žila a aktivně napodobovat tehdejší způsob hospodaření. Pasivní ochrana je často k ničemu (louku se vzácnými kytkami sice oplocení a zákaz vstupu zachrání před rozoráním na pole, ale zase časem zaroste lesem a luční druhy stejně vymřou. Smutné je, že tento příběh se v posledních několika desítkách let nejednou odehrál).

Krajina ve střední Evropě se v dlouhodobém pohledu neustále vyvíjí. Hlavním důvodem jsou makroklimatické cykly s velmi dlouhou periodou (řádu desítek až stovek tisíc let) vedoucí ke střídání dob ledových a meziledových (v jedné takové meziledové době právě žijeme, a protože si ty předešlé nepamatujeme, říkáme jí naivně doba poledová). Ústředním motivem krajiny, určujícím přežívání mnohých druhů, je pak poměr mezi lesní vegetací a bezlesím. Předpokládáme, že přirozený vývoj by byl od víceméně bezlesé krajiny doby ledové a začátku doby meziledové přes prakticky úplné zalesnění ve vrcholu doby meziledové a zase postupný ústup lesa na jejím konci. Tento vývoj však v holocénu (době „poledové“) výrazně ovlivnil člověk. A právě o jeho roli bude tato kapitola.

**Čtvrtohory** (kvartér, trvání asi 2 miliony let, někdy se udává i 5 milionů let) jsou typické střídáním chladnějších a teplejších klimatických výkyvů - dob ledových (**glaciálů**) a meziledových (**interglaciálů**). Základní příčina je asi astronomická, tzv. Milankovičův cyklus. Velmi zjednodušeně: kombinací několika parametrů zemské dráhy se mění ozáření polárních a rovníkových oblastí. Pokud dostávají vyšší podíl záření polární oblasti, ochlazuje se, protože ledovce většinu záření odrážejí, takže množství tepla přijatého zemským povrchem klesá.

Tradičně se udává čtyři až pět dob ledových, bylo jich ale asi mnohem víc (podle vrtů v antarktickém ledovci vychází 22, někdy se udává ještě víc). Tradiční názvy glaciálů - tzv. alpský systém, jsou odvozeny od jmen řek, u kterých se našly ledovcové morény z příslušného období: **donau, günz, mindel, riss, würm** (pořadí od nejstarší po nejmladší). Interglaciály se označují pomocí sousedících glaciálů, např. „interglaciál riss/würm“. Vedle toho se používá i tzv. severský systém (podle řek v Německu, kam dosahoval kontinentální ledovec): zalednění **halštrovské** (Elster) odpovídající snad mindelu, **sálské** (Saale) a **vartské** (Warthe) odpovídající rissu a **viselské** (Weichsel) odpovídající würmu. Interglaciál mezi halštrovkým a sálským zaledněním se označuje **Holstein**, mezi viselským a vartským **Eem**.

Celé období čtvrtohor až do konce poslední doby ledové (würmu) se označuje jako **pleistocén**. Následující doba meziledová, ve které žijeme, se nazývá **holocén**. Jeho členění je následující (vývoj vegetace se týká ± našeho území, vývoj lidského osídlení a lidmi ovlivněné krajiny bude probrán podrobněji později):

> **8300 př. n. l.** Konec pleistocénu, střídání chladných a teplejších výkyvů, poslední chladný výkyv se označuje jako **Dryas III**. V chladných dobách bylo chladné kontinentální klima, ve vegetaci u nás dominovala křovinatá step zvláštního složení (kombinace dnešních arktických prvků spolu s druhy asijských pouští). Dnes nic takového není, současná severská vegetace vypadá zcela jinak (obecně jsou dnešní tundry mnohem vlhčí, zvlášť to platí pro Skandinávii). Na vlhčích chráněnějších místech (např. nivy řek) byly vrbové křoviny a březo-borové lesíky.

**8300 - 7800 př. n. l. Preboreál.** Definitivní oteplení, začala expanze dřevin a vznik prvních půd. Přechodné období mezi glaciálem a následujícím obdobím.

**7800 - 6000 př. n. l. Boreál.** Další postupné oteplování (na konci již o 2 °C tepleji než dnes), ale poměrně sucho (kontinentální klima). Rychlá expanze dřevin - zejména borovice a bříza, ve vyšších polohách kleč (od cca 800 m n. m.). Z refugií v jižnějších částech Evropy postupně imigrovaly další dřeviny: líska (v jednom období dominantní vegetace nahrazující březo-borové porosty), jilm, dub, jasan, smrk. Stále ale zůstávaly významné plochy stepí se světlomilnými druhy.

**6000 - 4000 př. n. l. Atlantik.** Klimatické optimum holocénu, teplo (až o 3 °C více než dnes) a vlhko. Dominantní vegetací byly doubravy (xerothermní v nižších polohách, druhově bohaté mezofilní ve středních). V horách smíšené listnaté lesy (klen, lípa, jasan, jilm), nad nimi smrkové pásmo a v nejvyšších polohách kleč a malé plošky alpského bezlesí. Období maximálního rozvoje lesa, který nahradil původní stepní porosty. Od poloviny atlantiku začíná být výrazný vliv člověka na krajinu (počátky zemědělství u nás). Až ke konci tohoto období se objevují další dřeviny - buk a jedle.

**4000 - 1250 př. n. l. Epiatlantik.** Sušší kontinentální výkyv, postupně vznikla dnešní podoba lesů (vznik bučin, migrace poslední z dnešních dominant, habru). Stále silnější byl vliv člověka.

**1250 - 750 př. n. l. Subboreál.** Chladnější a vlhčí období.

**750 př. n. l. - dnešek. Subatlantik.** Obecně vlhčí období, jsou ale zaznamenány poměrně velké výkyvy - římské klimatické optimum okolo přelomu letopočtu a v prvních stoletích n. l., pak chladná fáze (v roce 829 n. l. dokonce zamrzl Nil), středověké optimum s vrcholem ve 12. století, „malá doba ledová“ v 17. - 19. století.

### III.1.1. Mezolit

Člověk využívá krajinu „odjakživa“, ale zpočátku se svým vlivem příliš nelišil od ostatních zvířat, neboť v měřítku krajiny prostředí neměnil. V pozdějším vývoji se toto změnilo a silná proměna prostředí je pro dnešní dobu zcela charakteristická.

Ve střední Evropě registrujeme první náznaky cílených proměn krajiny v období mezolitu, střední doby kamenné, zejména v jeho pozdějších fázích (mezolit u nás asi 8000 - 5000 př. n. l.). V této době, nedlouho po oteplení znamenajícím konec doby ledové, začíná postupné zarůstání prozatím bezlesé krajiny lesem, což způsobilo silné změny v životním stylu člověka (změna lovecké orientace z velké stádní zvěře otevřené krajiny na lov drobnější zvěře, vodních ptáků a ryb, vznik trvalejších až zcela trvalých sídlišť umožňujících mimo jiné tvorbu zásob na nepříznivá období). Přesto všechno byl zdrojů potravy spíše nedostatek. Některé archeologické nálezy naznačují, že docházelo k pravděpodobně úmyslnému vypalování lesa. Možným, nikoliv ale jistým, vysvětlením je snaha o zlepšení podmínek pro větší býložravce, kteří byli významným zdrojem potravy (zejména jelen). Jiným vysvětlením je vytvoření prostoru pro porosty lísky (která je silně světlomilná a v zapojeném lese neroste), jejíž oříšky byly rovněž významnou potravou. Existují i nálezy speciálních nástrojů - parohových kopáčů, které asi sloužily ke sběru potravy (podzemní hlízy apod.) a snad i k případné péči o stanoviště některých důležitých rostlin.

### III.1.2. Neolitická revoluce

Jak již víte z kapitoly I.1.2., vzniklo zemědělství v době okolo roku 10000 př. n. l. na Středním východě (všimněte si, že tou dobou je ve střední Evropě pozdní paleolit až začátek mezolitu, jsme tu o nějaké 4000 let pozadu). Odtud se postupně šířilo přes Středomoří až do střední Evropy. První zemědělci se na našem území objevili někdy okolo roku 5500 př. n. l., možná i o něco dříve. (Mimochodem, alespoň ve střední Evropě nešlo asi o příchod ve smyslu kolonizace novou skupinou lidí, ale spíš o „okoukání“ od sousedů, kteří již byli zemědělci a dařilo se jim lépe). Následující období označujeme jako mladší dobu kamennou, **neolit**.

Klima bylo vlhčí a teplejší než dnes. Dominantní vegetací ve středních polohách byly druhově bohaté doubravy s hojným zastoupením lípy, jasanu, jilmu a javorů. Tato bohatost (i v bylinném patře) byla do určité míry způsobena i zvýšeným obsahem živin, které pocházely z opadu nakumulovaného v předchozích chladnějších a sušších obdobích. Ten se v teplém a vlhkém klimatu začal rychleji rozkládat. V horských oblastech byly smíšené lesy bez dubu a smrčiny (chyběl bukový stupeň, buk do střední Evropy domigroval z refugií na jihu až o něco později). V nižších polohách se uplatňovaly lužní lesy na vlhkých místech a teplomilné typy doubrav na místech suchých. Les zde dosáhl svého optima a postupně zarůstaly i plochy bezlesí, které zde přetrvávaly od doby ledové.

Příchod zemědělců znamenal opravdovou revoluci v krajině, neboť zemědělství je vázáno na bezlesé plochy. Výsledkem bylo otevření krajiny a značné zvětšení plochy bezlesí na úkor lesa, což mělo zásadní význam pro přežívání světlomilných druhů rostlin (viz box).

## Stepní otázka

Mezi českými botaniky se dlouho vede spor o to, zda v naší krajině existovaly po celý holocén plochy bezlesí, na kterých přežívaly „stepi“ se světlomilnými druhy (o maloplošných extrémních typech bezlesí jako jsou nejvyšší polohy hor, rašeliniště, vysoké skály a tzv. skalní stepi na mělkých půdách se nepochybuje). Existují dva extrémní názory: (1) stepi na některých plochách přetrvaly a (2) žádné takové plochy neexistují, všude byl někdy v historii les a bezlesí je druhotné a druhy na něj vázané nejprve vymřely a pak znovu domigrovaly.

Představa střední Evropy zarostlé souvislým „panenským“ hvozdem asi není správná. Vznik veškerého bezlesí díky člověku si snad představit lze. S importem všech stepních druhů, které u nás mezitím vyhynuly, z východní Evropy je to již ale horší. Navíc máme důkazy, že alespoň některé druhy vázané na bezlesí u nás žily celou dobu. (Zvláště důležitou roli zde hrají měkkýši, kteří jsou výbornými indikátory. Jsou totiž málo pohybliví, takže docela dobře vypovídají o podmínkách v blízkém okolí naleziště, a navíc bývají ve vztahu k lesu, resp. k bezlesí často velmi vyhranění). Stejně tak je jisté, že nikde u nás neexistují pravé stepi udržované makroklimaticky, jaké známe např. z nejvýchodnější Evropy (od Ukrajiny dále na východ) a pokračující do Asie. Pokud se tedy vůbec dá uvažovat o stepních porostech na hlubších půdách, pak jen na místech, kde je sucho limitující růst stromů udržované mezo- a mikroklimatickými podmínkami (třeba jižní a jihozápadní svahy kopců v suchých oblastech jako je jižní část Českého středohoří).

Diskuse neustávají dodnes, jen se poněkud posunula formulace druhé z hypotéz. Místo panenského hvozdu se uvažuje o něčem jiném - řídkých lesích (bory a doubravy), kde mohly světlomilné druhy přežívat. Navíc v takových lesích mohly být malé plošky bezlesí vytvářející s lesem pohyblivou mozaiku. Bezlesí nebylo trvalé, plošky se stěhovaly z místa na místo a spolu s nimi se stěhovaly i druhy na ně vázané. Tedy - na konkrétním místě (v měřítku metrů) žádné trvalé bezlesí nebylo, v krajině jako celku ovšem ano.

Obě hypotézy mají své zastánce. Navíc si lze velmi dobře představit, že oba modely fungovaly vedle sebe. Tedy v některých krajinách malé plošky stepí a řídké lesy okolo (to nakonec známe i dnes), v některých jiných jen ty řídké lesy a v dalších zase pouze stinný les.

Role člověka byla v každém případě velice zásadní. Nedokážeme přesně odhadnout další vývoj, ale je možné, že časem by plocha bezlesí dále klesala až by poklesla pod určitou kritickou mez a došlo by k rychlému úbytku druhů vázaných na bezlesí. V takovém případě zemědělství přišlo doslova v poslední chvíli, „za minutu dvanáct“. Otevření krajiny každopádně umožnilo nové rozšíření světlomilných druhů a společenstev a jejich přesun do druhotného bezlesí, které plochou silně převýšilo bezlesí přirozené.

Zpočátku se změny spojené se zemědělstvím týkaly asi jen klimaticky nejprůhodnějších území (tzv. stará sídelní zóna - dolní Poohří a Polabí a jižní Morava), později se objevují i jinde. První zemědělci se orientovali na pěstování obilí (zejména pšenice) a luštěnin a chov hovězího dobytka, a to zejména pro maso. Plochu pro pěstování obilí (pro uživení komunity 10 - 15 lidí bylo třeba několika hektarů

polí) a chov dobytka získávali vymýcením lesa. Významnou roli měla pastva v lesích, protože neexistovaly pravé pastviny. Zde můžeme vidět počátek pozdější přeměny lesů - pastva totiž jednak způsobuje jisté rozvolnění porostů (zejména vlivem velmi omezeného zmlazování v důsledku okusu) a také značný odnos živin z lesa.

### III.1.3. Od neolitu po středověk

Neolit v našich podmínkách trval asi 1000 let. Někdy kolem roku 4000 př. n. l. nastoupila další etapa označovaná jako **eneolit**, pozdní doba kamenná. Zcela zásadní inovací zemědělství v této době je vynález orby. Oralo se pomocí orebního háku taženého hovězím dobyt看em (ve stylu páru volů Přemysla Oráče). Hák sice neobracel půdu, jenom ji rozrýval a vyhrnoval z brázdy, ale umožnil narušení kompaktního kořenového systému trav. To vedlo ke vzniku trávopolního (dvoupolního) systému hospodaření, který se bez výrazných změn udržel až do středověku. Trávopolní soustava fungovala takto: Na poli se pěstovalo obilí nebo jiná plodina, dokud se půda nevyčerpala, což se projevilo poklesem výnosu. Pak se pole opustilo a nechalo ležet ladem. Sloužilo jako pastvina pro dobytek, která byla mnohem úživnější než pastva v lese. Mezitím se hospodařilo na ploše vedle. Až se tato vyčerpala, nechala se ležet ladem a pole se vrátilo na první plochu, kde se již zase zvýšila hladina živin (travní porost kumuluje alespoň nějaký opad, navíc po orbě zůstane v půdě velké množství podzemní biomasy, něco přidají i exkrementy zvířat). A tak pořád dokola. Vyšší efektivita pastvy umožnila změnu vztahu ke zvířatům - již se nechovala jen pro maso, ale i pro mléko, vlnu nebo vyloženě jako zdroj mechanické síly (orba, tahání vozů apod.).

Vynález orby a vznik trávopolní soustavy znamenal další odlesňování. Plocha polí zůstala víceméně stejná jako v neolitu, ale přibyla k ní ještě přibližně stejná plocha pastvin. Navíc umožnil obsazovat i půdy horší kvality, takže byly osidlovány nové oblasti. Orba přinesla určitě i zvýšenou míru eroze. Zhruba z této doby je např. dokumentována silná sedimentace v nivě Labe, ovšem souvislost s orbou není jistá (existují např. minimálně stejně věrohodná vysvětlení změnou klimatu).

Ještě větší odlesnění krajiny se předpokládá v **době bronzové** (asi 2000 - 750 př. n. l.). Některá území byla již prakticky zcela bezlesá (tzv. kulturní step, např. Podkrušnohoří) a zemědělství proniklo až daleko do chladných oblastí (např. jižní Čechy). Právě v této době dosáhlo odlesnění svého pravěkého vrcholu (asi  $\frac{2}{3}$  našeho území). I nadále se setkáváme se zvýšenou erozí, jejíž souvislost s intenzivním odlesněním a orbou (spolu se sušším klimatem s občasnými přívalovými dešti) je téměř jistá.

Intenzivní pastva a těžba dřeva způsobily značnou přeměnu lesů. Výrazný je zejména úbytek dubu na úkor habru, který jednak není tak vhodný jako stavební dřevo a jednak mnohem lépe zmlazuje z pařezů. Dnešní habřiny jsou tak dobrým příkladem společenstva, které vypadá dost přirozeně, ale vzniklo kdysi díky činnosti člověka. Vlivem lesní pastvy byla půda ochuzena o živiny a místo živinami i druhy bohatých doubrav se objevily chudé typy lesů s vřesem, borůvkou a jinými kyselomilnými druhy. Podobně se asi objevily i chudé pastevní bezlesé typy vegetace (vřesoviště apod.).

V následujícím období, **době železné**, se setkáváme s další novinkou. Poprvé se v archeologických nálezech objevuje kosa. To naznačuje, že v tomto období můžeme předpokládat začátek kosení luk, které do té doby neexistovalo. Lze odhadovat, že se při obhospodařování kombinovalo kosení a pastva (v optimu vegetace se tráva pokosilo, později se přepásalo).

Na konci doby železné, okolo přelomu letopočtu, se objevuje velmi výrazné ovlivnění hospodářstvím **římské říše**, jejíž vliv byl samozřejmě nejsilnější na území jižně od hranice „limes romanum“, které bylo pod přímou správou římské říše. Objevil se systém velkých i menších vojenských táborů (často základ dnešních významných měst) a organizované zemědělské velkostatky, což vedlo k dalšímu odlesňování. Mimo to se objevily některé nové plodiny, které zde pochopitelně zůstaly i po úpadku římské říše. Na sousedním území (tzv. barbarika vně limes romanum, kam patří i naše území) zůstalo zemědělství i krajina zhruba ve stejném stavu jako v době železné.

Obrovský zlom ve vývoji krajiny znamenal zhroutení římské říše a následné období **stěhování národů** (hlavně 5. a část 6. století našeho letopočtu). Výrazně poklesla hustota osídlení a některé méně příznivé oblasti byly zcela opuštěny. V krajině to znamenalo návrat lesa na opuštěné bezlesí. Tyto změny do značné míry setřely strukturu tehdejší krajiny (zejména rozložení lesů a bezlesí; člověkem ovlivněná společenstva jako zmíněné habřiny pochopitelně zůstala). Díky tomu je „stará“ zemědělská krajina, jak si ji představujeme dnes, až produktem následujícího období, středověku. Tedy je v podstatě dost mladá.

### **III.1.4. Středověk**

Období stěhování národů u nás skončilo příchodem Slovanů. Po něm nastala určitá stabilizace projevující se opět ve zvyšující se intenzitě osídlení a nové vlně odlesňování zhruba zpět na úroveň doby železné.

Zásadní změny se objevily s lepšíím se klimatem někdy od 10. století, nejprve v římskou říší ovlivněné západní Evropě, později i u nás. Především jde o vznik měst a s tím spojený tlak na vyšší výkon zemědělství. To totiž muselo uživit i městské obyvatelstvo, které se ale na zemědělské výrobě přímo nepodílelo. Výsledkem byl nový systém obdělávání polí - tzv. trojpolí, střídání ozimu, jařin a jednoročního úhorování. Oproti dvoupolí se zmenšil podíl nevyužité půdy z poloviny na třetinu, zároveň se jako další inovace objevil pluh, který umožnil dokonalejší orbu, ačkoliv stále ještě neuměl obracet půdu (to je záležitost až novověká; mimochodem, když se podíváme na nějakou krajinu, kde je středověká struktura se soukromými políčky ještě zachována, je nápadné, že jednotlivá pole jsou dlouhá a úzká. To je dáno tím, že se těžký pluh velmi nesnadno obracel, takže bylo lepší úzké pole s malým počtem dlouhých brázd než čtvercové pole stejné plochy).

Nárůst v efektivitě zemědělství byl tak velký, že dostatečnou produkci stačilo zabezpečit výrazně menší množství lidí než předtím. Toto uvolnění pracovních sil umožnilo vrcholně středověkou kolonizaci (12. - 13. století), při které kolonisté především z Německa obsazovali dosud neosídlená území ve střední Evropě (pohraniční části Čech, Slovensko aj.). Kolonizace byla velmi organizovaným procesem, který probíhal na příkaz panovníka a příslušné šlechty a navíc i vlastní

zakládání nových obcí a zemědělské půdy bylo přísně organizováno. Výsledkem bylo silné odlesnění, ještě rozsáhlejší než v době bronzové a v mnoha územích dokonce větší než dnešní. Mnohé z vrcholně středověkých osad časem zase zanikly (zhoršení klimatu v 16. - 19. století, morové epidemie, třicetiletá válka, ale i vyčerpání méně úrodných půd, budování rybníků aj.).

Středověká proměna krajiny měla několik dalších důsledků, např. zvýšenou intenzitu eroze a s ní spojenou přestavbu říčních niv, které byly až do raného středověku spíše štěrkovité s velmi členitým povrchem. K velkým povodním (ve stylu té poslední z roku 1997 na Moravě) prakticky nedocházelo. Ty se začaly objevovat až koncem 1. tisíciletí našeho letopočtu a jsou spojeny s mocnou sedimentací povodňových hlín (důsledek zvýšené eroze díky odlesnění a efektivnější orbě). Povrch nivy se postupně zarovnával do dnešního stavu, kdy je původní povrch překryt až několik metrů mocnou vrstvou povodňových hlín. Na nich pak vznikly porosty tvrdého luhu a také nivní louky, jaké známe dnes.

Ještě jedna změna ve středověké krajině je důležitá - první intenzifikace luk. Koncem středověku dosáhla živočišná výroba takového stupně, že bylo možné začít s hnojením luk. Do té doby bylo hnoje tak málo, že byl využíván výhradně na pole. Začátek hnojení luk na konci středověku byl zřejmě spojen s rychlou invazí ovsíku vyvýšeného (*Arrhenatherum elatius*; viz kap. I.2.5.), který se na živinami chudých nehnojených loukách nevyskytuje. Invaze navíc zřejmě byla podporovaná určitou pozitivní zpětnou vazbou - rozmach chovu dobytka umožňuje hnojení luk a to invazi ovsíku, který jako výborná píce podporuje další rozmach chovu dobytka... Výsledkem byla zřejmě velmi drastická změna v druhovém složení i bohatosti luk (porovnejte si i docela hezkou, na dnešní poměry velmi zachovalou ovsíkovou louku s extenzivně obhospodařovanými loukami v Bílých Karpatech, které zřejmě reprezentují ten starý typ luk).

### **III.1.5. Vznik moderní krajiny**

Proces vzniku novověké krajiny začal již někdy v 17. století, kdy se objevily první rozsáhlejší městské aglomerace, které již okolní krajina nebyla schopna uživit a vznikla potřeba rozsáhlejšího obchodu mezi regiony. Rovněž se objevila specializace - někde se hlavně pěstuje obilí, někde chová dobytek, rozdíl vyrovnává obchod. Postupně došlo také ke zcelování poměrně malých paství do větších celků (kdy velké území držel jeden šlechtický rod; u nás dosti se změnami po bitvě na Bílé hoře). Vznikly šlechtické velkostatky, které umožnily koordinaci hospodaření na velkých územích. Místo trojpolního systému se začaly používat složitější osevní cykly zahrnující již např. pícniny (jako je jetel a vojtěška), které mají díky fixaci dusíku velký význam pro regeneraci půdy. Společným rysem je snížení plochy úhorů až jejich úplná likvidace. Časem se objevily nové plodiny z Ameriky (dvě nejdůležitější - brambory a kukuřice).

Intenzivní rozvoj měst, hornictví a některých odvětví průmyslu (např. sklářství) způsobil značnou potřebu dřeva (není ještě používáno uhlí). Výsledkem byl vrchol odlesnění v 17. - 18. století, které zasáhlo i dosud neosídlené horské polohy. Zbytky lesů již nestačily těmto potřebám, takže někdy v té době vzniklo řízené lesnictví.



Některé oblasti byly uměle zalesňovány a plocha lesa se postupně zvětšila k dnešním hodnotám.

V dalších stoletích se tyto procesy prohlubovaly a zrychlovaly. Skutečně průmyslová krajina dnešního typu se začala formovat někdy od poloviny 19. století a definitivně byla hotová někdy v 2. polovině století dvacátého. Oproti dřívějšímu se objevily takové věci jako umělá hnojiva, silná mechanizace a s tím spojený úbytek lidí pracujících v zemědělství, ve 2. polovině 20. století intenzivní kolektivizace (vznik „širých rodných lánů“) atd. S rozvojem mechanizace je možný i „intenzivnější boj s přírodou“, díky kterému se zejména polní kultury objevily i na místech, kde nikdy předtím být nemohly - v nivách řek (hráze zabraňují povodním a díky tomu lze mít v nivě i pole, kterým povodně vadí, místo dřívějších luk, kterým povodně moc nevadí) nebo místo vlhkých luk v podhůří (byly moc mokré a tak sloužily nanejvýš jako pastviny, ale po odvodnění tam to pole být již může). Výsledek dobře znáte.

### III.2. Rysy moderní krajiny

- **Malá mozaikovitost.** Středověká (a starší) krajina je tvořena poměrně jemnou mozaikou jednotlivých typů prostředí: spíše větší počet malých sídel, pole a pastviny v okolí sídla, louky (často v nivách, které se kvůli záplavám nedaly využít pro pole), les na nejméně využitelných místech (kamenité vrchy apod., taky na hranicích katastrů daleko od vesnic, kam již nedosahovala pole). K tomu další typy jako keře na mezích mezi jednotlivými polnostmi.

V průběhu vzniku moderní krajiny pozorujeme likvidaci této mozaiky, výsledkem je dnešní místy silně monotónní krajina (buď velké pole nebo hluboký les). Je to samozřejmě ekonomicky výhodnější (snadněji se zakládá, udržuje i sklízí). Úbytek mozaikovitosti pozorujeme i uvnitř těchto celků - lesní monokultury oproti druhově bohatšímu lesu, velké plochy jedné plodiny proti původnímu stavu, kdy měl každý hospodář v rámci svého pozemku všechno - v trojpolí tedy tři různé typy.

- **Disturbance.** Kulturní krajina obecně (jakékoliv, i neolitická!) je závislá na disturbancích, které udržují sukcesi v jejích počátečních stádiích a brání vzniku lesa (u polí orba, u luk kosení, u vegetace silniční škarpy občasné prohrábnutí bagrem). V dnešní krajině jsou ale ty disturbance mnohem intenzivnější. „Stará“ krajina byla udržována v podstatě pořád v jednom stádiu (louka, pole), zatímco dnes je škála společenstev mnohem širší - od těch, která zarůstají čerstvě vytvořené „holé“ půdy (rozježděné plochy a skrývky zeminy po stavbách, opuštěné kamenolomy apod.) až po společenstva zarůstající opuštěná pole a louky (a nebo i ty stavby). Zároveň je poměrně snadnější přeměna takového pozdního stádia (křoví na bývalé skládce) na úplně holou plochu bez vegetace (už zmíněný rozdíl mezi motykou a bagrem).
- **Eutrofizace.** „Průměrná“ krajina je živinami velmi bohatá - umělými hnojivy hnojené pole (dnes se od této praxe poněkud ustupuje, často ovšem nikoliv kvůli „ekologii“, ale kvůli ceně hnojiv), hnojené louky, příměstský lesík s nitrofilní vegetací apod. Hnojiva z polí se dostávají do povrchových vod, mnohé rybníky jsou navíc rovněž přihnojovány. Mimo to registrujeme zvýšené množství dusíku ve srážkách, které ho roznášejí po celé krajině, i na místa nezasažená lidskou činností

přímo. Příkladem jsou horské oblasti, kde totéž nakonec platí i pro oxidy síry. Vůbec je to další z fenoménů poslední doby, předtím toto dálkové ovlivnění moc neexistovalo. Zvýšené množství živin se projevuje zejména v přirozeně chudých společenstvech, kde byla sukcese (postupný vývoj společenstev) blokována právě nedostatek živin (např. již zmíněné zarůstání kyselých vřesovišť ovsíkem apod.). Možná to již začíná platit i v běžné krajině (viz expanze jasanu, kap. I.2.5.).

- **Malá přítomnost lidí v krajině.** Výrazně se změnil charakter osídlení. Většina lidí je koncentrována ve městech a venkov se vyliďňuje. Ještě výraznější je to při pohledu na to, kde lidé pracují. Objevíme další skupinu, která sice bydlí na venkově, ale za prací dojíždí do měst, zatímco opačný proud v podstatě neexistuje. Výsledkem je určité opouštění krajiny. „Venkovan“ pracující ve městě většinou nemá hospodářská zvířata nebo jich má málo, takže nepotřebuje louky, jež patřily k domu, který obývá a ty pak zarůstají. Stejně tak krávy v zemědělském družstvu žerou především průmyslové umělé krmivo, a proto se není třeba starat o pastviny a louky kolem vesnice.
- **Ubývají extenzivní kultury** (tedy kultury trvale, ale jen mírně ovlivňované člověkem). Všechno je obhospodařováno buď intenzívně (silně hnojená produkční louka, pastvina s velkým stádem dobytka, hnojené pole nebo smrková monokultura) a nebo vůbec (zarůstající nepotřebná půda, ale taky halda po těžbě čehokoliv či opuštěný kamenolom). Extenzívně obhospodařované louky (kosené, ale nehnojené) a pastviny (chudá stráň, přes kterou se občas přežene malé stádo ovcí) jsou velmi vzácné až skoro chybí. Totéž platí třeba pro rybníky - správný produkční rybník je přihnojovaný (aby bylo hodně řas a zprostředkovaně přes další stupně potravního řetězce hodně kaprů) a neletní se (letnění je dnes pro rybáře ztráta času a tedy i produkce; kdysi bylo výhodné, protože se na vzduchu při rozkladu organických látek v bahně uvolňovaly živiny, ale to již není potřeba, protože živiny dodá hnojivo). Vše je do značné míry dáno předešlým bodem - ve velkém se extenzivní kultura nevyplatí a lidí, kteří by ji provozovali v malém, je málo.

### III.3. Změny v krajině a ohrožené druhy organizmů

Jak již jsme naznačili v úvodu, většina druhů organizmů je dnes ohrožená ne kvůli jejich cílené likvidaci, ale kvůli likvidaci vhodného prostředí. Toto platí obecně - nestačí chráněný organizmus chránit přímo, jeho jedince jako takové, důležitá je ochrana prostředí. Existují ovšem dva případy, které se povahou ohrožení i možnostmi ochrany zásadně liší.

**Přirozené biotopy** (rašeliniště, váté písky, stojaté vody jako slepá říční ramena, alpské bezlesí na vrcholcích hor aj.): Jejich ohrožení spočívá v tom, že se snižuje plocha daného biotopu v krajině a tím klesá početnost populací druhů na něj vázaných. Pokud ale máme dostatečně dobře zachovalou lokalitu (a/nebo dostatečně velké populace zájmových druhů), jsou možnosti ochrany poměrně slušné. Obecně stačí zabránit činnosti, která dané prostředí ničí (např. vyhnat turisty ničící vrcholové partie hor). Většinou jde o biotopy, které se udržují samy od sebe (třeba díky extrémnosti prostředí), takže stačí pasivní ochrana.

Přesněji řečeno, stačila by. Dnes již to v některých případech přestává být pravda, protože se objevují vlivy, kterým prostě zamezit neumíme. Ukázkovým příkladem jsou již několikrát zmiňované „dusíkaté deště“ a nakonec jakékoliv jiné průmyslové imise, včetně kyselých. Průmysl a dopravu prostě ze dne na den zakázat nejde (a dešť taky ne). Zvýšené množství živin pak samozřejmě v ekosystému limitovaném právě nedostatkem živin (např. rašeliniště či vřesoviště) způsobí katastrofu - v tomto případě umožní sukcesi k něčemu jinému. Jedinou možností je živiny odstranit, což lze odstraněním biomasy (kosením, vyřezáváním stromků apod.). Ještě horší je situace tam, kde vhodný management v podstatě neexistuje (do jisté míry např. eutrofizace vod).

**Polopřirozené až vyložené umělé biotopy** (extenzivně obhospodařované louky a pole, obnažená dna rybníků, „staré“ vesnice): Tady je situace ještě horší a také ty nejvíc ohrožené druhy často najdeme právě v těchto biotopech, nikoliv na rašeliništích. Příkladem jsou **hořečky** (*Gentianella*), které jsou vázány na mírně přepásané stráně (intenzivní pastva jim vadí, ale mírná je nutná – jsou konkurenčně slabé a klíčí v podstatě jen na těch malých ploškách, kde pasoucí se zvíře svými kopýtky narušilo kompaktní drn). Tedy žádné přirozené prostředí. Podobně to platí pro mnohé vstavačovité (*Orchidaceae*) luk a pastvin a vůbec všechny druhy zmíněných typů prostředí.

O problému již byla řeč, takže to jen zopakujeme. Existence druhu v daném prostředí a prostředí samého je závislá na určitém způsobu hospodaření. Takže jedinou možností je hospodařit takto nebo nějakým podobným způsobem, což bývá drahé, neboť to způsobuje ekonomické ztráty (extenzivní obhospodařování vyprodukuje ze stejné plochy menší výnos než intenzivní a samozřejmě je dražší než druhá možnost, opuštění půdy). Dokonce přesto, že je intenzivní hospodaření celkově někdy vlastně nevýhodné (například u luk je dnes nadprodukce: intenzivní louka sice vyprodukuje spoustu trávy, která se ale nakonec spálí nebo nechá shnít, protože o ni není zájem a investice do obhospodařování je tak ztracena). V některých případech (vegetace sídel, zejména „starých“ vesnic, do značné míry i polí) je situace velmi špatná, protože původní způsoby hospodaření již v podstatě nelze obnovit (vesnice by musela fungovat jako skanzen, podle dnešních kritérií by se v ní již nedalo bydlet).

Pro obě skupiny biotopů je jedno společné - značné ohrožení vyplývající ze zmenšující se plochy daného prostředí a jeho fragmentace. Zmenšující se plocha totiž znamená zmenšující se populace jednotlivých druhů. Přitom je známo, že pravděpodobnost vymření populace velmi rychle stoupá s její zmenšující se velikostí. Důvodů je víc. Může to být vnitřní dynamika populace. Početnost každé populace náhodně kolísá, přičemž u malé populace je větší pravděpodobnost, že čistě náhodně klesne až k nule. U pohlavně se rozmnožujících organismů (zejména u živočichů) mohou být důležité některé genetické efekty. Klasickým příkladem je příbuzenské křížení, ale jsou i další. Např. rostliny mají poměrně složité mechanismy zabraňující samoopylení a vůbec opylení mezi blízce příbuznými jedinci. Může se pak stát, že se malá populace díky těmto mechanismům nebude schopná pohlavně rozmnožovat. A nakonec i pouhá pravděpodobnost, že populaci zničí nějaká náhodná katastrofa, je u

malé populace větší. Stačí na ni totiž katastrofa menšího rozsahu a ty se samozřejmě stávají častěji než katastrofy velké.

### III.4. Antropogenní biotopy

Jak již bylo výše zmíněno, jedním z nejdůležitějších působení člověka na krajinu je vytváření nových antropogenních biotopů. Shrňme si alespoň ty nejdůležitější: Ze suchozemských biotopů jsou to **lesní monokultury** (a nejen monokultury), **pole, louky** (včetně pastvin), „následky lidské činnosti“ (**výsypky, skládky, rumiště, vojenské prostory...**), **biotopy lidských obydlí**. Z vodních biotopů jsou nejdůležitější **vodní nádrže a rybníky**.

Podrobné charakteristiky všech zmíněných suchozemských biotopů najdete v přípravném textu BiO 1999/2000: Biotopy České republiky. Dále se jimi tedy nebudeme zabývat a ve stručnosti se vám pokusíme přiblížit pouze ony dva vodní biotopy.

#### III.4.1. Údolní nádrže

Stavba údolních nádrží je motivována několika možnými důvody. Údolní nádrže jsou hlavním vodohospodářským opatřením pro úpravu odtokových poměrů, přičemž je především sledováno vyrovnaní rozkolísaného odtoku v průběhu roku, s cílem zabezpečit plynulou a dostatečnou dodávku vody pro zásobování obyvatelstva (pitná voda), pro průmysl, zemědělství a energetiku. Z jiných důvodů můžeme uvést ochranu před povodněmi (nádrže Nové Mlýny na Dyji pod Pálavou) a dále pak umožnění nebo usnadnění plavby (prakticky žádná vodní cesta se neobejde bez jedné nebo dokonce několika údolních nádrží). Mohlo by se zdát, že údolní nádrže slouží především k výrobě elektrické energie a že podíl takto získané energie je významný. Tak je tomu však pouze v některých zemích, např. ve Švýcarsku, v Itálii nebo v některých oblastech Sibiře, zatímco ve většině států, a patří mezi ně i Česká republika, se energetické nádrže podílejí na výrobě elektřiny jen několika málo procenty. Do roku 1950 byla tato výroba u nás obzvláště nízká a zvýšila se teprve mezi roky 1950 až 1963, s vybudováním nádrží vltavské kaskády.

Úkolem vodárenských nádrží je zajistit patřičné množství vody pro svoje úpravné vody (vodárny), což se zpravidla daří, a současně by měly zaručit i dobrou výchozí kvalitu surové vody, aby úprava na vodu pitnou nebyla moc drahá a jakost pitné vody byla dobrá, což už se nedaří stoprocentně. Úprava přehradní vody na vodu pitnou je poměrně jednoduchý proces, při němž se z vody odstraňují drobní živočichové a rostliny. Bakterie, které projdou filtry, se hubí dezinfekcí (většinou chlorací vody).

### **vodní květ**

Příčinou nepříjemné chuti vody nebo zápachu po rybině či bahnu jsou řasy a sinice. Je-li totiž v nádrži dostatek živin (např. v souvislosti s obohacením vod živinami, především sloučeninami dusíku a fosforu ze zemědělských hnojiv), pak se některý z druhů zpravidla sinic enormně přemnoží a na dobu několika letních týdnů až měsíců vytvoří tzv. vodní květ. V případě řas říkáme takovému přemnožení **vegetační zbarvení**. V období vodního květu se počet buněk řas či sinic v 1 ml vody zvyšuje z několika stovek na desetitisíce až statisíce. Voda se zbarví do šeda nebo do zelenomodra a v návětrných zátokách se mění v kaši v důsledku nahromadění sinic či řas. Sekundární metabolity vylučované sinicemi vodních květů mohou vyvolávat alergické reakce u lidí koupajících se v takové vodě. Tyto látky jsou také vlastní příčinou nepříjemného zápachu v upravené pitné vodě. Při silném rozvoji sinic nebo řas se filtry rychle ucpávají, výroba vody je pomalejší a dražší a část buněk prochází do vodovodní sítě, kde nemají co dělat.

Typickými zástupci sinic vodního květu jsou různé druhy rodu *Anabaena*, *Aphanizomenon flos-aquae*, různé druhy rodu *Microcystis* nebo *Woronichinia naegeliana*. Při vegetačním zbarvení se uplatňují zejména zelené řasy (řád Chlorococcales), případně též rozsivky.

### **Stárnutí nádrží**

Po zatopení nové nádrže dochází postupně k vývoji společenstev a ke změnám spojeným se zatopením terestrického (suchozemského) ekosystému oproti poměrům, které panovaly ve vodním toku před napuštěním.

- Dochází k rozkladu organické hmoty v zatopeném území a následně k namnožení bakterií, zvýšení koncentrace organických látek, deficitům kyslíku a zvýšení koncentrace fosforu.
- Rozvíjí se fytoplankton na živinách vyplavených z půdy a také díky tomu, že není odplavován proudem a že dosud není vyvinut zooplankton.
- Později dojde k vysokému nárůstu zooplanktonu, který má dostatek potravy a není vyžírán rybami. Následuje pokles koncentrace fytoplanktonu.
- Postupně se tvoří „nádržové“ společenstvo ryb a množství zooplanktonu se snižuje díky žíru ryb, ale také v důsledku vyčerpání potravních zdrojů (fytoplankton vyčerpá živiny vyplavené z půdy atd.).

Tyto procesy probíhají postupně a různě rychle jednak v závislosti na průtočnosti nádrže, jednak podle růstových rychlostí organismů. Nejpomaleji se rozvíjí rybí obsádka.

### **Zanášení nádrží**

Přirozené, člověkem neovlivněné vodní toky mají vyvážený přínos a odnos sedimentů. Vybudování přehrady způsobuje pokles rychlosti proudění v toku, čímž se zvýší sedimentace vodou unášených částic a nádrž se pomalu zanáší. Důsledkem toho je pomalé zmenšování jejího objemu a její původní funkce (ochrana před povodněmi, energetika, pitná voda, zavlažování, ...) je tak omezena. Obecně platí, že už poloviční zanesení nádrže s sebou přináší značné potíže při manipulaci s jejím zásobním

objemem. Dalším problémem spojeným s přítomností částic ve vodě je obušování všelijakých přístrojů a zařízení používaných vodohospodáři. A nemalé potíže způsobuje i ukládání sedimentů v deltách řek (ale i v přítocích do přehrad). To má za následek povodně a zasolení delt. Hromadění sedimentů v přehradách má také za následek degradaci říčního dna, protože vyplavované části dna z řeky pod přehradou nejsou nahrazovány žádným materiálem přineseným z horního toku - přehrada vše zadržuje. Je pochopitelné, že za takových okolností dochází ke zvýšení eroze břehů vodních toků.

### III.4.2. Rybníky

Na úvod kapitoly o rybnících citujme kouzelnou definici rybníků ze sborníku Živy vydaného v roce 1869 (autor František Špatný): „*Rybník slove veliká uměle udělaná nádržka, v které se dle libosti voda nadržovati a vypouštěti může. Rybník, do kterého ustavičně živá (pramenitá) voda teče, slove rybník o živé vodě, rybník pak, který se jenom dešťovkou (dešťovou vodou) napouští (nahání), nazývá se nebesák neb rybník o nebeské vodě. Dle velikosti dělí se rybníky na veliké, prostřední a malé, a dle místa, kde se nalézají, slovou vesní, polní, luční a lesní rybníky...*“

### Historie rybníkářství

První rybochovné a okrasné rybníky vznikaly mnoho tisíc let před naším letopočtem ve staré Číně, Babylónii, stavěli je staří Řekové a po nich Římané, kteří je nazývali piscina (od piscis = ryba).

První rybníky vznikaly zřejmě v suchých rovinatých krajích (aby si lidé zadrželi vodu do zásoby) nebo naopak na močálech, místo nichž lidé získali výnosné rybochovné objekty. Ve střední Evropě se rozšířily až po křížáckých válkách ve 12. století a hned od počátku zde hrály prim České země. První rybníky jsou od nás dokumentovány už kolem roku 1115, větší rozmach nastal ve 13. století, hlavně kolem klášterů.

Jako výhodný zdroj zisků se rybníky záhy staly privilegiem šlechty, měst, cechů a bohatých sedláků. Dnešní Máchovo jezero se svou plochou 365 hektarů je ve skutečnosti rybníkem, který nechal vybudovat za jeden jediný rok Karel IV. Následující období je názornou ukázkou, jak člověk může příznivě zasáhnout do tvorby krajiny a celého životního prostředí. Jde o vytváření rozsáhlých rybníčních soustav, které kromě rybochovných záměrů sledují prospěšné meliorační účely, tj. zatápní nevyužitelných bažin, na druhé straně pak možnost zavlažování tam, kde je vody nedostatek. Současně je kladně ovlivněno mezoklima krajiny a voda může být využita i pro další účely, např. plavení dřeva. Prvním organizátorem tohoto veledíla byl Vilém z Pernštejna, který na přelomu 15. a 16. století vybuřoval u Hluboké a Pardubic soustavu kanálů o délce 34,7 kilometru, kterou se plavilo dřevo z Krkonoš pro stříbrné doly v Kutné Hoře. Také na Moravě pokračovalo zakládání rybníků a koncem 15. století vzniká u Lednice soustava nádrží, které vévodí rybník Nesyt (322 ha). Největší krajinná proměna se však odehrála v jižních Čechách a zasloužil se o ni Josef Štěpán Netolický, zakladatel třeboňské rybníční soustavy, jejíž tepnou je 48 km dlouhá Zlatá stoka a jeho následovník Jakub Krčín z Jelčan, stavitel rybníka Rožmberka i Nové řeky, kterou část Lužnice převedl do Nežárky. Třeboňská rybníční

soustava, která rozhodující měrou přispěla k přeměně zamokřené nížiny na dnešní vysoce produktivní krajinu, čítá 2700 rybníků o celkové ploše větší než 1000 km<sup>2</sup>. Proto je CHKO Třeboňsko vyhlášena složkami UNESCO jako krajinářsky a studijně důležité území mezinárodního významu. Mnoho rybníků je dnes vyhlášeno za státní přírodní rezervaci, kde předmětem ochrany jsou ptáci nacházející zde ideální životní prostředí, aleje košatých dubů na pamětných hrázích i vzácné vodní rostliny.

Po době rozkvětu následovalo období velikého úpadku. Mnoho rybníků zašlo zabahněním nebo poškozením hrází, v 18. století byly mnohé zrušeny, aby se na jejich dně, bohatém živinami, pěstovala cukrovka nebo jiné kulturní plodiny. A když se po několika letech výnosy přestávaly vyplácet, rybníky už obnoveny nebyly (takto zanikla rybníkářská oblast ve středním Polabí). K určitému obratu došlo až po první světové válce, kdy vzniklo státní rybářství, které rybníky spravovalo. Některé rybníky byly obnoveny pro své původní účely, k nim postupně přistoupily rybníky s jiným posláním (závlahové, čistírenské, rekreační apod.).

Protože máme všeobecně málo vody a rybníky vedle údolních nádrží uměle zadržují velké množství vody v krajině, mají nesporně značně kladný krajinnotvorný význam.

Když už jsme u té historie, zmiňme ještě dvě jména: **Jan Skála z Doubravy** a **Josef Šusta**. Olomoucký biskup Jan Skála z Doubravy zvaný Dubravius (zemřel roku 1553) vydal latinský spis o rybnících a rybách, který pojednává o kapří potravě i o rozmnožování kaprů (Dubraviovy třecí rybníčky jsou dodnes používaným označením). Tento spis je pravděpodobně vůbec první odbornou hydrobiologickou prací na světě. Josef Šusta (zemřel 1914) je další z řady našich skvělých rybníkářů a jeho kniha Výživa kapra a jeho družiny rybníčné z roku 1884 má nejenom krásný název, ale dodnes je ve světě známá.

### **Není rybník jako rybník**

V současné době patří k rybníčnímu typu stojatých vod rybníky a různé nádrže, které podle charakteru jejich využití můžeme rozdělit do několika skupin - rybníky ve vlastním slova smyslu s chovem ryb (kaprové a pstruhové), hospodářské nádrže určené k zadržení užitkové vody pro průmysl nebo k závlahám v zemědělství, rybníční vody vodárenského charakteru, rybníky určené k rekreaci obyvatelstva, biologické rybníky k akumulaci a dočišťování některých odpadních vod a případně i jiné drobné nádrže, které slouží potřebám sídlišť, rekreace a jednotlivých podniků. Podstatnou část rybníční plochy u nás tvoří pochopitelně rybníky s chovem ryb.

Rybníky, stejně jako i vodní nádrže, mají rovněž význam mezoklimatický: zvyšují vzdušnou vlhkost a tím chrání rostlinstvo v době sucha. Jak už bylo řečeno výše, bývají rybníky útočištěm a místem hnízdění velkého počtu ptactva (kachen, hus, racků, lysek, potápek, brodivých ptáků i pěvců) - mají tedy nemalý význam jako rezervoáry genofondu. Tato jejich funkce se uplatňuje zvláště při každoročním tahu stěhovavých vodních ptáků.

## **Vliv obhospodařování na život v rybnících**

Oživení rybníků odpovídá oživení mělkých jezer nebo také litorálu jezer s tím, že je ovlivňováno lidskými zásahy, které směřují ke dvěma cílům: (1) aby úživnost (trofie) rybníků byla co největší (a tím i co nejvyšší výnosy rybího masa) a (2) aby se rybníky přirozeným stárnutím nezanášely bahnem a nezarůstaly od kraje rostlinami.

Při plnění prvního bodu dochází často k nadbytečnému přehnojování rybníka a k jeho degradaci (vyhynutí často vzácných oligotrofních druhů organismů, pokles druhové diverzity apod.). Souvisí to s jeho eutrofizací vedoucí k nadprodukci sinic a řas a vzniku vodního květu či vegetačního zbarvení podobně jako v nádržích. Zejména v rybnících skrývá v sobě tento jev nebezpečí vzniku kyslíkového deficitu. V krajním případě může náhlé odumření vodního květu a jeho rozklad vyvolat hynutí ryb i ostatních konzumentů.

Druhá podmínka (omezení zanášení a zarůstání) je praktikována tak, že se čas od času ničí příbřežní tvrdá vegetace (rákos, orobinec) sečením, někdy také bagrováním. Je-li rybník už příliš zanesen po celé ploše bahnem, vyváží se.

Protože jsou rybníky mělké, bývá celý vodní sloupec rovnoměrně prohřátý a také ostatní životní podmínky jsou podobné u hladiny stejně jako u dna. Nedochází zde k typické zonaci životních podmínek, kterou vidíme u hlubokých jezer i přehrad, a zjednodušeně můžeme říci, že veškerá voda rybníka bývá velmi silně oživena, takže ryby mají ideální potravní podmínky. Jediná limitace může nastat v případě světla - v rybníce může působit jak zákal anorganického původu, tak samozastínění řas, které pak už ve větších hloubkách nemají vhodné světelné podmínky.



## IV. ČLOVĚK A MIKROORGANIZMY

Jak z pojmu „mikroorganismus“ vyplývá, společnou vlastností těchto tvorů by měla být malá velikost. Tuto podmínku pak ale nutně splňuje velmi široká a nesourodá skupina organismů - od prokaryotických organismů (Archebacteria, Eubacteria - bakterie a sinice), až po různé skupiny a jednotlivé zástupce eukaryot (některé řasy, prvoci, ale i např. někteří zástupci členovců, kroužkoviců, hlístů apod.). Je jasné, že zabývat se podrobněji každou skupinou dalece přesahuje možnosti tohoto textu. Proto se v této části zaměříme jen na vybrané skupiny organismů (hlavně z řad bakterií a hub) a zájemce o komplexnější zpracování odkazujeme na Přípravný text BiO 1995/1996: Úvod do biologie mikroorganismů.

Život člověka je s životem mikroorganismů nerozlučně spjat už od pradávna. Člověk je s mikroorganismy v neustálém kontaktu, neboť mikroorganismy jsou všudypřítomné. Nacházejí se v půdě, vodě, ve vzduchu a účastní se důležitých biochemických pochodů (např. koloběh látek), vyskytují se v různých symbiotických vztazích a řada z nich jsou významní parazité a patogeny. Samotný člověk (a samozřejmě i ostatní živočichové) hostí na svém těle i uvnitř něj obrovskou masu rozličných mikropotvůrek, které s člověkem v míru koexistují. Ba co víc, mnohé z nich jsou svému hostiteli nadmíru prospěšné - tvoří ochranný štít proti nevídaným patogenním organismům (na pokožce, střevní sliznici nebo v ústní dutině obydlené pestrá mikroflóra není za normálních okolností místo pro jiné vetřelce). Dále nám tyto organismy pomáhají také trávit a zpracovávat potravu, vyrábět vitamíny (viz střevní flóra - např. bakterie *Lactobacillus bifidus* produkcí kyseliny mléčné snižuje pH a znepříjemňuje tak pobyt jiným bakteriím, známá bakterie *Escherichia coli* nám zase pomáhá mj. vyrábět vitamín K apod.). Samozřejmě se občas nějakému patogennímu organismu bariéru prolomit podaří, vzniká tak např. zubní kaz, průjem, poševní infekce, zánět močových cest atd. (patogenními organismy se zde ale šíře zabývat nebudeme, neboť je to natolik obsáhlé téma, že bude podrobněji zpracované jako hlavní téma biologické olympiády pro příští školní rok).

Postupem času si člověk dokázal řadu volně žijících mikroorganismů „uchočit“, kultivovat ve velkém a využít ve svůj prospěch. Dokumentují to rozličné rozvinuté průmyslové biotechnologie (v kombinaci s genovým inženýrstvím) - potravinářství, farmakologie, zemědělství, zpracování odpadních produktů... A právě na některé tyto důležité organismy by se měla dále zaměřit tato kapitola.

### IV.1. Typy mikroorganismů

Řada mikroorganismů je člověkem využívána již od pradávna k výrobě, úpravě a konzervaci potravin a nápojů; a to hlavně organismů z řad bakterií, kvasinek a některých plísní (tedy houbových organismů).

V neposlední řadě patří mezi mikroorganismy též sinice a řasy. Způsobem života se však od bakterií i hub dosti liší, takže si je probereme v samostatné kapitole na konci této části.

#### IV.1.1. Bakterie

Jako nejvýznamnější zástupci prokaryot, tedy jednobuněčných organismů s velmi „jednoduchou“ (ale rafinovanou!) stavbou buňky, se bakterie naučily využívat velmi

pestrou paletu zdrojů nacházejících se v přírodě a ovládají celou škálu nejrůznějších metabolismů. V potravinářství mají největší význam (jak kladný, tak i záporný) buňky schopné zkvašovat různé substráty - bakterie kvašení - mléčného (rody *Lactobacillus*, *Streptococcus*), octového (r. *Acetobacter*), máselného a propionového (r. *Propionibacterium*). Významné jsou také bakterie proteolytické, které rozkládají bílkoviny (r. *Proteus*, *Pseudomonas*), proto sem zahrnujeme i bakterie hnilobné (*Streptococcus faecalis*). Bez významu také nejsou bakterie sacharolytické, hydrolyzující poly- a disacharidy na jednoduché cukry (*Bacillus subtilis*, *Clostridium butylicum*,...), lipolytické bakterie, pektolytické bakterie (*Erwinia*, *Bacillus*; mají význam v ovocnářství, používají se proti rosolování šťáv a v textilním průmyslu při zpracování lnu) a další. Je zřejmé, že tyto skupiny bakterií jsou umělé, utvořené na základě společných vlastností či schopností, bez ohledu na systematické zařazení.

#### IV.1.2. Houbové organizmy

Pod pojem **plísně** se obvykle zahrnují mikroskopické vláknité houby tvořící mycelium z hyf. Opět se jedná o nesourodou skupinu, jejíž zástupci náleží do různých taxonomických skupin zahrnujících hlavně 3 oddělení: (bývalá Eumycota) - Zygomycota, Ascomycota (houby vřeckovýtrusé), Basidiomycota (houby stopkovýtrusé); dále oddělení Oomycota (řasovky) a umělou skupinu Deuteromycetes neboli „Fungi imperfecti“, obsahující organizmy, u nichž neznáme pohlavní stadium (teleomorfu) a známe jen stadium nepohlavní (anamorfu); nemůžeme je proto s jistotou zařadit do systému.

V potravinářství mají plísně význam jak pozitivní, tak negativní (znehodnocování potravin). Z nejdůležitějších zástupců to jsou:

Rod ***Rhizopus*** (třída Zygomycetes) můžeme znát například z plesnivých marmelád, působí též kažení ovoce. Některé jeho druhy se používají ke zkvašování obilí, jiné produkují např. kyselinu fumarovou.

Rod ***Mucor*** (tř. Zygomycetes) se vyskytuje v půdě, vzduchu a na nejrůznějších potravinách. Některé druhy jsou schopné alkoholového kvašení a v Japonsku, Číně a Malajsií se používají k výrobě alkoholických nápojů ze sóji. Druh *Mucor mucedo* bychom mohli nalézt na hnilobném materiálu a exkrementech.

Rod ***Aspergillus*** - česky kropidlák (tř. Ascomycetes, Deuteromycetes) zahrnuje saprofytické druhy na potravinách, ale též v půdě, vodě, ovzduší; řada z nich jsou též parazité, producenti nebezpečných toxinů (např. aflatoxiny). Průmyslové využití se týká především produkce enzymů, kyselin (citrónová, šťavelová, fumarová); druh *Aspergillus oryzae* se v Orientě používá ke zcukřování rýžového škrobu a výrobě alkoholických nápojů (saké, arak).

S rodem ***Penicillium*** - plíseň štětičková (tř. Ascomycetes, Deuteromycetes) se můžeme setkat téměř všude. Tento rod zahrnuje spoustu průmyslově využívaných zástupců produkujících antibiotika (*Penicillium chrysogenum*), kyselinu šťavelovou (*P. oxalicum*), enzymy. Některé druhy jsou užívány v sýrařství - *P. camembertii* (camembert, hermelín), *P. roquefortii* (niva).

**Kvasinky** opět patří mezi organizmy netvořící jednotnou taxonomickou skupinu. Jednotliví zástupci náleží do tříd Ascomycetes, Basidiomycetes a někteří do skupiny

Deuteromycetes. Jsou to vesměs jednobuněčné houby rozmnožující se zpravidla pučením, v přírodě jsou hojně rozšířeny (na ovoci, v půdě, na potravinách, ve vzduchu, na kůži, ve střevním traktu). Jejich význam spočívá hlavně ve schopnosti zpracovávat různé uhlovodíkové zdroje kvašením (i když i toto též u všech není pravidlem), uplatňují se tedy v různých odvětvích potravinářského průmyslu, dále slouží jako zdroj komplexu vitamínů B, jsou využívány i k produkci enzymů a jiných látek. Řada z nich je známa i jako patogenní organizmy. Nejvýznamnějšími zástupci jsou:

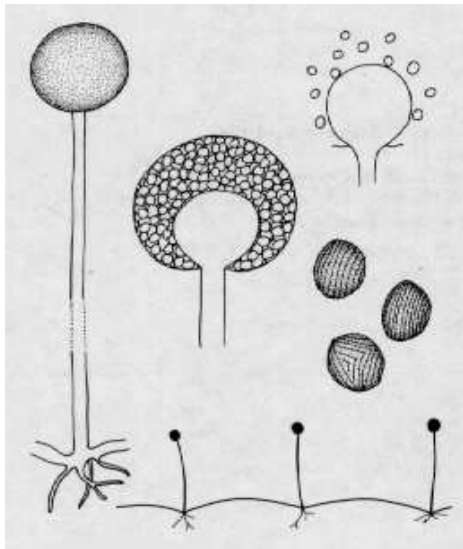
***Saccharomyces cerevisiae*** - kvasinka pivní. Její vyšlechtěné variety se široce využívají při výrobě piva, vína, pečiva... Využívané kmeny nesporulují a nejsou schopny meiózy, což zajišťuje stálost jejich vyšlechtěných vlastností.

***Schizosaccharomyces pombe*** se používá pro zkvašování prosa na alkoholický nápoj zvaný pombe (africké pivo).

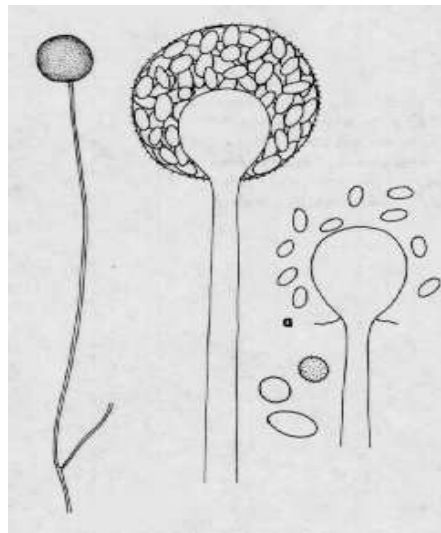
Rod ***Candida*** (Deuteromycetes) obsahuje druhy jak průmyslově využívané (*C. utilis* - krmné droždí), tak patogenní (*C. albicans*).

***Kluyveromyces marxianus var. lactis*** se užívá např. ke zpracování laktosy z odpadní suroviny mlékárenského průmyslu (syrovátky), pro výrobu sýrů s plísní uvnitř a je také přítomna v kefírových zrnech.

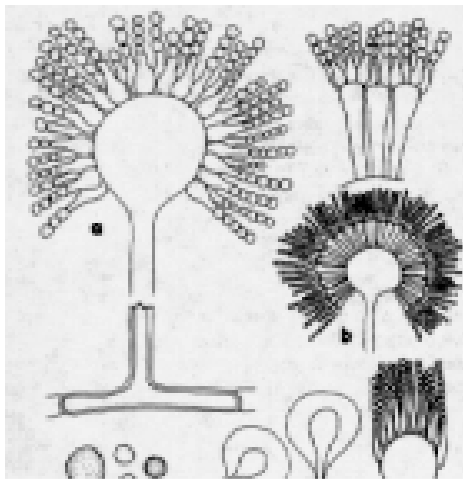
*Rhizopus*



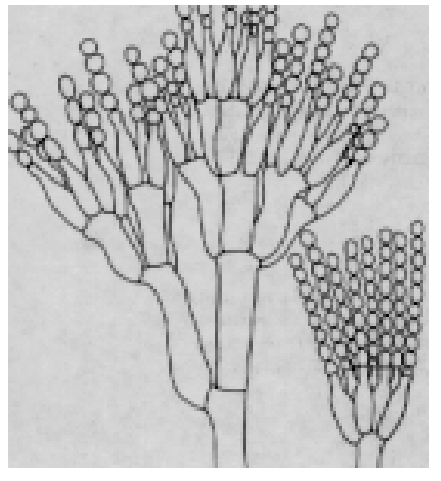
*Mucor*



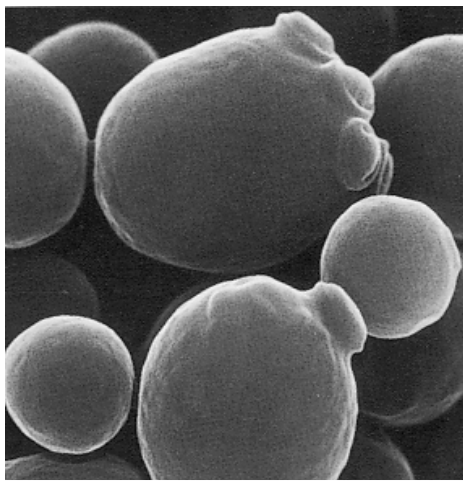
*Aspergillus*



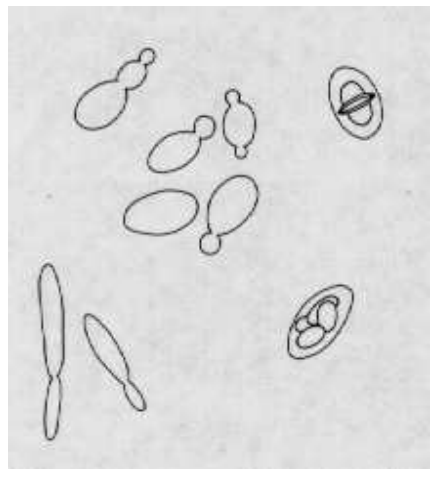
*Penicillium*



*Saccharomyces cerevisiae*



Ukázky kvasinek



## IV.2. Kvašení - fermentace

Kvašení je proces využívaný lidmi po tisíciletí jako jeden z nejstarších druhů konzervace. Zde bychom si měli stručně říci něco o biochemické podstatě tohoto významného procesu. Zájemce o podrobnější informace o biochemických drahách v buňce odkazujeme na přípravný text BiO 1996/1997: Výživa a potravní vztahy organismů nebo na jakoukoliv biochemickou učebnici.

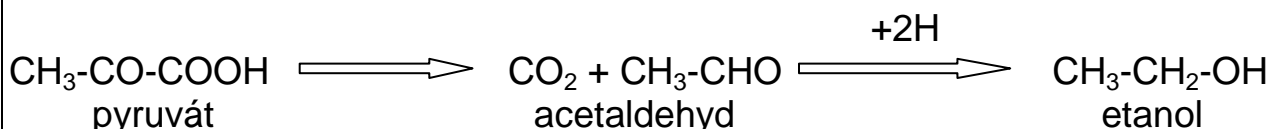
Kvašení v tom nejužším a základním významu je anaerobní proces, který umožňuje buňce získávat energii i v nepřítomnosti kyslíku. Navazuje na proces zvaný glykolýza, který probíhá v cytoplazmě buňky (též anaerobně). Konečným produktem glykolytických reakcí je tříuhlíkatá sloučenina zvaná pyruvát (kyselina pyrohroznová), která je v přítomnosti  $O_2$  dále odbourávána v Krebsově cyklu a v dýchacím řetězci v mitochondriích. Pokud však kyslík chybí, začne buňka využívat fermentačních reakcí, při kterých je pyruvát redukován (hydrogenován, přijme vodíky) a přeměňován na jiné sloučeniny. Známe dva základní typy těchto reakcí. V jedné z pyruvátu vzniká kyselina mléčná neboli laktát (mléčné kvašení - např. ve svalů při namáhavé práci), druhou reakcí je kvašení alkoholové, kdy z pyruvátu v konečném kroku vzniká ethanol a  $CO_2$  (jako odpadní produkt).

### IV.2.1. Alkoholové kvašení

Využívány jsou hlavně kvasinky, ale ovládají je též i některé jiné mikroorganismy - např. anaerobní bakterie *Zymomonas mobilis* (ta má ale trochu odlišné enzymatické vybavení), *Sarcina ventriculi* aj., dále pak i některé plísňe rodu *Mucor* (*M. javanicus*).

Pyruvát je při tomto druhu kvašení nejprve dekarboxylován, vzniká tak  $CO_2$  a acetaldehyd. Acetaldehyd je poté redukován na ethanol.

Rovnice alkoholového kvašení:

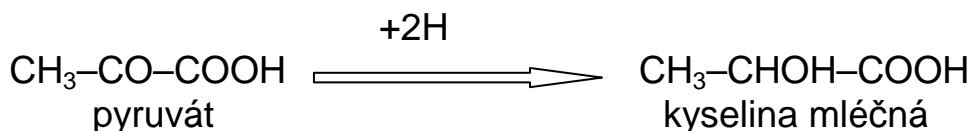


### IV.2.2. Mléčné kvašení

Tvorby kyseliny mléčné je schopna hlavně řada bakterií. Ty dále rozdělujeme na homofermentativní bakterie mléčného kvašení, jejichž jediným metabolitem (konečným produktem) je kyselina mléčná, a heterofermentativní bakterie mléčného kvašení, u nichž kromě kyseliny mléčné, jako hlavního produktu vzniká i řada dalších produktů (např. k. octová, ethanol, glycerol a  $CO_2$ ).

Kyselina mléčná vzniká z pyruvátu jeho hydrogenací (redukcí).

Rovnice mléčného kvašení:



Nejznámějšími zástupci bakterií mléčného kvašení jsou někteří zástupci rodu *Lactobacillus* (*L. bulgaricus*, *L. delbrückii*, *L. casei*) a *Lactococcus lactis*. Heterofermentativního kvašení je schopná např. i známá *Escherichia coli*. Vedle bakterií jsou kyselinu mléčnou schopny produkovat i některé plísně z rodů *Mucor* a *Rhizopus*. Konzervace mléčným kvašením se využívá i při výrobě kysaného zelí, okurek a siláže.

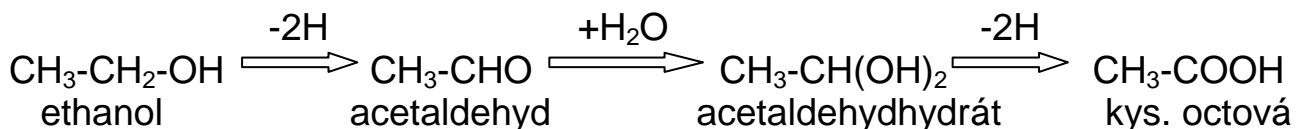
### IV.2.3. Další typy kvašení

Dále existuje řada druhů kvašení navazujících na předchozí dva základní (jako variace, odbočky, pokračování), zahrnující různě složité reakční pochody (např. kvašení propionové, máselné, které není zrovna moc žádoucí druh kvašení). Jako kvašení pak dokonce označujeme i některé oxidační pochody využívající kyslík (kvašení octové, fumarové, citrónové...).

**Kvašení propionové.** Bakterie propionového kvašení (r. *Propionibacterium*) mají význam např. v sýrařství, kdy po mléčném kvašení nastupují bakterie propionové a dokvašují zbylou laktosu (mléčný cukr) a kyselinu mléčnou na kyselinu propionovou, k. octovou a CO<sub>2</sub> (tvoří oka v sýrové hmotě - ementál).

**Kvašení octové** je příkladem reakce za přítomnosti kyslíku, kdy je ethanol (vzniklý z pyruvátu alkoholovým kvašením) oxidován na kyselinu octovou. Proces zahrnuje několik kroků:

Rovnice octového kvašení:



Hlavními producenty kyseliny octové jsou zástupci bakteriálního rodu *Acetobacter*. Jednotlivé druhy se liší v množství produkované kyseliny a v koncentraci ethanolu, kterou snášejí.

## IV.3. Využití mikroorganismů

V současnosti si běžný život bez mikroorganismů snad ani nelze představit. Mikroorganismy se využívají v mnoha odvětvích potravinářství, průmyslu, medicíny a dalších. V této kapitole si stručně přiblížíme několik málo nejdůležitějších využití.

### IV.3.1. Potravinářství

#### Droždářství a pekařství

Hlavním úkolem v droždářském průmyslu je vypěstování co největší hmoty kvasinek. **Droždí pekařské** je posuzováno dle mohutnosti kynutí a trvanlivosti. K jeho výrobě je používáno speciálních kmenů čistých kultur *Saccharomyces cerevisiae* (bez kontaminací bakteriemi a divokými kvasinkami). Jako živné prostředí, které kvasinky využívají k růstu, slouží hlavně melasa (zbytkový produkt při výrobě cukru z cukrové řepy).

Při výrobě **droždí krmného** nezáleží tolik na mohutnosti kynutí a trvanlivosti (lisuje se a suší), požadována je ale maximální tvorba stravitelných bílkovin a minimální tvorba ethanolu. Používá se též i jiných mikroorganismů - např. *Candida utilis*, *Monilia*.

Kynutí těsta v pekařství je způsobeno vznikajícím CO<sub>2</sub> při alkoholovém kvašení (vznikajícího alkoholu je malé množství a i to je navíc odstraněno při pečení). U těsta pšeničného se užívají čisté kvasinky (tedy droždí), kdežto u těsta žitného směs mikroorganismů, tzv. kvásek. Pro výrobu kvásku se používá žitné mouky, je možno ho připravit samovolným kvašením těsta a jeho zředováním vodou a moukou. Žitný kvásek obsahuje pestrou mikroflóru adaptovanou postupně na dané prostředí, zahrnující mj. i bakterie mléčného kvašení (r. *Lactobacillus*); kromě kvasící činnosti vykazuje i činnost kysací (která je u pšeničného těsta nežádoucí). Pro dobrou chuť chleba je třeba správný poměr vzniklé kyseliny mléčné a octové.

### Mlékárenský průmysl

Mléko je vzhledem ke svému složení velmi dobrým živným prostředím pro rozličné mikroorganismy. Při výrobě řady mléčných produktů je tohoto faktu s výhodou využito, zároveň je ale třeba mléko uchránit před organizmy nežádoucími. Čerstvé mléko působí sice mírně baktericidně (jako jiné tělní tekutiny), působení ovšem trvá relativně krátce a nestačí zničit všechny mikroorganismy, které se do mléka dostaly během dojení a po něm. Proto se k ochraně před zkažením používá různých prostředků (zvýšení teploty - pasterizace, snížení teploty, sušení, zahušťování, chemická konzervace, záření, biologická konzervace). Biologická ochrana mléka spočívá v dočasné konzervaci kyselinami vytvořenými činností bakterií.

**Jogurt** je mléko částečně zahuštěné a zakvašené druhy *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*.

**Kefír** je mléčně a alkoholicky zkvašený nápoj z kravského mléka zakvašený „kefírovými zrny“, což je směs mikroorganismů (např. bakterií *Lactobacillus caucasicus*, *Lactococcus lactis* a kvasinek *Saccharomyces fragilis*, *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis*).

**Acidofilní mléko** zakvašuje *Lactobacillus acidophilus*.

**Kumys** je nápoj z kobyliho mléka zakvašený *Lactococcus lactis* a jinými bakteriemi mléčného kvašení a kvasinkami.

V **sýrařství** je mléčné kvašení jedním z hlavních procesů při výrobě sýrů. Chemické látky vytvořené během zrání sýrů však zde nemají velký ochranný vliv (oproti předchozím zkvašeným výrobkům, kdy vzniklá kyselost je relativně dostatečnou ochranou proti různým mikrobům). Výjimkou je kyselina propionová vznikající při výrobě ementálského sýru, která potlačuje růst většiny plísní.

Při výrobě sýrů se nejdříve upravuje tučnost mléka, mléko se pasteruje, přidává se CaCl<sub>2</sub> pro zvýšení výtěžku syřeniny a NaNO<sub>3</sub> k inhibici koliformních bakterií. Pak dochází k zakysání mléka bakteriálními monokulturami, jejichž činnost podporuje srážení bílkovin. Druhou fází výroby je tzv. syření syřidlovými enzymy (např. chymosin a pepsin), kdy dochází též ke srážení bílkovin (některé sýry jsou vyráběny

jen s pomocí syřidel). Sýření probíhá asi 0,5 - 2 hodiny při 34 °C a vzniklá sýřenina se dále zpracovává. Krájením a drobením vznikne tzv. sýrové zrno a tato hmota se zahřívá. Rozeznáváme sýry nízkodohříváné (např. eidam), které jsou zahřívány na 40 °C a vysokodohříváné (např. ementál), vyráběné při 59 °C. Dále se sýry solí a poté zrají při 15 °C. Sýry označované jako čerstvé (smetanové, lučina) nezrají.

**Kyselé sýry (syrečky, romadúr)** jsou vyráběny ze smetanového zákysu zaočkovaného bakteriemi rodu *Streptococcus* a *Brevibacterium* a kvasinkami rodu *Candida*. Tato kvasinka v pozdějších fázích oxiduje kyselinu mléčnou, čímž se zvýší pH asi na 6,5. *Brevibacterium* poté rozkládá bílkoviny za vzniku aromatických látek, což dává sýru charakteristický vzhled a chuť.

**Ementál** je vysokodohříváný sýr, jehož nasládlá chuť je způsobena propionanem vápenatým, produktem činnosti bakterie *Propionibacterium*. Bakteriální činností vznikají také charakteristická oka.

**Tavené sýry** se vyrábí z nepovedených tvrdých sýrů, zbytků tvarohu a mléka. Vše je zahřáto na 80 až 90 °C.

**Plísňové sýry s plísní uvnitř** vznikají činností např. *Penicillium roquefortii*, jemuž množení usnadňuje kvasinka *Kluyveromyces* tím, že produkuje CO<sub>2</sub>, které vytváří dutinky.

Na výrobě sýrů s **plísní na povrchu** (camembert, hermelín) se podílí houba *Penicillium camemberti*.

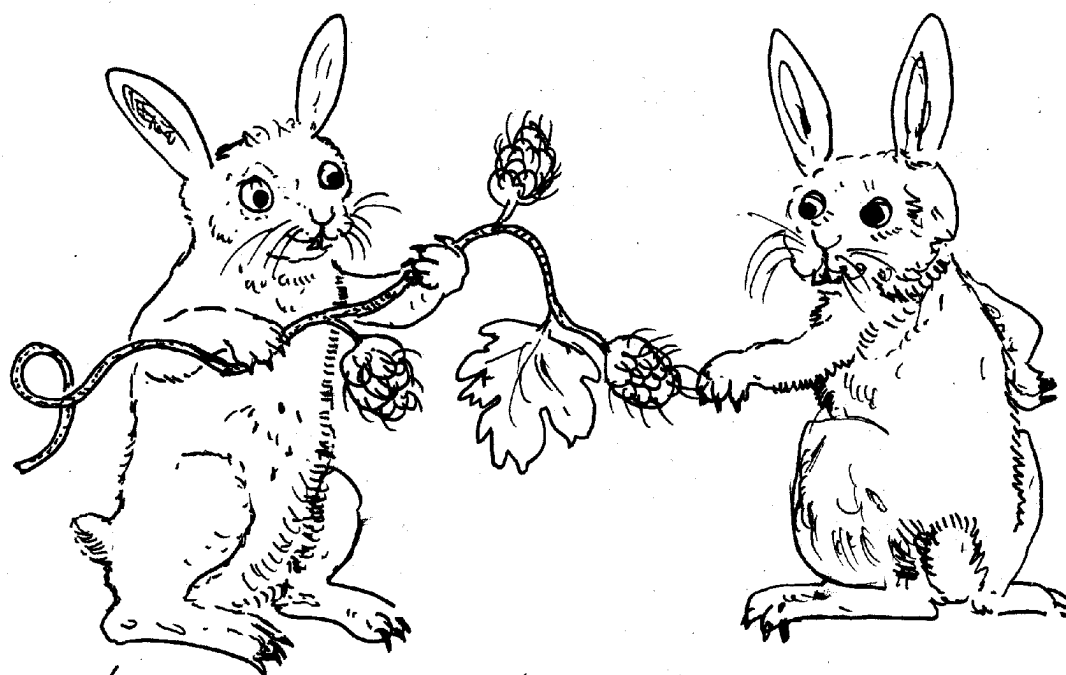
## Vinařství

Při výrobě vína z hroznů révy vinné se používá moštů nebo rmutů, což jsou rozdrčené hrozny. Mošt vzniká lisováním rmutů. Vylisovaný mošt v krátké době začne samovolně kvasit (dnes se mu z větší míry ještě pomáhá uměle), což je způsobeno kvasinkami, které jsou přítomné na povrchu hroznů (dostávají se tam větrem a s hmyzem z půdy, kde přezimují). Tzv. epifytní mikroflóra na povrchu hroznů je kromě již zmíněných vinařských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) tvořena ještě kvasinkami „divokými“, plísněmi, bakteriemi apod. Tyto ostatní složky mohou někdy nepříznivě ovlivnit kvasný proces, proto se začalo používat čistých kultur vinařských kvasinek *S. cerevisiae* var. *ellipsoideus*, ze kterých navíc selekcí byly získány kmeny s vhodnými vlastnostmi - např. odolné vůči vyššímu obsahu ethanolu a sedimentující, odolné vůči vyššímu obsahu cukru, chladnomilné (pro kvašení ve studených sklepech), teplomilné, sulfitové (odolné vůči síření). Moštu v průběhu fermentace se lidově říká burčák. Po vykvašení vzniká tzv. mladé víno. To obsahuje různé nečistoty, tvořené hlavně částmi dužniny, pecičkami atd., které sedimentují na dno a tvoří kvasnou usazeninu. Usazenina je odstraněna 1. a 2. stáčením, ale i poté je mladé víno většinou kalné, proto je nutné ho vyčistit (tzv. kráslení) filtrací.

K výrobě červených vín se užívá mírně odlišné technologie. Červené barvivo je obsaženo ve slupkách a je navíc rozpustné jen v alkoholu. Proto se zkvašují již rmuty (a ne mošt, ve kterém se už slupky nenacházejí), jež se lisují až po vykvašení. Během kvašení (hlavně na konci) se často snižuje obsah kyselin - jednak díky tvorbě vinného kamene (vínan draselný COOH(CHOH)<sub>2</sub>COOK), jednak štěpením méně stálé kyseliny jablečné mléčnými bakteriemi na kyselinu mléčnou a CO<sub>2</sub> (dodává vínu



mírně sladkokyselou chuť). To je však vítáno jen do určitého stupně, aby nebyla porušena harmonická chuť vína. Proto se vína včas stáčejí z kalů, snižuje se teplota, vína se síří. Síření znamená vpravování oxidu siřičitého ( $\text{SO}_2$ ) do vína. Zabraňuje se tím růstu většiny mikroorganismů a současně i oxidačním pochodům ve víně, víno se konzervuje.  $\text{SO}_2$  je nenahraditelný též při ošetření materiálu a sklepů. Ovšem ne už tak vítané účinky má oxid siřičitý na některé z nás po konzumaci většího množství vína. Hlavně u vín levnějších, nižšího jakostního stupně, kde se vína často doslazují, se na utlumení oxidačních procesů používá většího množství tohoto konzervačního prostředku. Někteří lidé jsou na vyšší obsah  $\text{SO}_2$  citliví, což se po konzumaci projevuje bolestmi hlavy.



ŽELÍ SE DÁ CHROUPAT, MRKEV KOUSAT A KEDLUBNA HLODAT.  
ALE ŘEKNI MI, K ČEMU LIDI PĚSTUJOU TYHLE ZELENÝ JÍŠKY.

## Klasifikace vín

Náš systém klasifikace vín je založen na stupni vyzrállosti hroznů (podobný systém mají i v Rakousku a Německu, naopak systém odlišný používají ve Francii, Španělsku a Itálii) a nově byly přidány 4 kategorie založené na specifickém způsobu výroby.

Dle našeho vinařského zákona (§ 6 - 9) se víno domácího původu třídí na 7 kategorií:

1. **Stolní víno** je nejnižší kategorie vín vyráběných z hroznů, které dosáhly alespoň 11° cukernatosti. Není označováno na obalu názvem odrůdy.
2. **Jakostní víno** lze vyrábět z hroznů, které dosáhly min. 15° cukernatosti. V této kategorii se rozlišují 2 druhy vína, a to:
  - a) **víno jakostní odrůdové**, které musí obsahovat nejméně 85% vína vyrobeného z odrůdy uvedené na etiketě;
  - b) **víno jakostní známkové**, které se vyrábí smísením odrůdových jakostních vín.
3. **Víno s přívlastkem** je kategorie vín nejvyšší kvality. Vyrábí se z hroznů jedné odrůdy. V této kategorii se vína dále třídí na několik druhů:
  - a) **kabinet** vyráběný z hroznů, které dosáhly min. 19° cukernatosti;
  - b) **pozdní sběr** vyráběný z hroznů o min. cukernatosti 21° ČNM;
  - c) **výběr z hroznů**, který je dovoleno vyrábět jen z hroznů, které dosáhly alespoň 24° cukernatosti;
  - d) **výběr z bobulí** vyráběný jen z vybraných bobulí, které dosáhly min. 27° cukernatosti;
  - e) **ledové víno**, které je dovoleno vyrábět jen z hroznů sklizených při teplotách -6 °C a nižších a které dosáhly alespoň 27° cukernatosti;
  - f) **slámové víno** vyráběné z hroznů, které byly před zpracováním skladovány alespoň 3 měsíce na slámě a z nich získaný mošt dosáhl nejméně 27° cukernatosti.
4. **Šumivé víno** (mj. sekt) se připravuje druhotným kvašením zdravého přírodního vína v lahvích nebo ve velkých nádobách pod tlakem.
5. **Perlivé víno** je víno uměle sycené (impregnované) kyslíčnickem uhličitým.
6. **Aromatizované víno** (např. vermuty) je víno s přísadou cukru, lihu, vody a dochucené kořením, bylinami či jejich extrakty (např. Cinzano, Cora, Martini).
7. **Likérové víno** se vyrábí z přezrálých hroznů aromatických odrůd, přidává se líc, extrakt z fíků, ze svatojánského chleba, z pomerančů a jiného ovoce. Obsahuje značné množství alkoholu a relativně málo cukru (např. Madeira, Malaga, Porto, Sherry).

U prvních dvou druhů (stolní, jakostní) je povoleno doslazování až do 21° cukernatosti u vín bílých a 22° cukernatosti u vín červených. Vína s přívlastkem nejsou upravovaná ani doslazování, ani konzervačními činidly; přídavek cukru je u všech jakostních druhů zakázán. Tato vína jsou vyráběna z hroznů plně vyzrálých, s vyšší cukernatostí, čehož se dá docílit jedině na úkor velikosti sklizně hroznů, a proto jsou drahá.

**Míra cukernatosti** hroznů a moštů v ČR se udává ve stupních tzv. českého normalizovaného moštoměru (°ČNM). Tyto stupně vyjadřují, kolik kg cukru je ve 100 litrech moštu.

## Pivovarnictví

Za kolébku výroby piva je považován Střední východ. Existují doklady, že již v období sumerské kultury se vařilo obětní pivo pro bohyni Ninu, v Babylónii se vyrábělo prý až 19 druhů piva. Kromě ječmene byly hlavní surovinou i jiné druhy obilí. V Egyptě byla příprava piva též značně rozšířená. Například takový panovník jako Ramses prý vlastnil pivovar s výrobou 10 000 hl piva za rok. Uvádí se, že Řekové znali výrobu piva dříve než výrobu vína a že nektar bylo v podstatě tmavé pivo. Později se pivo rozšířilo i v Římě, Galii a Germánii. Germáni si chuť piva zlepšovali kořením a bylinami. Teprve Slované začali pivo dochucovat také chmelem, což nakonec převládlo. V Čechách pochází první doklad o vaření z roku 1088; v té době mohl každý občan vařit pivo pro svoji potřebu, později ale právo vařit přešlo na stav panský a rytířský.

Hlavními surovinami pro výrobu piva jsou slad, chmel a voda. **Slad** se vyrábí ze sladovnického ječmene. Ječmen se nejdříve čistí, máčí (v náduvnících) a poté se nechá klíčit na humnech (vrstva asi 20 - 40 cm) za provzdušňování asi 5 dní. Vznikne tzv. zelený slad. Klíčení se zastaví tzv. hvozdním, kdy se pozvolna zvyšuje teplota (slad se suší) až do 80 °C, proces trvá asi 18 hodin. Nakonec se slad zbavuje klíčků (používají se jako krmivo) a může se rovnou použít k výrobě piva (nebo uskladnit).

Postup při výrobě piva je pak následující: Slad se rozeleme (existují různé stupně rozemletí), smíchá s vodou (tzv. vystírání) a nastává extrakce (rozpuštění látek obsažených ve sladu) - napřed při nízkých teplotách, poté následuje zvyšování teploty, tzv. rmutování, na 60 - 70 °C (zvyší se účinnost extrakce). Škrob ze sladu je při rmutování odbourán mikroorganismy na disacharid maltózu. Po ukončení tohoto procesu následuje scezení, kdy na filtrech zůstává tzv. sladové mláto (též se používá jako krmivo) a to, co proteče, se nazývá sladina (též „předek“). Sladina se ve varných kotlích vaří s chmelem 1,5 - 2 hodiny - vyrábí se mladina. Účelem tohoto tzv. chmelovaru je okořenit pivo chmelovými pryskyřicemi, inaktivovat enzymy ve sladu a vysrážet bílkoviny a zkoncentrovat mladinu. Vzniklá mladina se ochlazuje na 5 - 6 °C a jde do spilky do kvasných kádí, kde se zakvašuje kvasnicemi (opět *Saccharomyces cerevisiae*) dvou různých typů - buď kvasinkami svrchními (*S. cerevisiae* subsp. *cerevisiae*) či spodními (*S. cerevisiae* subsp. *carlsbergensis*) (u nás se používají výhradně spodní kvasinky). Kvasinky svrchní mají typický povrchový růst, na konci hlavního kvašení tvoří povrchovou hustou hnědou pěnu; kvasinky spodní se při kvašení shlukují a sedají na dno, kde tvoří pevnou vrstvu. Hlavní kvašení probíhá 6 - 14 dnů. V tomto bodě se do piva tedy dostává alkohol, vzniká mladé pivo. Mladé pivo se suduje (stočení do ležáckého sklepa, teplota asi 1 - 3 °C), kde dokvašuje. Teprve zde pivo získává charakteristickou chuť a vůni a sytí se uvolňovaným CO<sub>2</sub> (produkují ho zbylé kvasinky). Světlá piva dokvašují asi 3 týdny, tmavá okolo 6 týdnů, nejkvalitnější piva až půl roku. Při dokvašování se uvolňují některé těkavé látky jako sloučeniny síry, aldehydy, vyšší alkoholy. Celkem tedy pivo obsahuje kromě alkoholu celou škálu látek - aldehydy, organické kyseliny, hořčičiny, estery, cukry, dusíkaté látky, glycerol, třísloviny, barviva a vitamíny skupiny B. Co se množství alkoholu týče, desetistupňová piva obsahují asi 2,5 - 4,5% alkoholu, dvanáctistupňová piva okolo 3,5 - 4,5% alkoholu. Tmavá piva se od světlých liší způsobem výroby, obsahují více extraktu, jsou méně chmelená a při

stejně stupňovitosti obsahují méně alkoholu. Tmavé barvy je dosaženo přidáním malé části praženého sladu nebo barvivem zvaným kulér (viz rámeček).

### **Z pivovarnické terminologie**

**Humna** jsou prostorné přízemní nebo polopodzemní místnosti určené ke klíčení sladovnického ječmene. Musí zde být kladen velký důraz na dokonalé větrání.

**Náduvník** je zpravidla velká kovová nádoba vespod mírně nálevkovitého tvaru sloužící k máčení ječmene. Buď je vybaven provětrávacím zařízením nebo se obsah provětrává přečerpáváním z jedné nádoby do druhé.

**Spilka** je kvasírna, v níž jsou umístěny kvasné nádoby pro hlavní kvašení piva. Stěny, strop a podlaha musí být chlazeny, aby teplota prostoru byla asi 6 °C.

**Kvasné kádě** jsou buď dřevěné, kovové nebo betonové a jsou opatřeny ochranným nátěrem, smaltem nebo jsou vyloženy sklem.

**Kulér** je barvivo používané k barvení piva (tmavého), likérů, octa. Vzniká zahříváním cukru při vyšších teplotách, kdy se tvoří karamelové a huminové látky.

### **Dělení piva na skupiny.**

Pivo můžeme rozdělit na několik skupin, a to na:

1. **Piva lehká**, kam patří piva s obsahem extraktu do 7°.
2. **Piva výčepní**, což jsou 8 - 10° piva.
3. **Ležáky**, kam patří 11 - 12° piva.
4. **Piva speciální**, kam se řadí 13 a více stupňová piva.
5. **Portery**. Tak se nazývají tmavá piva 18 a více stupňová.

**Stupně** (10°, 12°,...) vyjadřují množství celkového extraktu (v hmotnostních procentech), které obsahuje mladina před kvašením.

### **Lihovarství**

Postup získávání lihu destilací vína byl znám již 2000 let př. n. l., ve středověku byl líh řazen dokonce mezi 5 základních prvků. O skutečné výrobě lihu lze hovořit až od doby budování zemědělských lihovarů v 19. století.

Kvasný líh je používán hlavně k výrobě alkoholických nápojů. Současně se objevují též snahy o využití lihu jako náhrady fosilních paliv (benzínu), energetický zisk na jednotku biomasy je ale malý. Při výrobě lihu se využívá schopnosti mikroorganismů přeměňovat sacharidy ze suroviny na ethanol. Surovinou proto může být vše, co obsahuje dostatek sacharidů, jako například brambory, melasa (zbytek po výrobě cukru), znehodnocené obilí, odpad z výroby škrobu z kukuřice, batáty, maniok, ovoce... Lze též využít sulfitové výluhy, které vznikají jako odpad při výrobě technické celulózy za použití vodného roztoku hydrogensířičitanu vápenatého (výluhy obsahují různé těkavé kyseliny, lignin, oxid siřičitý, nižší alkoholy a sacharidy; velké množství cukerných složek obsahují hlavně výluhy ze dřeva jehličnanů). Z mikroorganismů lze využít v podstatě jakýkoliv, který dostatečně rychle zkvašuje sacharidy a jeho konečným produktem je ethanol, přičemž samozřejmě nesmí vznikat nebezpečné vedlejší produkty metabolismu. Nejběžněji se

používají lihovarské kmeny *Saccharomyces cerevisiae*. Z bakterií lze využít *Zymomonas mobilis*, která fermentuje glukosu jinou metabolickou cestou, a to s dosti vysokou účinností. Nepříznivým faktem je ale produkce organických kyselin.

Kvasinky neštěpí škrob a tak pro zpracování škrobnatých surovin (brambory) je třeba škrob nejdříve hydrolyzovat (například působením enzymů sladu). Zcukernaté bramborové zápary byly u nás surovinou dříve v zemědělských lihovarech. Dnes je surovinou v průmyslových lihovarech melasa. Klasická výroba ethanolu probíhá ve 4 fázích: (1) příprava melasové zápary, (2) pomnožení kvasinek, (3) fermentace, (4) destilace.

Melasa se ředí vodou, kyselinou sírovou se snižuje její alkalické pH na hodnotu okolo 5, přidávají se anorganické soli, zdroje fosforu a odpěňovadla. Kvasinky jsou pomnožovány ve sterilní melase za provzdušňování při 28 °C, poté se v pravidelných intervalech (či kontinuálně) připouští koncentrovanější melasa tak, aby se koncentrace kvasinek, produkovaného ethanolu a substrátu udržovala na konstantní hodnotě. Hlavní kvašení probíhá bez provzdušňování 24 - 48 hodin. Po skončeném kvašení se zápara odstředuje, tzv. kvasničné mléko je znovu použito pro kvašení, zápara bez kvasinek jde do destilace. Proces destilace slouží k zahuštění obsahu ethanolu a k jeho vyčištění. Při destilaci se využívá toho, že směs ethanolu s vodou dává při zahřátí (na počátku destilace) páru s vyšším podílem ethanolu, než je v původní vroucí směsi. Kondenzací lihových par je napřed získán surový ethanol, který se ředí a podrobuje další destilaci, při které jsou odděleny znečišťující těkavé složky. Některé frakce destilace se tedy vyhazují. Pro konzumní účely se ethanol dále dochucuje, případně je ponechána jeho původní chuť dle použitého zdroje cukrů.

**Destiláty** se vyrábí z ethanolu.

**Koňak (brandy)** se vyrábí destilací vína z bílé vinné révy. Koňak se vyrábí pouze ve Francii, podobný nápoj vyrobený jinde je nazýván brandy. Koňak zraje v dubových sudech minimálně 2,5 roku, brandy asi 0,5 - 1 rok. Dubové dřevo dodává tekutině její charakteristickou barvu.

**Whisky** (z keltského slova „živá voda“) je pálenka z obilí. Bourbon a americká whisky jsou obě vyráběné v Americe, a to z kukuřice. Irská malt whisky je vyráběna pouze ze sladu, slad se suší nad rašelinou a kouř je pak ve whisky cítit. Irská grain whisky se získává jen z nenaklíčeného obilí, blended whisky je směsí grain a malt v poměru 6:4. Kvašená směs se pálí (destiluje) třikrát, doba zrání je asi 3 roky, u kvalitních produktů až 15 let (Blue Label až 60 let).

**Rum** je lihovina vyrobená kvašením a destilací šťávy či melasy z cukrové třtiny.

**Tuzemský rum** je vyráběn kvašením melasy z cukrové řepy (někdy i přirozenou mikroflórou), následnou destilací a přidáním rumových trestí, kuléru a aromatických látek (vanilka). Obvykle nezraje.

**Tequila** je lihovina vyráběná v Mexiku z rostlin rodu agáve (*Agave*). Z rostliny se vyřízne vegetační vrchol a vyhloubí se. Vzniklá prohlubeň je vyplněna kvasící šťávou, která se pije buď ihned (pulque) nebo se destiluje a vzniká tequila.

**Borovička** se vyrábí destilací šištic jalovce v lihu zředěném vodou.

## Výroba octa

Ocet se získával „fermentací“ vína či piva už od počátků historie lidstva. Termín ocet se používá pro zředěný roztok kyseliny octové, který byl získán pouze biologickou cestou, neboť na rozdíl od chemicky připravené kyseliny octové obsahuje ještě další produkty mikrobiálního metabolismu, které mu dodávají specifickou chuť.

Výrobu octa provádí hlavně různé druhy bakterií rodu *Acetobacter* (např. *A. aceti*), přičemž se nepoužívají čisté kultury, ale jen směsné kultury vzniklé přirozeným způsobem v očetnicích. Tyto bakterie musí být vysoce tolerantní ke kyselému prostředí, měly by vyžadovat co nejméně živin a měly by vykazovat co nejmenší tendenci k úplné oxidaci kyseliny octové až na CO<sub>2</sub> a vodu (tzv. přeoxidace).

Základní surovinou pro výrobu octa je u nás ethanol, v jiných zemích jí může být např. víno, slad, rýže... Složení vlastní suroviny, která se nazývá ředina, je následující: ethanol, voda, živiny a ocet získaný v minulé várce i s produkčními bakteriemi. Ocet se vyrábí v tzv. Fringsových očetnicích, které jsou rozdělené děrovanými dny na 3 prostory. Do horní části se vstříkuje ředina. Střední část je vyplněna bukovými hoblinami, kde jsou navázány octové bakterie, probíhá zde tedy vlastní oxidace. Hobliny zajišťují dobrý styk s živinami a s kyslíkem, nedochází též ke ztrátám buněk. Spodní část je sběrný prostor, odkud se ředina několikrát vstříkuje zpět do horní části očetnice, až je většina ethanolu (95 - 98%) přeměněna na kyselinu octovou. Ocet tedy obsahuje jen asi 0,15% zbytkového ethanolu.

### IV.3.2. Farmakologické využití mikroorganismů

Stejně jako v potravinářství, je i ve zdravotnickém průmyslu využíváno činnosti mikroorganismů, hlavně z řad bakterií, kvasinek a plísní. Nejznámějšími produkty jsou zajisté antibiotika, ale velký význam má též výroba rekombinantních vakcín, produkce steroidů (kortison - rod *Rhizopus*) a produkce lidských proteinů (insulin, interferony, interleukin 2, růstový faktor) rekombinantními buňkami (většinou kvasinkami, neboť jako eukaryotické organizmy mají některé metabolické dráhy podobné lidským). Tyto výroby jsou však prováděny pomocí geneticky modifikovaných organismů, proto se o nich dočtete v kapitole Apendix.

#### IV.3.2.1. Antibiotika

Termín „antibiotikum“ pochází z řeckého *bios* (živý) a předpony *anti* (proti) - tedy proti životu.

Antibiotika jsou organické látky rozmanitých chemických struktur produkované nejen mikroorganismy (bakteriemi a houbami - kvasinkami a plísněmi), ale též řasami, lišejníky, rostlinami i živočichy. Jejich společnou schopností je inhibice růstu a množení buněk jiných organismů, a to již při velmi nízkých koncentracích. Dnes se již řada antibiotik vyrábí též syntetickou cestou, byly vytvořeny i sloučeniny nové, svými možnostmi překračující látky přírodní. Je známo celkem okolo 10 000 antibiotik, z nichž se dále odvozuje přes 100 000 derivátů. Z tohoto nepřehledného množství se ale prakticky ve farmacii používá jen zlomek, přibližně 100 produktů; ne všechny sloučeniny jsou totiž bez zanedbatelných toxických účinků i pro člověka. Produkce antibiotik mikroorganismy je ovšem stále

nejvýznamnější (velkými a velmi významnými producenty jsou bakterie rodu *Streptomyces*). Jsou to produkty jejich tzv. sekundárního metabolismu, tedy látky syntetizované buňkou z primárních metabolitů, které nemají žádnou zřetelnou důležitou roli v základním vegetativním metabolismu. Primárními metabolity myslíme obvykle látky vzniklé během biochemických procesů při zisku energie z živin. K maximální produkci sekundárních metabolitů (kromě antibiotik jsou to např. ještě pigmenty, alkaloidy, mykotoxiny...) dochází tehdy, když v prostředí dochází živiny, zastavuje se růst a zároveň dochází k některým morfologickým změnám (např. tvorba spor, vzdušného mycelia aktinomycet...). Soudí se, že tyto látky, produkované při nedostatku živin v prostředí, by mohly hrát roli při vymezování životního prostoru (tedy k odstranění konkurence).

Dlouhodobý vývoj výzkumu a produkce antibiotik započal objevem penicilinu Alexandrem Flemingem roku 1928. Fleming si všimnul, že na Petriho misce s bakteriemi *Staphylococcus aureus* tyto bakterie nerostly v ohraničeném prostoru okolo plísně *Penicillium notatum*; okolo plísně se tvořila inhibiční zóna. Výhody antibiotik však nevědomky využívali lidé již ve starověku - např. v Číně a Egyptě (plesnivý chléb používali k léčení poranění, v Egyptě vědomě či nevědomě? byly používány streptomycety produkující tetracyklin). Začátek 2. světové války urychlil práci na izolaci penicilinu z *P. notatum*, v roce 1941 byly provedeny už první klinické zkoušky. Poté bylo selekcí kmenů *P. chrysogenum* dosaženo zvýšení produkce penicilinu (*P. notatum* se už dnes k výrobě antibiotik nepoužívá). V roce 1944 byla rozluštna chemická struktura penicilinu a veškerý dostupný penicilin byl použit k léčbě spojeneckých raněných vojáků. Poté už jen následovaly objevy dalších a dalších antibiotik... (streptomycin - 1944, chloramfenikol - 1948, tetracykliny - 1947, makrolidy - např. erythromycin - 1952, cefalosporin - 1953, rifamycin...).

Běžně užívaná antibiotika musí mít co nejmenší vedlejší účinky na člověka. Nejlepší možností je proto specificky zasáhnout bakterie tam, kde se výrazně odlišují od buněk lidských (eukaryotických), což je například buněčná stěna a syntéza bílkovin (bakterie, jak známo, mají odlišné ribozómy). Naproti tomu antibiotika poškozující plazmatickou membránu poškozují zároveň s buňkami bakteriálními i buňky lidské.

## **Rozdělení antibiotik**

Antibiotika mohou být dělena podle mnoha různých hledisek, například podle původu producenta (např. produkovaná mikroorganismy, rostlinami, řasami, živočichy...), podle biologických účinků (např. s antiinfekční, protinádorovou aktivitou apod.), dle chemické struktury, biosyntetické cesty či mechanismů účinku (viz níže).

Antibiotika také můžeme rozlišit podle toho, na jak velký okruh organismů působí. Mluvíme pak o úzkospektrých a širokospektrých antibiotikách. Úzkospektrá antibiotika účinkují jen na několik druhů bakterií či plísní, na rozdíl od antibiotik širokospektrých, jejichž pole působnosti (a tudíž i použití) je mnohem širší (například tetracykliny, chloramfenikol, ampicilin).

Rozdíly v mechanismech účinků v podstatě znamenají odlišnosti zásahových míst (různé buněčné struktury a procesy), na která antibiotika působí:

- ◆ Řada antibiotik působí negativně na **syntézu buněčné stěny** bakterií jako například známé peniciliny, vankomycin či cykloserin.
- ◆ Jiná antibiotika mohou zasahovat (opět negativně) do funkčnosti **plazmatické membrány**, z nichž je možno zmínit třeba polymyxiny, valinomycin, gramicidiny.
- ◆ Velký význam mají též antibiotika inhibující syntézu nukleových kyselin, kam patří mj. aktinomycin a rifamyciny.
- ◆ Nelze nezmínit antibiotika blokující **syntézu bílkovin** v bakterii. Sem se řadí známá antibiotika jako tetracykliny, chloramfenikol a streptomycin.

## Rezistence

„Zázračnost“ antibiotik v eliminaci mnohých (dříve smrtelných) onemocnění není však dokonalá, má jeden závažný háček zvaný rezistence (tedy odolnost některých organismů vůči antibiotikům). Rezistence může být přirozená nebo získaná. Přirozená rezistence znamená, že daný druh jako takový (bez jakékoliv genetické změny) není k určitému antibiotiku citlivý, neboť pro něj nenese zásahové místo (např. bakterii bez buněčné stěny nevádí antibiotikum poškozující syntézu buněčné stěny). Druhý typ rezistence představuje v současnosti mnohem závažnější problém, neboť bakterie původně citlivá se díky mutacím či různým genetickým přenosům náhle stává odolnou. Mechanizmy rezistence se uplatňují na různých možných úrovních - od zábrany vstupu antibiotika do buňky, přes degradaci molekuly antibiotika, aktivní vypuzování z buňky, až po změnu zásahového místa v buňce. U řady bakterií je běžná i vícenásobná rezistence proti několika antibiotikům současně. Původní předpoklad, že zavedení antibiotik ukončí jednou provždy nebezpečí infekčních onemocnění, tak dostal silnou ránu a pomalu se ukazuje, že problém léčby infekčních nemocí se vrací do před-antibiotického období (např. některé nemocnice v Evropě a Severní Americe jsou zaplaveny enterokokovými infekcemi, jejichž původci jsou odolní vůči všem klinicky doporučeným antibiotikům).

Zájemce o širší problematiku antibiotik odkazujeme např. na článek v časopise Vesmír 78 (129), 1999/1.

## IV.3.3. Průmysl a ostatní oblasti využití mikroorganismů

### IV.3.3.1. Čištění odpadních vod

Schopnosti mnohých mikroorganismů zpracovávat rozličné substráty je využito i při odbourávání odpadních produktů. Čistírny odpadních vod jsou jedním z nejvýznamnějších příkladů. Biologická fáze čištění zpravidla nastává po předchozí mechanické a chemické fázi. Existují dva druhy biologického čištění, a to čištění aerobní a anaerobní:

**Aerobní stupeň** probíhá v tzv. aktivačních nádržích, kde působí směs organismů (jako tzv. aktivovaný kal), složená z:

- 1) bakterií rodů *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, což jsou bakterie s nitrátovým dýcháním odstraňující dusičnany,
- 2) hub - plísní a kvasinek a
- 3) prvoků a hlístů.



Při tomto kroku vzniká užitková voda, která je dočištěována filtrací, aktivním uhlím, chlorací, odkyselením ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) a vysrážením těžkých kovů. Aktivovaný kal se částečně vrací do procesu čištění, část ho je zpracována anaerobně v tzv. vyhnívacích nádržích či je zahuštěn na hnojivo.

**Anaerobní způsob** čištění vody představují vyhnívací (metanizační) nádrže. Zpracovávají se tak zemědělské odpady bohaté na lignin a celulózu, z aktivovaného kalu se takto vytváří bioplyn. Anaerobní čištění zahrnuje 2 fáze:

- 1) Nemetanogenní, kde působí bakterie rozkládající celulózu jako např. rody *Clostridium*, *Acetivibrio*, *Ruminococcus*. V tomto kroku probíhá příprava substrátu pro druhou fázi;
- 2) Metanogenní, kde účinkují striktně anaerobní archebakterie produkující metan. Patří sem mj. rody *Methanobacterium*, *Methanococcus* apod.

Bioplyn tvoří okolo 65% metanu, dále asi 35%  $\text{CO}_2$  a trocha  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$  a  $\text{O}_2$ . Lze ho spalovat na teplo.

#### IV.3.3.2. Průmyslová produkce enzymů

Kromě mikroorganismů mohou různé enzymy produkovat též živočichové a rostliny. Mikrobní enzymové preparáty se průmyslově vyrábí kultivací speciálních kmenů bakterií a hub. Využití preparátů je především v různých průmyslových výrobcích, v potravinářství, zdravotnictví, analytice a výzkumu.

Typ a množství enzymu syntetizovaného určitou kulturou závisí především na genetické výbavě mikroorganismu, lze proto cíleně selektovat vysokoproduktivní mutanty nebo využít technik genového inženýrství k vnesení jedné nebo více kopií genu do buňky. Samozřejmě na kvalitu i kvantitu produkce enzymů má rozhodující vliv i složení živného media a podmínky kultivace mikroorganismů.

Enzymy se po kultivaci izolují z kultivačního media různými způsoby v závislosti na jejich povaze. Extracelulární enzymy stačí pouze centrifugovat nebo filtračně oddělit od biomasy organismů, pro izolaci intracelulárních enzymů je nutné nejdříve rozbít buňky je produkující a enzymy poté vyčistit filtrací, chromatograficky apod.

Příklady významných typů enzymů průmyslově produkovaných a využívaných jsou mj. např. amylolytické a proteolytické enzymy.

**Amylolytické enzymy, amylázy** štěpí škrob a využívají se proto hojně v potravinářství pro výrobu sirupů, v pivovarnictví, lihovarství i v textilním a papírenském průmyslu. Z mikroorganismů používaných k produkci amylas jsou to různé druhy bakterií rodů *Bacillus*, *Clostridium*, *Streptomyces*, některé plísně rodů *Aspergillus* a *Rhizopus*, též některé kvasinky, např. *Schwanniomyces occidentalis* nebo rod *Saccharomycopsis*.

**Proteolytické enzymy** štěpí peptidické vazby v bílkovinách. Z mikroorganismů produkují tyto enzymy hlavně bakterie rodu *Bacillus* a některé plísně z rodů *Aspergillus*, *Rhizopus* aj. Tyto enzymy mají široké využití např. při výrobě pracích a čistících prostředků, v potravinářství při výrobě sýrů a různých bílkovinných hydrolyzátů (např. sojová omáčka) a samozřejmě také ve zdravotnictví.

Výčet jak producentů, tak oblastí využití preparátů však zdaleka není úplný...

#### IV.4. Sinice a řasy

Sinice a řasy jsou převážně autotrofní organizmy s jednobuněčnou nebo mnohobuněčnou stélkou. Většina druhů má mikroskopické rozměry, ale najdeme mezi nimi i opravdové velikány dorůstající i několika metrů. Na první pohled se zdá, že setkat se s řasou není tak zcela běžné. Ale opak je pravdou - svět okolo nás je plný řas, pouze pro jejich nepatrné rozměry unikají naší pozornosti.

**Sinice (Cyanophyta)** společně s bakteriemi řadíme dnes mezi prokaryotní organizmy - nenajdeme u nich jádro, chloroplasty ani mitochondrie, fotosyntetické pigmenty jsou uloženy v organelách zvaných thylakoidy. Sinice jsou nejstarší organizmy s fotosyntézou rostlinného typu, přesto nepředpokládáme přímý vývoj rostlinných buněk ze sinic. Sinice často váží plynný dusík a poté ho redukuje na amonné soli, a toho člověk využívá. Od řas je odlišíme podle homogenní struktury buňky bez organel.

**Řasy (Algae)** jsou dnes považovány za polyfyletickou skupinu (zahrnují organizmy náležící do mnoha vývojových skupin, které spojuje pouze vodní a vlhké prostředí). Většinou se jedná o eukaryotické organizmy, které jsou převážně fotoautotrofní a nejsou zároveň vyšší rostlina. Tělo není členěné na pletiva a orgány, a proto ho označujeme jako stélka. Nejedná se tedy jen o organizmy z říše rostlin (Plantae), ale také i z dalších říší, např. z prvoků (Protozoa) je to oddělení krásnoočka (Euglenophyta). Rozdíly mezi říšemi nacházíme především ve stavbě buněčné stěny, ve složení fotosyntetických barviv nebo ve způsobu výživy.

Vědní obor studující řasy a sinice nazýváme algologie nebo též fykologie.

#### Využití sinic a řas

Nejstarší zmínky o řasách najdeme u národů obývajících mořské pobřeží. Ve staré Číně a v Koreji byly ruduchy a hnědé řasy tradiční součástí lidské potravy, často byly uváděny i jejich léčivé účinky. Botanický zájem o řasy projevil až v 18. století Carl Linné, ale studium mikroskopických řas bylo stále téměř vyloučeno vzhledem k malému rozšíření mikroskopu. Podstatně větší zájem o mořské řasy byl v 19. století, za dob objevných zámořských plaveb, kdy byla poznána většina mořských řas. Začátkem 20. století se také ukázalo, že řasy a sinice mohou být využity jako ukazatelé (bioindikátory) jakosti vody. Dnes člověk používá sinice a řasy nejen jako bioindikátory, ale i jako zdroj potravy a léků.

Nejvýraznější užitek z řas mají samozřejmě přímořské státy jako Japonsko, Čína a USA. V těchto státech existují velké fabriky přímo specializované na pěstování a následné zpracování řas. Nejvíce se sinice a řasy uplatňují v potravinářství, ve zdravotnictví a v mikrobiologii. Nejdůležitějšími skupinami řas jsou ruduchy, rozsivky a chaluhy. Látky získávané z řas nazýváme **fykokoloidy** (fykos = řasy).

**Sinice** jsou dnes velice perspektivní skupinou organizmů. Díky schopnosti vázat plynný dusík se používají při zúrodnování rýžových polí v Indii místo hnojiv (každý správný zemědělec má v Indii svou vlastní kulturu sinic). V Kazachstánu probíhaly dokonce i pokusy s využitím sinic při zúrodnování stepních půd.

Na důležitosti nabývá použití v biotechnologii, neboť sinice obsahují v sušině 60 - 70% proteinů (zelené řasy mají pouze 12 - 28%). V Japonsku a USA se ve velkém pěstuje *Spirulina*, která je lehce stravitelná, a proto je výborná pro pacienty s přísnou dietou. Obsahuje vysoké množství karotenu a vitamínu B12 (známy jsou i negativní zdravotní důsledky, které souvisí s vysokým obsahem nukleových kyselin - nutné je tedy dodržovat denní dávky).

Významné použití sinic je v biomedicínském výzkumu, kde se využívá výrazná fluorescence fykobilinů (vodorozpustné fotosyntetické pigmenty uložené na povrchu thylakoidů, např. modrý fykocyanin) sinic, které tak mohou nahradit radionuklidy při sledování metabolických procesů. V potravinářství se fykobiliny uplatňují jako netoxická a lehce stravitelná barviva.

**Ruduchy (Rhodophyta)** jsou řasy, které mají nejčastěji (ale ne vždy) červenavé zbarvení, díky kombinaci fotosyntetických barviv fykocyaninu a fykoerytrinu. Jedná se hlavně o mořské druhy, které se využívají jako potrava pro lidi, v lékařství, jako krmivo pro hospodářská zvířata a surovina pro výrobu bioplynu (Japonsko, Čína, Korea).

V tradičním východním lékařství se ruduchy využívaly při léčení různých chorob. Dnešní moderní výzkumy potvrzují oprávněnost těchto aplikací, např. použití druhu *Digenea simplex*, který obsahuje kyselinu kainovou, proti parazitickým červům. Nejnovější výzkumy dokazují, že specifické látky z druhu *Bifurcaria galapagensis* brzdí růst rakovinových nádorů.

V Japonsku se každý rok sklídí 133 tisíc tun stélek rodu *Porphyra* (japonsky zvané „nori“), které jsou významným doplňkem v potravě. Japonsko je také významným producentem **agaru**. Jedná se o hmotu získávanou ze stélek mořských řas (*Gelidium*, *Gracillaria*) extrakcí v horké vodě. Z chemického hlediska jsou to polygalaktany s vysokým množstvím sulfonových skupin. Agar je nejdůležitější surovinou pro výrobu živných půd v laboratoři. Používá se také pro výrobu potravinářských rosolů, není ale pro člověka stravitelný.

### **Agarové půdy**

První agarové bakteriologické půdy byly zavedeny již v 19. století Robertem Kochem (1882). Výhodou tohoto živného média, na rozdíl od želatiny, je to, že ho většina mikroorganismů nerozkládá. Tento objev je spojen s následující historkou. Koch měl spolupracovníka Hesse, který si doma stěžoval své manželce, že želatina, na které s Kochem kultivují, je hrozná. Taje již při 28 °C a je požírána všemi možnými mikroorganismy, které zhoršují kultivaci. Paní Hessová si vzpomněla na látku, kterou babička používala v tropech, aby své džemy a marmelády udržela v ztuhlém stavu. Agar totiž vydrží v ztuhlém stavu až do 45 °C a ještě k tomu ho většina mikrobů nedokáže štěpit. A tak možná právě díky paní Hessové používáme dnes agar. Co je na tom pravdy, posuďte sami.

Velice podobný agaru je **karagen**, který na rozdíl od agaru není tak tuhý a vyrábí se ze stélek ruduch *Chondrus crispus*. Výroba karagenu je soustředěna na atlantské pobřeží Spojených států, kde roční produkce činí až 10 tisíc tun.

#### Využití karagenu

- je obsažen jako tužidlo v mlékárenských výrobcích - zmrzlina, koktejly, zákusky, dorty atd.
- používá se při výrobě pokrmů pro redukční dietu, protože je nestravitelný
- přidává se do zubní pasty, aby se Vám „udržela“ na kartáčku
- slouží v textilním a kožedělném průmyslu k impregnaci a klížení

**Hnědé řasy** (oddělení **Chromophyta**) jsou skupinou zahrnující veliké množství druhů, od jednobuněčných rozsivek až po obrovské mořské chaluhy. Hnědé řasy jsou bohaté na minerální látky, bílkoviny a vitamíny, a proto se používají ve zdravotnictví. Upravují zejména krevní tlak a omezují oběhové choroby. V Japonsku, Číně a v Koreji se stélky rodů *Undaria* a *Laminaria* upravují jako pokrm. V roce 1967 dosáhla v Japonsku roční produkce čerstvých řas 160 tisíc tun. V posledních letech se zužitkovávají hnědé řasy i v Rusku, kde se prodávají dokonce i konzervy z laminarie pod názvem „morskaja kapusta“. U nás se s výrobky z hnědých řas můžete setkat v některých obchodech se zdravou výživou.

Třída **rozsivky (Bacillariophyceae)** jsou nejrozšířenější skupinou řas. Jedná se o jednobuněčné organizmy žijící samostatně nebo v koloniích, které mají dvoudílnou křemitou schránku. Můžeme se s nimi setkat prakticky všude - ve vodním prostředí, na smáčených skalách, ale i v povrchové vrstvě půdy nebo ve vzduchu (aeroplankton). Ze čtvrtiny se podílejí na primární produkci rostlin a tvoří tak významnou část potravních řetězců. Znalost rozsivek má velký význam pro vodohospodářskou praxi. Dlouhodobá pozorování potvrdila, že složení rozsivkových společenstev citlivě reaguje na znečištění odpadními vodami a tak je možné rychle odhalit zhoršení kvality vody. K rozsivkám je soustředěna pozornost i v biotechnologii. Výzkum je zaměřen na získávání oleje, který tyto řasy produkují jako zásobní látku. Prázdné schránky rozsivek mohou v místech masového výskytu dát vznik rozsivkové zemině, tzv. **křemelině** (diatomit). Během druhohor vznikaly mohutné vrstvy diatomitu, které se dnes těží. Nejlepší diatomit slouží ve farmacii jako filtrační a absorbční materiál, méně hodnotný se používá jako lehký izolační materiál. Konečně diatomit napuštěný nitroglycerinem si nechal Alfred Nobel patentovat jako nový druh výbušniny - dynamit.

Zástupci třídy **chaluhy (Phaeophyceae)** jsou až na malé výjimky obyvatelé moře. Mohutné porosty na březích Skandinávie, na Faerských ostrovech a na Islandu spásají ovce. Na druhou stranu tyto řasy produkují fukosan, patřící mezi fenoly, který má bakteriostatické účinky a některé býložravce odpuzuje. V zemědělství se stélky kompostují a upravují tak, aby se nejlépe využil vysoký obsah dusíku, draslíku a stopových prvků. Stélky vyvržené příbojem se také odedávna používaly jako palivo, hnojivo nebo surovina pro výrobu sody, uhličitanu draselného (potaš) a jódu.

## **Algináty**

Důležité produkty z hnědých řas jsou algináty. Jejich výroba je soustředěna na tichomořském pobřeží USA, kde dosahuje 15 - 17 tisíc tun ročně. Algináty se uplatňují v potravinářství pro stabilizaci zmrzlin, krémů, k výrobě alginátového cukroví a přípravků pro redukční dietu. Při výrobě vín a piva se zavádí alginátový přípravek obsahující kvasinky rozptýlené v tuhém alginátovém gelu. Předností přípravku je velký kvasný povrch s možností opakovaného použití.

**Zelené řasy** (oddělení **Chlorophyta**) tvoří počátek mohutné vývojové větve směřující k zeleným rostlinám. Hospodářský význam této skupiny spočívá především v bioindikaci. Biotechnologicky významnou řasou je zelenivka (*Chlorella*), která je pěstována ve velkoobjemových kulturách. Získaná biomasa se upravuje k různým účelům, např. jako přírodní léčivo (*Chlorella tabs*), přísada do těstovin, do kosmetických přípravků nebo v zemědělství do krmných směsí. Hrozí tu ale opět zdravotní riziko jako u sinic (vysoký obsah nukleových kyselin), a proto je nezbytné dodržovat denní dávky.

Sinice a řasy nám samozřejmě nepřinášejí jen užitek. Celá řada druhů nám život dokáže také pěkně zkomplikovat. Např. živé sinice produkují velké množství látek, z nichž některé jsou toxické. Za nejnebezpečnější jsou považovány **anatoxiny**, které produkuje *Anabaena flos-aquae*.

V nádržích s vysokým obsahem dusíku a fosforu dochází k masovému nárůstu sinic a vytváří se tzv. **vodní květ** (viz kap. III.4.1.). Přemnožení některých druhů řas má na svědomí zhoršení kvality pitné vody - např. hnědé řasy **zlativky** (**Chrysophyceae**) nebo rozsivky.

**Obrněnky** (oddělení **Dinophyta**) jsou převážně bičíkovci, kteří patří mezi nejtoxičtější organizmy v mořském fytoplanktonu. Produkují nebezpečný **saxitoxin**, který přes potravní řetězce působí hromadné otravy ryb a mořských bezobratlých (chobotnice, ústřice). Jestliže rybáři dodají do restaurací takto znehodnocené úlovky, dochází k těžkým otravám lidí.

## **Bioindikace pomocí společenstev řas a sinic**

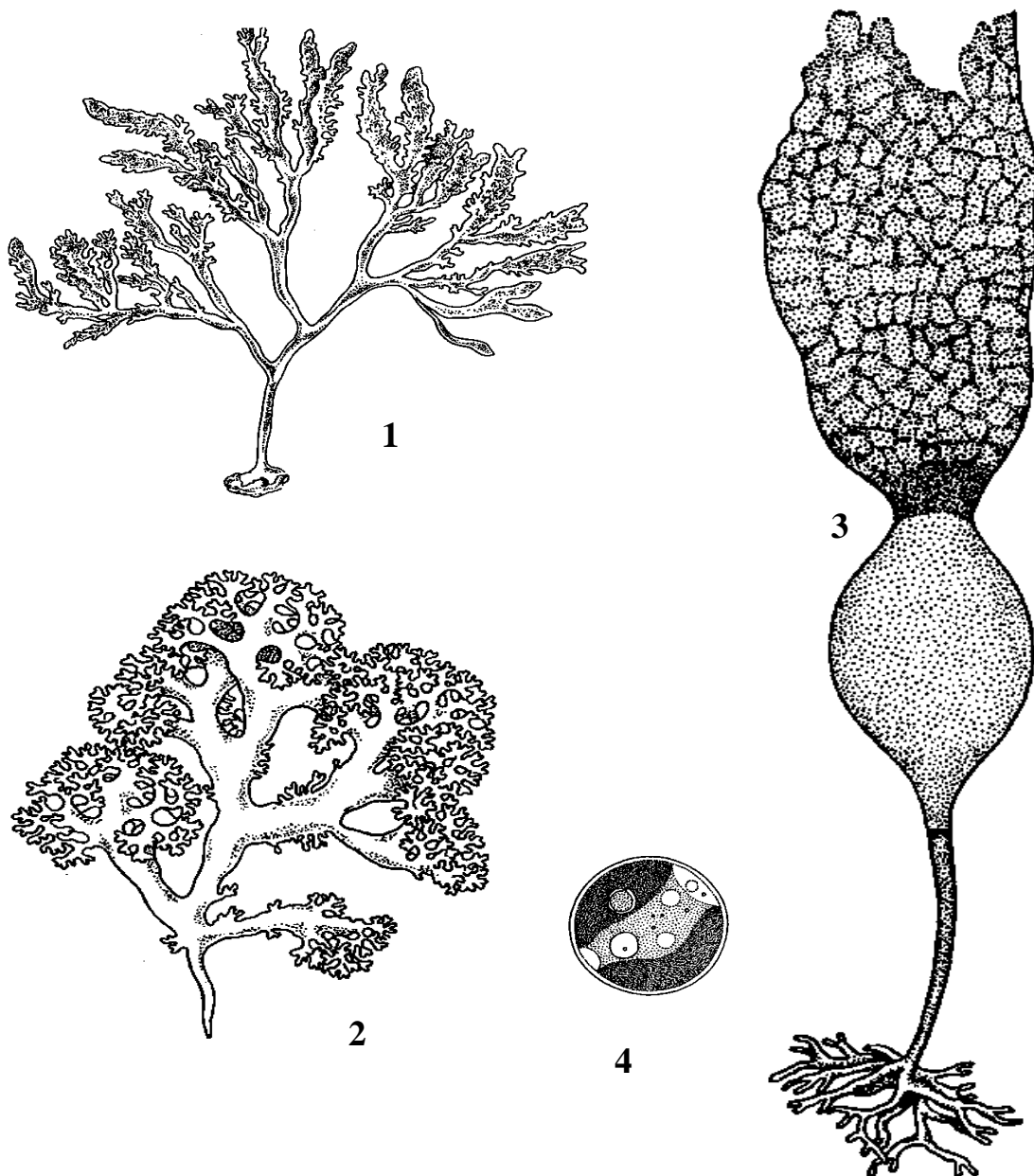
Již na počátku 20. století Kolkwitz a Marson stanovili společenstva řas a dalších organismů, které se vyskytují v sladkovodních nádržích a vodních tocích s určitým stupněm antropogenního znečištění. Běžné analytické metody ke stanovení jednotlivých částic prvků a sloučenin nestačí podchytit všechny změny, a proto nedílnou součástí je také **rozbor biologický**.

### **Podle obrazu biocenózy rozeznáváme 5 stupňů znečištění (saprobie).**

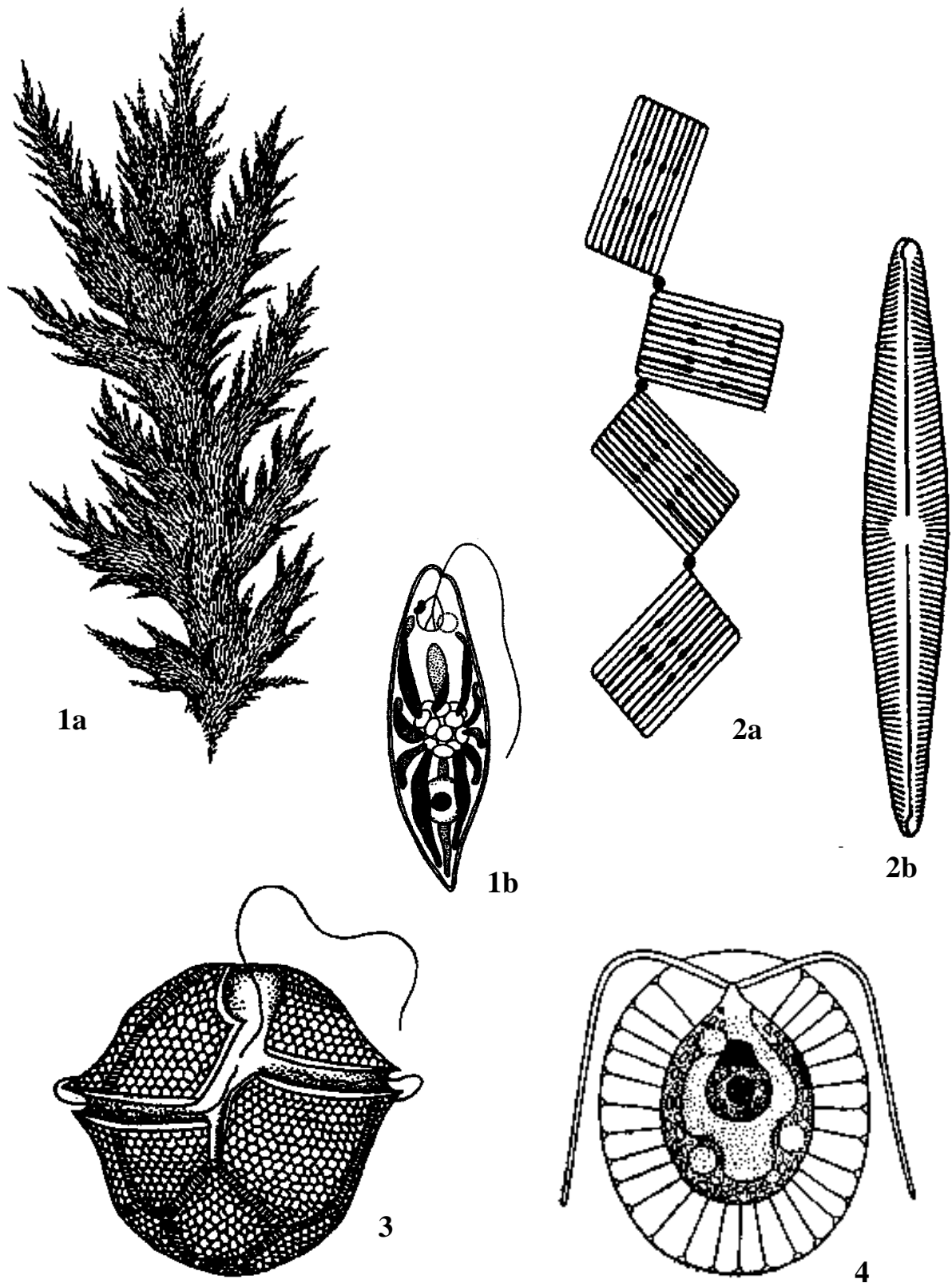
Xeno-, oligo-, betamezo-, alfamezo- a polysaprobni vody. Nejčistší vody jsou xenosaprobiontní, naopak vody s největším znečištěním jsou polysaprobni. Pro každý z uvedených stupňů znečištění je typický výskyt jiných druhů řas a sinic (viz obr. č. 5). Znečištění může být např. železem, manganem, sirovodíkem.

Úživnost vody (trofie) je dána obsahem biogenních prvků. Míru úživnosti můžeme posoudit podle převahy určitých systematických skupin řas a sinic, které ve vzorku převládají.

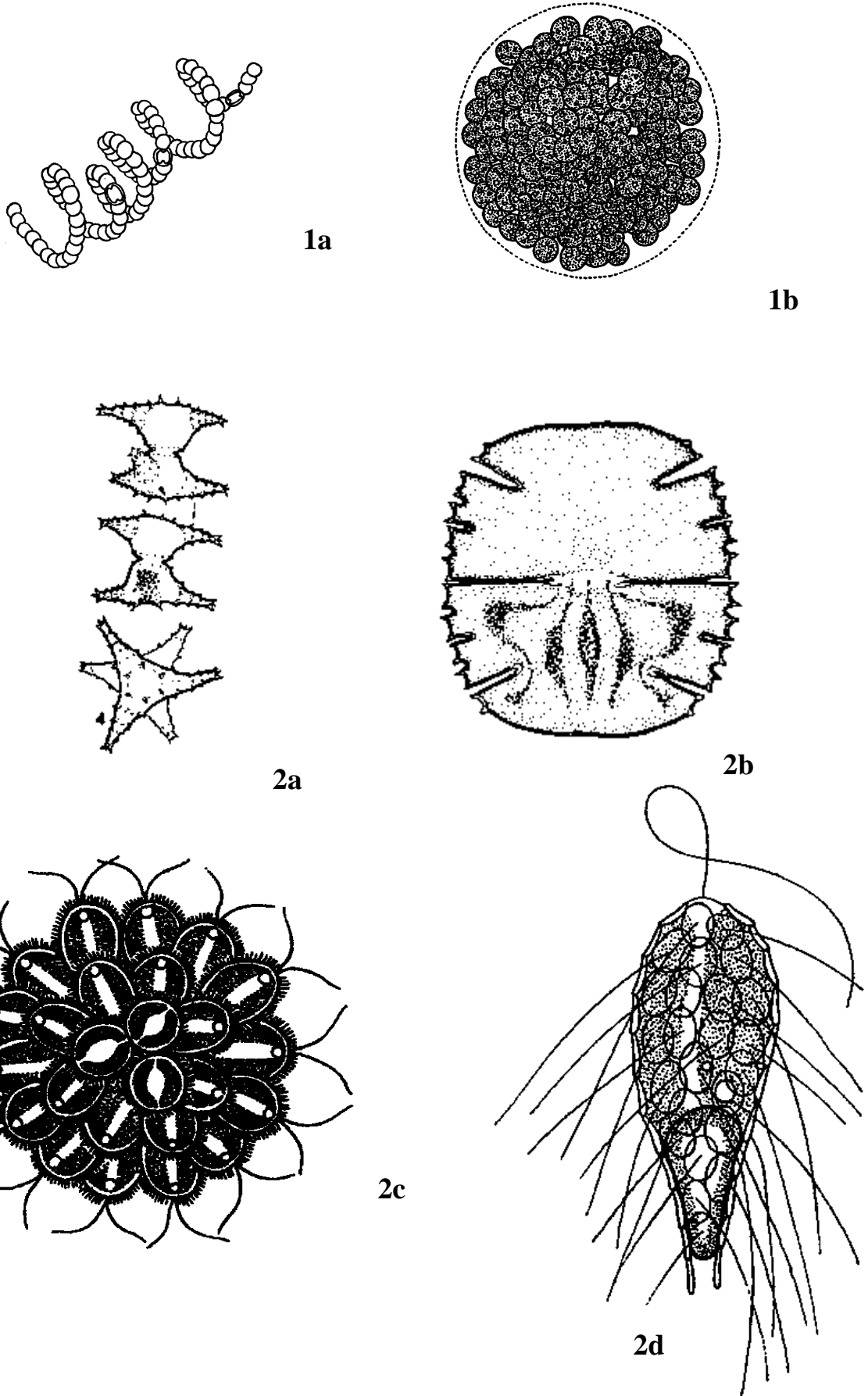
Rozeznáváme 3 stupně trofie a to : oligo-, meso- a eutrofní. Oligotrofní vody se vyznačují malou dostupností živin a malou produkcí organické hmoty. V těchto vodách převažují zástupci ze skupin zlativky (Chrysophyceae) nebo krásivky (Desmidiiales). Naopak vody s vysokou dostupností živin a s občasnou (často velice „skočnou“) produkcí organické hmoty označujeme jako eutrofní. V těchto vodách nacházíme typické zástupce vodního květu (viz obr. č. 6).



**Obr. č.4. Využití řas v biotechnologii :** 1. výroba agaru z ruduch (Rhodopyta): *Gigartina*, 2. výroba karagenu z ruduch (Rhodophyta): *Chondrus crispus*, 3. výroba alginátů z hnědých řas (Phaeophyceae): *Laminaria*, 4. výroba přírodních léčiv a přísad do těstovin ze zelených řas (Chlororophyta): *Chlorella vulgaris*



**Obr. č.5. Bioindikace :** 1. znečištění (saprobity) : a) vody xenosaprobní: *Hydrurus foetidus* (makroskopický vzhled 3-5 cm, kameny v horských potocích, zlativky-Chrysophyceae), b) vody polysaprobní: krásnoočko *Euglena viridis* (Euglenophyta), **Řasy zhoršující kvalitu pitných vod:** 2. rozsivky a) *Tabellaria* sp. b) *Navicula* sp., 3. obrněnka (*Peridinium* sp., Dinophyta), 4. *Haematococcus pluvialis* (zelené řasy-Chlorophyta) – nevíтанý host v bazénech



**Obr. č.6. Úživnost (trofie) vod :** 1. eutrofní vody zástupci sinic a) *Anabaena flos-aquae* b) *Microcystis aeruginosa*, 2. oligotrofní vody krásivky (Desmidiáles): a) *Staurastrum* sp. b) *Micrasterias truncata*, zlativky: (Chrysophyceae) c) *Synura* sp. d) *Mallomonas* sp.



## **Apendix 1: ŠLECHTITELSTVÍ**

Pravděpodobně už na samém počátku zemědělství, tedy chovu živočichů a pěstování rostlin pro obživu, musel být lidem zřejmý vztah mezi vlastnostmi rodičů a potomků (ačkoli s vysvětlením přišla moderní genetika až mnohem později). Pro rozmnožování užitkových organismů byli proto vybíráni jedinci, kteří se vyznačovali vlastnostmi výhodnými z hlediska užitkovosti nebo jinak zajímavými (např. tvar rohů u skotu či barva slupky jablek). Tento řízený výběr byl první metodou šlechtitelství. Klasické šlechtění zahrnuje také křížení jedinců (odrůd, plemen, kultivarů) s vybranými vlastnostmi, jejichž kombinace by mohla být výhodná (např. jedna z rodičovských odrůd poskytuje vysoký výnos, zatímco druhá je odolná proti suchu). Výběr mezi potomky takového křížení je zaměřen právě na zamýšlené kombinace vlastností (v našem příkladu mohou totiž pochopitelně vznikat i kříženci s nízkým výnosem a velkými nároky na vláhu a jiní).

Šlechtitelství je založeno na rozpoznání a výběru náhodných jevů - vzniku nových variant genů (alel; pomocí mutací) nebo nových kombinací vlastností přítomných u rodičů. Protože ke vzniku nových alel dochází za běžných podmínek poměrně zřídka a navíc pouze menšina z nich přináší užitek, je v posledních desetiletích četnost mutací při šlechtění rostlin uměle zvyšována ozařováním osiva nebo mutagenními látkami.

### **Klasické šlechtitelství**

Klasické šlechtitelství je založeno na vzájemném křížení jedinců nesoucích výhodné vlastnosti s cílem získat potomstvo, které ponese výhodné vlastnosti obou rodičů, ale zároveň bude vykazovat co nejméně vlastností negativních. Takovýto postup je možné použít i bez znalosti genetických zákonů a principů. Objevení Mendelových genetických zákonů ovšem umožnilo daleko efektivnější genetickou práci. Známe-li, kolika a jakými geny jsou sledované vlastnosti podmiňovány, pak při znalosti těchto zákonů můžeme křížení naplánovat tak, abychom co nejdříve a s největší pravděpodobností získali jedince, u kterého jsou kladné vlastnosti nakumulovány a záporné potlačeny.

Cílené křížení dvou přesně známých jedinců je možné provádět v laboratoři, ve skleníku nebo nějakém chovném zařízení. Hovoříme o kontrolovaném křížení. Takovýto postup je velmi častý a je využitelný zejména tehdy, sledujeme-li jednu a nebo několik málo vlastností. Příkladem může být třeba šlechtění růží. Kontrolované křížení je možné provádět i ve venkovních podmínkách, například u šlechtění ovocných stromů. V tomto případě je však nutné provádět sterilizaci kvítků (odstranění tyčinek ve stádiu poupěte) aby nedošlo k samoopylení. Šlechtitel musí navíc vhodným obalem zabránit hmyzu v přístupu k cíleně opylovaným květům.

Sledované znaky jsou však velmi často podmíněny mnoha geny a je tedy nutné vytvořit velké množství potomstva, které musí být vypěstováno na poli nebo odchováno v masovém chovu. Slibně vypadající jedince je možné použít pro další křížení.

Často však není možné provádět kontrolované křížení. Důvodů může být několik. Buď není možné kontrolovat samotný vznik potomstva. To byl případ šlechtění včel, do té doby, než byla relativně nedávno vypracována metoda umělé

inseminace matek. Za přirozených podmínek mladá včelí matka vyletí z úlu a ve velké výšce se páří hned s několika trubci, jejichž původ šlechtiteli samozřejmě naprosto uniká.

Dalším důvodem, proč nelze cíleně křížit v laboratoři, skleníku apod. může být povaha vlastního znaku. Příkladem může být třeba poléhavost pšenice. Tuto vlastnost můžeme sledovat až v polních podmínkách. Je tedy nutné zasít celé políčko šlechtěné pšenice a pak teprve provádět selekci. A je vám určitě jasné, že v takovýchto podmínkách je kontrolované křížení opět nemožné.

Selekce v takovýchto podmínkách se provádí například vytrháváním nevhodných jedinců před obdobím kvetení, následuje masová sklizeň osiva, výsadba druhé generace a opakování celého postupu. Je možné provádět i pozitivní selekci (výběr vhodných jedinců). V takovém případě sbíráme semena pouze z nich a ta používáme pro další pěstění. Tento postup je technicky náročnější.

Selekce ve velkém je možná pouze u plodin, které mají vysoký podíl samosprašení. U plodin, které jsou vysoce cizosprašné (vojtěška, jetel) je nutné hodnotit celkový porost. V takovém případě je téměř nemožné vytvořit stav, kdy každá rostlina nese požadované geny, a proto bývá šlechtěna celá populace k tomu, aby nesla požadované geny v co největším měřítku.

Nově vyšlechtěná odrůda nebo plemeno prochází přísnými státními zkouškami a je zaregistrováno. Je popsán standard (u rostlin také uložen) a odrůda, či plemeno je dále množeno tak, aby se tento standard udržel. Jakékoliv další zlepšování je v tomto případě nežádoucí. Standard rostlin je též možné udržet v podobě vysušených a dobře uložených semen nebo tzv. kryoprotekcí (zmrazením buněk) a jinými umělými postupy.

Registrovaná plemena a odrůdy by měly být ustálené. To znamená, že ve sledovaných znacích jsou většinou homozygotní a v dalších generacích nedochází k vyštěpování jiných fenotypů.

V praxi se však ukázalo, že kříženci se často vyznačují vyššími výnosy a vitalitou než ustálené odrůdy. Jak je možné udržovat takového křížence, když dochází ke štěpení v dalších generacích? Jak připravit osivo k osevu mnoha tisíců hektarů tak, aby se jednalo o křížence dvou registrovaných odrůd?

Udržování hybridních linií spočívá v udržování mateřských homozygotních linií. Kříželec se potom průběžně připravuje znovu a znovu. Jak to probíhá? Bývají prováděny společné výsevy obou mateřských odrůd tak, že převažuje ta, která má být linií mateřskou. Poměr bývá 2:1 - 4:1. Sklizeň z takového pole je použita jako osivo (komerční) obsahující velmi vysoký podíl požadované hybridní linie.

## **Molekulárně biologické metody šlechtitelství, GMO**

Pokrok v molekulární biologii umožnil vysvětlení mnoha vlastností a životních pochodů nejrůznějších organismů na úrovni genů, které je určují a ovlivňují. Metody genového inženýrství umožnily v některých případech funkci těchto genů (vlastních danému organismu) pozměnit a tím cíleně ovlivnit vlastnosti užitkových organismů, vznikají tzv. **geneticky modifikované organizmy (GMO)**. Tyto postupy jsou obecně platné, použitelné a používané jak pro šlechtění rostlin, tak i živočichů. Příkladem může být topol, u kterého byla snížena funkce genů nezbytných pro tvorbu ligninu.

Jeho dřevo, které obsahuje této látky méně než u planého stromu stejného druhu, lze tak snadněji zpracovat (s využitím méně mechanické práce a chemikálií škodlivých životnímu prostředí) při výrobě buničiny a papíru. V jiném případě byli zvýšením aktivity genu pro růstový hormon u lososa získáni jedinci, kteří rostou zřetelně rychleji než výchozí forma. Jednou z prvních komerčně úspěšných geneticky modifikovaných polních plodin bylo rajče s inaktivovaným genem pro enzym, který v době zralosti plodů odbourává složky buněčné stěny a tím způsobuje měknutí plodů. Modifikovaná rajčata se vyznačují delší trvanlivostí.

V dosud uvedených příkladech jde o změny genetické informace, které by bylo možno nalézt s určitou pravděpodobností i v populaci žijící bez zásahů genového inženýrství. Bylo by ovšem zapotřebí sledovat veliké množství jedinců po dlouhou dobu a šlo by o náhodu. Vzhledem k tomu, že genetický kód platí (s výjimkami) univerzálně pro všechny živé tvory, lze přenášet geny (a s nimi i požadované vlastnosti) i mezi velmi rozdílnými organizmy nebo dokonce vytvářet geny zcela nové, které se dosud nevyskytují v žádném organismu. Jednou z nejrozšířenějších geneticky modifikovaných rostlin je tzv. Bt-kukuřice. Zkratka Bt v tomto případě znamená *Bacillus thuringiensis*, bakterie, která produkuje protein specificky jedovatý pro hmyz. Kukuřice, která nese aktivní formu tohoto genu, se stává jedovatou pro některé hmyzí škůdce (např. zavíječe) a není proto nutné na její ochranu používat tolik insekticidů (jedů proti hmyzu), které jinak poškozují životní prostředí. Vložením cizorodých genů je možné vytvořit plodiny s vrozenou (lépe řečeno vloženou) obranyschopností vůči virům. Stejně tak je možné vytvořit plodiny rezistentní vůči bakteriálním nebo houbovým patogenům. Vytvořit posledně zmiňované rezistence se však v praxi zatím příliš nedaří.

Obdobnou strategií, byť s jistým opačným důsledkem, je vytváření rostlin rezistentních vůči herbicidům (jedy proti rostlinám). Schopnost odolat dávce herbicidu rostlina získá opět vložením cizího genu. V polní praxi je pak možné takovouto plodinu udržovat mnohem snadněji bez plevele. Pole může být postříkáno v období, kdy je plevel nejzranitelnější, např. v období klíčení. Jenže v tomto období klíčí i naše plodina a nebyť vloženého genu, ošetření herbicidem by nepřežila. Jelikož je ale plodina rezistentní, může být pole ošetřeno účinněji, s vynaložením menší dávky herbicidu. Je ovšem možné postupovat i jinak. Například postříkat pole daleko vyšší koncentrací herbicidu, než bychom si mohli dovolit u běžné plodiny. Plevelným rostlinám tak nedáme žádnou šanci. Takové ošetření můžeme provádět daleko častěji. Tento postup tedy nemusí používání chemie v zemědělství omezovat, ale naopak jej někdy podporuje. Vždy se však jedná o přípravky, u kterých výrobce deklaruje rychlý a totální rozklad. Příkladem může být přípravek Round-Up a rostliny vůči němu rezistentní se pak nazývají „Round-Up Ready“ plodiny. Takovéto postupy se dnes používají zejména v produkci sóji, řepky a dalších.

Dosud popsané GMO rostliny řadíme do tzv. 1. generace transgenních (čili cizí gen nesoucích) plodin. Jedná se o rostliny, které jsou výhodné zejména z pohledu pěstitelů. Konzument může mít užitek pouze nepřímý, např. jedná-li se o rostlinu, která je rezistentní vůči patogenu a tudíž nemusí být chemicky ošetřována. Tyto plodiny byly pěstitelskou i laickou veřejností přijaty poměrně dobře v USA a východní Asii. V Evropě se však neprosadily a jsou laickou veřejností rezolutně

odmítány. Způsobily to aktivity různých hnutí a rozsáhlé mediální kampaně vrhající na tyto rostliny špatné světlo.

Jako druhá generace GMO bývají označovány plodiny, které přináší již naprosto neoddiskutovatelný přínos přímo konzumentovi. Příkladem mohou být geneticky modifikované organizmy, které obsahují „navíc“ látky doplňující vhodným způsobem jídelníček lidí nebo hospodářských zvířat. V oblastech východní Asie, kde chudší vrstvy společnosti trpí nedostatkem vitamínu A, vzbuzuje velkou naději tzv. zlatá rýže. Její jméno je odvozeno od žlutavé barvy způsobené poměrně vysokým obsahem beta-karotenu, provitamínu A. Slibné jsou pokusy s tzv. jedlými vakuinami, rostlinami (např. zeleninou - brambory), které produkují části virů nebo bakterií způsobujících některé choroby. Pojídání těchto plodin by mohlo působit jako očkování proti těmto nemocím.

Nejdéle a nejúspěšněji jsou hospodářsky využívány geneticky modifikované mikroorganismy, ať se jedná o bakterie, kvasinky nebo další. S jejich pomocí je vyráběno mnoho chemických látek využívaných v potravinářském, farmaceutickém i dalších odvětvích průmyslu. Mikroorganismů lze ovšem využít i k přípravě proteinů, které slouží k léčbě pacientů s nedostatečnou tvorbou dané bílkoviny. Jako příklady mohou posloužit kvasinky, které z uměle vloženého lidského genu produkují inzulin (pomáhající proti cukrovce) nebo lidský růstový hormon (léčba nanizmu - trpaslictví).

Kromě toho v podstatě všechny kmeny mikroorganismů používaných v laboratoři jako nástroje pro molekulární biologii a genové inženýrství byly upraveny tak, aby lépe vyhovovaly svému účelu.

### **Jak probíhá genetická modifikace?**

Základním nástrojem je tzv. vektor, tedy molekula DNA schopná udržet se a množit (replikovat) se v buňce. Obvykle se jedná o plazmid. Do tohoto vektoru je vložen požadovaný úsek DNA (gen) a vzniklá molekula vnesena (neboli transformována) do příhodného kmenu bakterie *Escherichia coli*. Ta slouží k vytvoření dostatečného množství plazmidu pro transformaci cílového organismu (živočicha, rostliny či jiného). Po úspěšné transformaci cílového organismu čeká plazmid jeden ze tří následujících osudů:

- udrží se v buňce samostatně - pouze v případě některých vektorů
- dojde ke vložení vnesené molekuly DNA do náhodného místa v genomu hostitelské buňky
- pokud vnesená molekula DNA obsahuje úsek velmi podobný nějakému úseku chromozomální DNA, může dojít k vložení do tohoto místa procesem tzv. homologní rekombinace (podobně jako při crossing overu během meiózy); četnost homologní rekombinace záleží na cílovém organismu: je běžná u kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, poměrně vzácná v savčích buňkách, ale velmi neobvyklá v buňkách rostlin

Aby bylo možno odlišit buňky nesoucí žádaný plazmid od netransformovaných, musí plazmid obsahovat gen, jehož přítomnost lze snadno ověřit. Tím může být např. gen rezistence k určitému antibiotiku, ke kterému je jinak buňka citlivá (pro *E. coli* kupř. ampicilin, pro eukaryotní buňky hygromycin aj.). Pokud po transformaci přidáme buňkám či celým organismům odpovídající látku, přežijí pouze transformovaní jedinci.

Genetické modifikace obratlovců narážejí, narozdíl od mikroorganismů a rostlin, na závažný technický problém. Je totiž velmi obtížné z jedné modifikované buňky vypěstovat celého životaschopného jedince. Pouze tento postup přitom zaručuje, že změna genetické informace bude přítomna ve všech buňkách organismu.

Genové inženýrství umožňuje pokrok v přístupu k vytváření nových forem užitkových organismů. Jde však o novou technologii, která není prověřena dlouhodobými zkušenostmi, a proto je třeba pečlivě pozorovat, zda nedochází k nějakým nepříznivým vedlejším účinkům.

- Mezi nejčastěji uváděná možná rizika využívání GMO patří snížení biodiverzity v okolí převládnutím transgenních rostlin či živočichů po jejich uniknutí do volné přírody (tj. zanedbatelné je zvýšení biodiverzity vnesením nového genu).

- V krajích, kde se vyskytují planě rostoucí rostliny, které jsou schopny se s transgenní plodinou křížit, hrozí „znečištění“ jejich genomů cizím genem po opylení pylem z modifikované rostliny. Ačkoli pokusná pole bývají oddělena od ploch s příbuznými plodinami různě širokými pásy např. zcela jiné vegetace, pyl může být přenesen až do vzdálenosti několika kilometrů.

- Poměrně velmi vzácně dochází k přenosu genetické informace mezi nepříbuznými druhy organismů i bez pomoci člověka. Nejvíce náchylné k přijetí DNA z okolí jsou bakterie. Navíc si bakterie různých druhů mohou předávat části genetické výbavy mezi sebou. Jak bylo uvedeno v rámečku „Jak probíhá genetická

modifikace?“, vektor vnesený do buňky při transformaci obvykle obsahuje gen způsobující odolnost k nějakému antibiotiku. A právě tento gen by mohl být využit baktériemi, které způsobují nemoci člověka či hospodářských zvířat k získání rezistence vůči danému antibiotiku a tím komplikaci léčby.

Mnohem méně pravděpodobný, ale teoreticky možný, je přenos cizorodého genu (např. odolnosti k určitému herbicidu - jedu proti rostlinám) do nepříbuzných rostlin v okolí pole. Tím by vznikly odolné plevele, kterých by bylo obtížné se zbavit. Tento argument poukazuje na fakt, že genové manipulace neznamenají něco zcela nepřírozeného, nýbrž pouze cíleně vytvářejí situaci, která by přirozenou cestou vznikla jen s malou pravděpodobností.

Přenos úseků DNA (tedy i genů) mezi obratlovci (tedy i do lidských buněk) mohou zprostředkovat některé viry. To je jeden z důvodů, proč nedošlo doposud k významnějšímu komerčnímu využití žádného hospodářského zvířete s uměle upraveným genomem.

- Obavy budí i potravinové alergie lidí. Pokud je např. někdo alergický na sóju a požije výrobek z kukuřice nesoucí určitý gen původem ze sóji, nevzbudí to alergickou reakci? Alergická reakce však bývá obvykle namířena proti jedné či několika málo strukturám přítomným v buňkách dané plodiny (antigenům). Pravděpodobnost, že z deseti tisíců sójových genů právě ten použitý k vylepšení genomu kukuřice způsobí vznik této struktury v hostitelské rostlině, je malá.

- Další vedlejší účinky je často těžké odhadnout. Bylo například vysloveno podezření, že pokud pyl z výše uvedené Bt-kukuřice (jedovaté pro housenky motýlů) popráší listy klejichy (*Asclepias*) rostoucí okolo polí, může způsobit otravu housenek motýla monarchy stěhovavého, které se těmito listy živí. Výsledky opakovaných pokusů však nejsou jednotné.

Geneticky modifikované užitkové rostliny přinášejí ekonomický užitek, který způsobil v Severní Americe masové rozšíření transgenní sóji, kukuřice, řepky olejky a dalších plodin. V Evropě převládá vůči GMO negativní postoj, který pramení z větší konzervativnosti, ale také z hlasité kampaně organizací zabývajících se životním prostředím, např. Greenpeace. Tyto organizace varují před možnými riziky, ale uchylují se i k neracionální argumentaci a zkreslování některých skutečností. Navíc informovanost veřejnosti o podstatě genetických modifikací a molekulární podstatě genetiky je v České republice, ale i v zemích Evropské unie, velmi nízká. Například 44% z 2 000 dotázaných občanů Rakouska a Německa (kde mají „ekologické“ organizace silnou podporu veřejnosti) odpovědělo, že geny obsahuje pouze takové rajče, které bylo geneticky modifikováno (záporně odpovědělo 35%). Ze stejného souboru lidí se 35% domnívalo, že po snědení potravin z GMO se jejich vlastní geny mohou změnit (33% odpovědělo ne). Tento stav je mimo působení řady objektivních příčin výsledkem politických a ekonomických vlivů v Evropské unii (blíže viz Drobník).

Možnosti využití GMO v budoucnosti jsou opravdu široké. Poznání podstaty dalších dějů v živých organizmech a pokroky v metodách genového inženýrství umožní zlepšovat i užitné vlastnosti organismů, které dosud nebyly hospodářsky významné. Technologie GMO však lze využít i pro jiné obory než zemědělství. Ve fázi

laboratorního testování jsou prasata přizpůsobená imunitnímu systému člověka, která by se mohla stát zdrojem orgánů pro transplantace do lidských pacientů. V technice by se zase mohla uplatnit vlákna na bázi proteinů tvořících hedvábí či pavučiny, které by byly produkovány ve větším množství např. v mléce. Postupně jsou identifikovány geny, které zodpovídají za vznik alergenních struktur v různých plodinách. Lze si snad představit lepší náhražku lískových oříšků pro alergiky než lískové oříšky, na které by nebyli alergičtí?

Přes nesporné výhody využívání GMO nelze podceňovat rizika spojená s jejich rozšířením a je třeba důsledně testovat vedlejší vlivy u každého nového modifikovaného organismu. Na mezinárodní úrovni se touto otázkou zabývá tzv. Cartagenská dohoda (vytvořená v Montrealu v roce 2000), kterou však dosud neratifikoval dostatečný počet států, aby nabyla platnosti.

NETUŠILA JSEM, ŽE JSI SE DALA NA  
UNDERGROUND.



## **Apendix 2: MODELOVÉ ORGANIZMY**

Život ostatních organismů jsme přizpůsobili svému nejen v našich domácnostech, polích a zoologických zahradách, ale v neposlední řadě také v laboratorních chovech. K laboratorním účelům se používají jak organizmy domestikované již dávno, tak rostliny a zvířata šlechtěná poměrně krátkou dobu, i divoké druhy, jež pěstování a chov v zajetí dosud nezměnil. Modelové organizmy jsou nepostradatelné pro mnoho biologických věd, například pro molekulární a buněčnou biologii nebo vývojovou biologii, kde umožňují postupně odkrývat tajemství života. Velký význam mají laboratorní zvířata v lékařství, ať už pro lékařský výzkum, testování léčiv nebo produkci antisér. Výzkumy prováděné na modelových rostlinách zase nacházejí uplatnění v zemědělství a zahradnictví.

### **Vlastnosti modelového organismu**

Dobry modelovy organismus musí mít několik vlastností. Pro snadný chov v laboratoři je vhodné rychlé rozmnožování a malá náročnost na životní podmínky. Krátký životní cyklus je také výhodný kvůli urychlení pokusů. Modely používané v molekulární biologii by měly mít co nejmenší genom (tj. co nejméně nekódujícího materiálu v jaderné DNA) kvůli snadné izolaci genů a genovým manipulacím, dnes je velkou výhodou znalost celé sekvence genomu u některých organismů. Druh používaný jako modelový by měl být také charakteristickým zástupcem své skupiny (např. drápatka coby zástupce obojživelníků), aby se vyzkoumané poznatky bylo možné zobecnit.

Často se používají tzv. imbrední kmene zvířat. Jsou to kmene, u nichž dlouhým příbuzenským křížením došlo k jakémusi „sjednocení“ genomu. Zvířata takového kmene jsou tedy z genetického hlediska stejná, což je pro mnoho pokusů výhodné.

### **Používání živočichové**

Nejdříve bylo oblíbeným modelem oplozené kuřecí vejce pro svoji extrémní velikost a snadnou manipulaci. Používala se také vyvíjející se vajíčka ježovek jako model rýhování. Dnes je spektrum modelových živočichů široké, nejrozšířenější jsou asi moucha octomilka (*Drosophila melanogaster*), hlístice *Caenorhabditis elegans* a myš (*Mus musculus*). V řadě laboratoří se používají také kuřata, křepelky, potkani, drápatky a další. Také prakticky všechna domácí zvířata se dají použít jako zvířata laboratorní.

V medicíně se používají hojně zvířata známá spíš jako domácí. Morče domácí (*Cavia aperea* f. *porcellus*) a králík domácí (*Oryctolagus cuniculus* f. *domestica*) se používají k získávání antisér a testování toxicity různých látek. Pes domácí (*Canis lupus* f. *familiaris*) navíc k fyziologickým pokusům (Pavlovův reflex) a ve virologii. K získávání antisér a k výzkumům v imunologii se s výhodou používají také velká hospodářská zvířata jako kůň, tur, ovce a prase. Prase domácí (*Sus scrofa* f. *domestica*) je často používáno v imunologických experimentech, protože jeho imunitní systém je velmi podobný lidskému.



Pro vědecké účely se používají zvířata z různých taxonomických skupin, která pokud možno maximálně vyhovují výše uvedeným požadavkům na modelový organizmus.

### **Hád'átko *Caenorhabditis elegans***

Tato drobná hlístice (Nematoda) je oblíbeným modelem z mnoha důvodů. Snadno se kultivuje na Petriho miskách na agaru porostlém bakteriemi, jež mu slouží jako potrava. Dosahuje délky kolem 1 mm. Má dlouhé průhledné tělo a krátký životní cyklus - z oplozeného vajíčka je 3. den jedinec schopný rozmnožování. Jako ostatní hlístice má přesně definovanou strukturu těla, původ i osud každé tělní buňky se dá sledovat skrze buněčné linie a každý dospělec má stejný počet tělních buněk (hermafrodit 959). Embryogenezi je možno snadno zmapovat na úroveň osudu každé buňky například pomocí injekce neškodného barviva do některé buňky. Další výhodou je malý genom, *C. elegans* byl prvním osekvenovaným mnohobuněčným organizmem.

Většina populace jsou hermafrodité se sestavou pohlavních chromozómů XX. Pouze vzácně, poruchami meiózy, vznikají samečci se sestavou pohlavních chromozómů X0. Diploidní hermafrodit má celkem 12 chromozómů.

*C. elegans* se využívá jako model pro studium genové regulace embryogeneze, apoptózy (programované buněčné smrti), určení pohlaví aj.

### **Octomilka *Drosophila melanogaster***

Drobná muška octomilka dlouho sloužila jako model klasickým genetikům (zavedl ji Thomas Hunt Morgan), dnes ji intenzivně využívají i molekulární biologové a jiní. Kromě její snadné kultivace a rychlého rozmnožování je dnes její hlavní předností zmapovaný genom a velké molekulárně-genetické poznatky o něm.

Vajíčko octomilky je oplozeno již ve vejcovodu a jeho jádro se začne rychle dělit. Po 8 hodinách od naklazení je vidět článkování zárodku, po dalších 14 hodinách se vylíhne larva. Ta roste, zakuklí se a po metamorfóze vzniká dospělec schopný rozmnožování.

Octomilka je modelovým organizmem při studiu genetiky, embryogeneze, polytenních chromozómů, určení pohlaví poměrem pohlavních chromozómů a autozómů. Je znám velký počet různých mutantů.

### **Kopinattec**

Kopinattec plžovitý (*Branchiostoma lanceolatum*) je zástupce bezlebečných (Acrania, též Cephalochordata). Tato skupina tvoří jakýsi přechod mezi bezobratlými a obratlovci, model má proto velký význam pro zoologii, srovnávací anatomii, vývojovou biologii a evoluční biologii. Nevýhodou je méně snadný chov, jako mořský živočich vyžaduje kopinattec mořské akvárium.

### **Danio pruhované (*Brachydanio rerio*)**

Danio je nenáročná, akvaristy oblíbená kaprovitá ryba pocházející z řek Indie. Na těle má podélné pruhy, což objasňuje české jméno i slangový název „zebrafish“ používaný pro laboratorní model. Rybka se snadno množí v zajetí, jikry klade volně

do vody. Je oblíbeným objektem vývojových biologů, protože vývoj zárodku je u ryb snadno pozorovatelný a také pro snadnou genetickou manipulaci s oplozeným vajíčkem. Dříve se používala také pro testy toxicity.

### **Drápatka vodní** (*Xenopus laevis*)

Žába drápatka z čeledi pipovitých (Pipidae) pochází z Afriky a stejně jako danio je důležitým modelem vývojové biologie. Má velká, snadno studovatelná, vajíčka i vyvíjející se zárodek. Není však zcela ideálním modelovým organizmem, protože její genom je částečně tetraploidní. Dříve se používala pro testy gravidity, po injekci moči těhotné ženy začala žába klást vajíčka.

### **Kur domácí** (*Gallus gallus f. domestica*)

Kuře, či slepice, je jedním ze zástupců ptáků v laboratoři. Používá se například v imunologii k získávání sér, oplozené slepičí vejce je důležité jako živná půda pro kultivaci virů a vyvíjející se zárodek kuřete je cenný model vývojové biologie.

### **Myš** (*Mus musculus f. alba*)

Myš laboratorní je model hojně využívaný k výzkumu i na poli medicíny, protože z malých zvířat snadno chovatelných v laboratoři je nejpodobnější člověku. Byla asi před 120 lety přivezena do Evropy z Japonska, kde byla chována jako domácí mazlíček. Myš je schopna rychle se rozmnožovat, zvířata jsou pohlavně dospělá v šesti týdnech, březost trvá 21 dní. Ne všechny kmeny laboratorních myší jsou bílé.

Myš patří mezi organizmy se zcela osekvenovaným genomem. U myší je možné provádět množství genomových manipulací, například připravit kmen myší s delecí (nefunkčnost) v určitém genu (tzv. knock-out) nebo nahrazovat určité geny jinými.

Jako pokusné zvíře se používá ve všech oborech medicínského i biologického výzkumu, například v molekulární a vývojové biologii, genetice, zoopsychologii, při testování toxicity látek aj.

### **Potkan** (*Rattus norvegicus f. alba*)

Potkan laboratorní byl vyšlechtěn z volně žijícího potkana pravděpodobně v USA v 19. století. Jako laboratorní zvíře je všestranně využíván podobně jako myš, pro některé pokusy v zoopsychologii nebo fyziologii je dokonce vhodnější.

### **Makak rhesus** (*Macaca mulatta*)

Makak je nejpoužívanější „laboratorní opice“. Rh faktor (antigen červených krvinek) má název právě po něm. Makak se používá například k testování toxicity léčiv před klinickými testy, k imunologickým výzkumům a v neposlední řadě k výzkumům v psychologii. Chov opic v zajetí je velmi obtížný a nestačí pokrýt potřebu lékařského výzkumu, takže opice jsou stále odchyťávány v přírodě. Pro určité účely jsou však v laboratoři nepostradatelné právě pro svou podobnost člověku.

### **Využívané rostliny**

Nejrozšířenějším rostlinným modelem je **huseníček rolní** (*Arabidopsis thaliana*) z čeledi brukvovitých (Brassicaceae). Má velmi malý a osekvenovaný genom, krátký

životní cyklus a snadno se pěstuje v laboratorních podmínkách. Jeho generační doba je v příhodných podmínkách 2 měsíce a produkce semen je vysoká. Díky těmto téměř ideálním vlastnostem je nejpoužívanější rostlinou v molekulárně-biologických výzkumech.

Jako další rostlinné modely se používají různé kulturní rostliny, například **tabák viržinský** (*Nicotiana tabacum*) a, jako zástupce jednoděložných, **rýže setá** (*Oryza sativa*). Tyto domestikované rostliny se jednak dobře pěstují (rýže má poměrně krátký životní cyklus) a jednak je výzkum hospodářsky významných rostlin finančně podporován.

### **Tkáňové kultury**

Široce používaný živočišný model eukaryotické buňky jsou tkáňové kultury. Jsou to vlastně buňky žijící a množící se v laboratoři za velmi přísných podmínek napodobujících prostředí mnohobuněčného organismu. Důležitá je kultivační teplota, pH a osmotický tlak média, dostatečný přísun živin, růstových faktorů a mnoha jiných látek. Výhodou tkáňových kultur je omezení potřeby živých laboratorních zvířat a možnost použití i lidských buněk. Nevýhodou je skutečnost, že se nejedná o skutečný mnohobuněčný organizmus, buňky v kultuře žijí spíše jako jednobuněčné organismy a nechovají se přirozeně. Pokusná zvířata proto v žádném případě nelze zcela nahradit tkáňovými kulturami.

Tkáňové kultury jsou nepostradatelné pro virologii, protože viry se množí pouze v buňkách. Používají se také k produkci protilátek a jako model v molekulární a buněčné biologii a imunologii. Lze je také použít pro předběžné testování toxicity různých látek. V budoucnu bude snad vypracována technika autotransplantací alespoň některých orgánů kulturací z vlastních buněk.

Rovněž pěstování rostlin v definovaných podmínkách v laboratoři „in vitro“ je velmi rozšířené. Na živném médiu (agaru), ve sterilním prostředí se dají pěstovat celé rostliny, jejich orgány, pletiva i nediferencovaná masa rostlinných buněk nazývaná kalus. Pomocníky při takových kulturách bývají uměle dodávané rostlinné hormony (hlavně auxiny a cytokininy), s jejichž pomocí mohou zakořeňovat rostlinné řízky, z kousku listu vyrůst celá rostlina nebo z buněk kalusu diferencovat rostlinná embrya. Podobných technik se používá i ve velkém v zemědělství a zahradnictví.

### **Modelové mikroorganismy**

V laboratořích se samozřejmě nevyužívají pouze živočichové a rostliny. Neméně důležitými modelovými organismy jsou také nejrůznější mikroorganismy.

### **Hlenka *Dictyostelium discoideum***

Tato drobná hlenka je modelem na hranici mnohobuněčných a jednobuněčných organismů. Nejasné je i systematické zařazení hlenek (houby nebo prvoci?). Haploidní améby se živí bakteriemi, dají se tedy pěstovat na jimi porostlé misce s agarem. Za nepříznivých podmínek tyto améby vytvářejí přechodně mnohobuněčné stádium.

Hlenka je modelovým organismem pro studium mezibuněčné komunikace a buněčné diferenciaci, obecně pro molekulární a buněčnou biologii.

### **Kvasinka pивní (*Saccharomyces cerevisiae*)**

Pivní kvasinka je důležitým jednobuněčným eukaryotickým modelem. Dají se na ní zkoumat základní vlastnosti eukaryotických buněk, ne však interakce v mnohobuněčném organismu. Nevýhodou modelu je nesymetrické buněčné dělení pučením, přičemž vzniká větší mateřská a menší dceřinná buňka. Toto dělení je specifické pro kvasinky a nedá se zobecnit na jiné skupiny. Tato kvasinka má také některé další buněčné pochody na molekulární úrovni odlišné od vyšších eukaryot.

Mezi výhody tohoto modelu můžeme počítat malý osekvenovaný genom a snadnou kultivaci v laboratorních podmínkách. Je také k dispozici mnoho technik, které umožňují manipulace s kvasinkovým genomem, takže kvasinka se používá také například k produkci cizorodých proteinů na základě vnesených genů. Je hojně využívána v molekulární a buněčné biologii.

### **kvasinka *Schizosaccharomyces pombe***

Tato kvasinka je hojně používaným modelem, protože je v některých ohledech podobnější vyšším eukaryotickým organismům než kvasinka pивní. Zároveň má všechny výhody snadno pěstovatelného mikroorganismu s osekvenovaným genomem a dobře zavedeného modelu. Její použití je proto podobné jako u kvasinky pивní.

### **bakterie *Escherichia coli***

Symbiotická střevní bakterie *Escherichia coli* se stala nejrozšířenějším prokaryotickým modelem zřejmě pro svou snadnou kultivaci a relativní neškodnost. Díky výzkumu na této bakterii byly získány základní poznatky o molekulární podstatě života - o DNA, její replikaci, o transkripci, translaci a regulaci těchto dějů. Dnes má ve vědě podobně důležité postavení jako kvasinka pивní, na rozdíl od ní ale patří do říše Prokaryota. Velkou výhodou je rychlé rozmnožování a snadná kultivace bakterie, velké možnosti genových manipulací a dostupné množství užitečných mutantů. Do bakteriální buňky se také dají vnášet plazmidy (kruhové kousky DNA) s rezistencí na různá antibiotika nebo naopak navozující produkci antibiotik nebo dalších látek buňkou.

*E. coli* je dnes hojně využívána v molekulárně biologických, mikrobiologických, biochemických a dalších laboratořích.

## LITERATURA

- Bendová, O. & Janderová, B.: Vybrané kapitoly z biotechnologií. SPN, Praha 1990 (skriptum).
- Beneš, J.: Vývoj středoevropské krajiny. Studijní materiály k přednášce, BF JU, České Budějovice 2001.
- Bílý, M., Hájek, J., Koutecký, P. & Kratzerová L.: Rozmnožování organismů, biologická olympiáda 2000 - 2001, 35. ročník, přípravný text pro kategorie A, B. IDM MŠMT ČR, Praha 2000.
- Briggs, D. & Walters, S. M.: Proměnlivost a evoluce rostlin. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2001.
- Buchar, J.: Zoogeografie. SPN, Praha 1983.
- Caras, R.A.: Zvířata, která změnila člověka. Rybka Publishers, Praha 1999.
- Červená, A., Anděra, M. a kol.: Svět zvířat XII, domácí zvířata. Albatros, Praha 2001.
- Diamond, J.: Osudy lidských společností. Nakladatelství Kolumbus, Praha 2000.
- Dobroruka, L. J. a kol.: Zoologické zahrady. SNP, Praha 1989.
- Drobník, J.: Geneticky modifikované organismy - stav a perspektivy pro zemědělce; příspěvek na semináři, ([http://www.biotrin.cz/czpages/GMO\\_ref.htm](http://www.biotrin.cz/czpages/GMO_ref.htm)).
- Hadač, E.: Krajina a lidé. Academia, Praha 1982.
- Hampl, B.: Potravinářská mikrobiologie. SNTL/ALFA, 1968.
- Chaloupek, O.: Genetická diverzita, šlechtění, semenářství, 2. vydání, Academia, Praha 2000.
- Kender, J.: Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. MŽP, Praha 2000.
- Komárek, S.: Lidská přirozenost. Vesmír, Praha 1998.
- Komárek, S.: Příroda a kultura. Vesmír, Praha 2000.
- Procházka, S. a kol.: Fyziologie rostlin, Academia, Praha 1998.
- Pyšek, P. & Prach, K. [eds.]: Invazní rostliny v České flóře. Zprávy České botanické společnosti, Materiály 14 (1997): 1 - 138.
- Pyšek, P., Sádlo, J. & Mandák, B.: Catalogue of aliens plants of the Czech Republic. Preslia 74 (2002): 97-186.
- Pyšek, P. & Tichý, L. [eds.]: Rostlinné invaze. Rezekvítek, Brno 2001.
- Sádlo, J. & Storch, D.: Biotopy České republiky, biologická olympiáda 1999 - 2000, 34. ročník, přípravný text pro kategorie A, B. IDM MŠMT ČR, Praha 1999.
- Storch, D. & Mihulka, S.: Ekologie, biologická olympiáda 1997 - 1998, 32. ročník, přípravný text pro kategorie A, B. IDM MŠMT ČR, Praha 1997.
- Šterba, O.: Pramen života. Panorama Praha 1986
- Vaclová, P. & Němcová, V.: Geneticky modifikované organismy a informovanost; práce SOČ, (<http://www.soc-gmo.zde.cz/>).
- Veselovský Z., Volf J. & Felix J.: Všední den v pražské zoo. Albatros, Praha, 1983.
- Webové stránky Dr. Davida W. Lee, Florida International University, (<http://www.fiu.edu/~biology/bot1010/41201.htm>).
- Webové stránky Ministerstva životního prostředí ČR, (<http://www.mzp.cz>).
- Webové stránky organizace Greenpeace (<http://www.greenpeace.org>, <http://gmo.greenpeace.cz/>).
- Platné znění Zákona o vinohradnictví a vinařství a o změně některých souvisejících právních předpisů. 115/1995 Sb., 216/2000 Sb., § 6 - 9.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství 45/2000 sb. - oddíl 3: Pivo, § 11, 12.

# JMENNÝ REJSTRÍK

## ČESKÝ

amur bílý – 43  
balijský skot – 36  
banteng – 36  
bažant – 39  
bažant obecný – 43  
bolševník velkolepý – 27  
borovice vejmutovka – 28  
bourec morušový – 41  
broskev – 19  
brukev zelná – 18  
buvol arni - 36  
buvol domácí – 36  
citron – 19  
citrusy – 19  
cukrová třtina – 18  
červec lakový – 42  
činčila vlnatá - 37  
čočka – 18  
daněk evropský – 42  
danio pruhované – 96  
dingo australský – 34  
dingo pralesní – 34  
drápatka vodní – 97  
dub červený – 28  
fretka - 38  
gajal – 36  
gaur – 36  
grapefruit – 19  
hád'átko – 96  
hlemýžď zahradní – 42  
hlenka – 98  
hlodavci - 38  
hnědé řasy – 83  
holub domácí – 40  
holub skalní – 40  
hořeček – 58  
hrách – 18  
hrdlička zahradní – 43  
hrušeň – 19  
husa čínská – 40  
husa domácí – 40  
husa labutí – 40

husa velká – 40  
huseníček rolní – 97  
hvězdnice – 28  
chaluhy – 83  
chmel otáčivý – 20  
jabloň – 19  
jak divoký – 35  
jak domácí - 36  
jasan ztepilý – 31  
javor jasanolistý – 28  
ječmen – 14  
jelen evropský – 42  
jelen sika – 42  
kachna divoká – 39  
kachna domácí – 39  
kachna pižmová – 39  
kanár – 40  
kanár divoký – 40  
kapr obecný – 41  
karas zlatý – 41  
kočka - 37  
kočka plavá - 37  
koljuška tříostná – 43  
kopinatec – 96  
korela chocholatá – 41  
koukol polní – 4  
koza – 36  
koza bezoárová – 36  
krab čínský – 43  
králík - 37  
králík divoký – 37  
krocان divoký – 39  
krocان domácí – 39  
křeček zlatý - 38  
křečík džungarský - 38  
křepelka japonská – 39  
křídlatka česká – 28  
křídlatka japonská – 28  
křídlatka sachalinská – 28  
křížák pruhovaný – 43  
kukuřice – 15  
kůň – 34  
kůň přeivalský – 34  
kur bankivský – 39

kur domácí – 39, 97  
kvasinka pивní – 99  
kvasinky – 65, 99  
labuť velká – 43  
lama alpaka – 35  
lama guanaka – 35  
lama krotká – 35  
lamy – 35  
lilek brambor – 16  
lilek rajče – 17  
los evropský – 42  
makak rhesus – 97  
mandarinka – 19  
mandelinka bramborová – 43  
meruňka – 19  
mnohoštet – 12  
morče divoké - 38  
morče domácí - 38  
muflon – 37  
myš domácí – 42, 97  
myš laboratorní - 38  
mýval severní – 44  
netopýr – 42  
netýkavka malokvětá – 29  
netýkavka žlázatá – 29  
norek americký - 37  
norek americký – 44  
nutrie - 37  
oblovka velká – 42  
obrněnky – 84  
octomilka – 96  
okurka - 17  
ondatra pižmová – 43  
osel – 34  
osel núbijský – 35  
osel somálský – 35  
osmák degu – 38  
ovce – 36  
ovce kruhorohá – 36  
ovce stepní – 36  
ovce středoasijská – 36  
oves – 14  
ovsík vyvýšený – 29, 55  
pajasan žláznatý – 28  
papoušci – 40  
papoušek vlnkovaný – 41  
paprika – 17  
páv korunkatý – 39  
perlička divoká – 39  
perlička domácí – 39  
perlotvorka mořská – 42  
pes – 33  
pískomil - 38  
pižmovka velká – 39  
plíseň bramborová – 16  
plíseň štětíčková – 65  
polák chocholačka – 43  
polák velký – 43  
pomelo – 19  
pomeranč – 19  
potemník moučný – 42  
potkan laboratorní – 38, 97  
prase - 37  
prase divoké - 37  
prase filipínské - 37  
pratur – 35  
psík mývalovitý – 44  
pstruh duhový – 43  
pšenice - 12  
pštros dvouprstý – 40  
réva vinná – 20  
rozsivky – 83  
ruduchy – 82  
rybenka – 42  
rýže – 14, 98  
řasy – 82  
řepa obecná – 18  
řepka olejná – 18  
salát – 17  
sinice – 82  
sítina tenká – 30  
siven americký – 43  
skot – 35  
slávička mnohotvará – 43  
slávka jedlá – 42  
slon africký – 42  
slon indický – 42  
slunečnice topinambur – 29  
sob polární – 41  
sója – 18

šakal – 33  
škvor – 42  
švestka – 19  
tabák viržinský – 98  
tarpan – 34  
tchoř tmavý - 38  
tolstolobik obecný – 43  
trnovník akát – 30  
třešeň – 19  
třtina chloupkatá – 31  
třtina křovištní – 31  
tur domácí – 35  
ústřice jedlá – 42  
včela medonosná – 41  
velbloud dvouhrbý – 35  
velbloud jednohrbý – 35  
vlaštovka – 42  
vlk – 33  
vodní mor kanadský – 30  
vrbovka cizí – 30  
zelené řasy – 84  
zelí – 18  
zlativky – 84  
zlatobýl kanadský – 30  
zlatobýl obrovský – 30  
zvonohlík zahradní – 43  
žito – 14  
žitovec – 14

#### LATINSKÝ

*Acer negundo* – 28  
*Achatina achatina* – 42  
*Aegilops* – 12  
*Agrostemma githago* – 4  
*Ailanthus altissima* – 28  
*Alopex lagopus* – 37  
*Anabaena* – 60  
*Anas platyrhynchos* – 39  
*Anser anser* – 40  
*Anser cygnoides* – 40  
*Alces alces* – 42  
*Aphanizomenon flos-aquae* – 60  
*Apis mellifera* – 41  
*Arabidopsis thaliana* – 97  
*Argiope bruennichi* – 43

*Armeniaca vulgaris* – 19  
*Arrhenatherum elatius* – 29, 55  
*Aspergillus* – 65  
*Aster* – 28  
*Avena sativa* – 14  
*Aythia ferina* – 43  
*Aythia fuligula* – 43  
*Bacillariophyceae* – 83  
*Beta vulgaris* – 18  
*Bombyx mori* – 41  
*Bos gaurus* – 36  
*Bos javanicus* – 35  
*Bos mutus* – 35  
*Bos primigenius* – 35  
*Brachydanio rerio* - 96  
*Branchiostoma lanceolatum* – 96  
*Brassica napus* – 18  
*Brassica oleracea* – 18  
*Buballus arnee* – 36  
*Caenorhabditis elegans* – 96  
*Cairina moschata* – 39  
*Calamagrostis epigejos* – 31  
*Calamagrostis villosa* – 31  
*Camelus dromedarius* – 35  
*Camelus ferus* – 35  
*Canis aureus* – 33  
*Canis lupus* – 33  
*Candida* – 66  
*Capra aegargus* – 36  
*Capsicum* – 17  
*Carassius auratus* – 41  
*Cavia aperea* – 38  
*Cerasus avium* – 19  
*Cervus elaphus* – 42  
*Cervus nippon* – 42  
*Chinchilla laniger* – 37  
*Chlorophyta* – 84  
*Chromophyta* – 83  
*Chrysophyceae* – 84  
*Citrus grandis* – 19  
*Citrus medica* – 19  
*Citrus paradisi* – 19  
*Citrus reticulata* – 19  
*Citrus sinensis* – 19  
*Columba livia* – 40



**Coturnix japonica** – 39  
**Ctenopharyngodon idella** – 43  
**Cucumis sativus** – 17  
**Cyanophyta** – 82  
**Cygnus olor** – 43  
**Cyprinus carpio** – 41  
**Dama dama** – 42  
**Dinophyta** – 84  
**Dreissena polymorpha** – 43  
**Drosophila melanogaster** – 96  
**Dyctostelium discoideum** – 98  
**Elephas maximus** – 42  
**Elodea canadensis** – 30  
**Epilobium ciliatum** – 30  
**Eriocheir chinensis** – 43  
**Escherichia coli** – 99  
**Equus africanus** – 34  
**Equus caballus** – 34  
**Equus przewalskii** – 34  
**Felis silvestris** – 37  
**Fraxinus excelsior** – 31  
**Gallus gallus** – 39, 97  
**Gasterosteus aculeatus** – 43  
**Gentianella** – 58  
**Glycine soja** – 18  
**Helianthus tuberosus** – 29  
**Helix pomatia** – 42  
**Heracleum mantegazzianum** – 27  
**Hordeum vulgare** – 14  
**Humulus lupulus** – 20  
**Hypthalmichthys molitris** – 43  
**Impatiens glandulifera** – 29  
**Impatiens parviflora** – 29  
**Juncus tenuis** – 30  
**Kluyveromyces marxianus** – 66  
**Laccifera lacca** – 42  
**Lactuca sativa** – 17  
**Lama guanicoe** – 35  
**Lens culinaris** – 18  
**Leptinotarsa decemlineata** – 43  
**Loxodonta africana** – 42  
**Lycopersicon esculentum** – 17  
**Macaca mullata** – 97  
**Malus domestica** – 19  
**Meleagris gallopavo** – 39  
**Melopsittacus undulatus** – 41  
**Meriones** – 38  
**Mesocricetus auratus** – 38  
**Microcystis** – 60  
**Mucor** – 65  
**Mus musculus** – 38, 97  
**Mustela putorius** – 38  
**Mustela vison** – 37, 44  
**Myocastor coypus** – 37  
**Mytilus edulis** – 42  
**Nicotiana tabacum** – 98  
**Nyctereutes procyonoides** – 44  
**Numida melagris** – 39  
**Nymphicus hollandicus** – 41  
**Octodon degu** – 38  
**Ondatra zibethicus** – 43  
**Oryctolagus cuniculus** – 37  
**Oryza sativa** – 14  
**Ostrea edulis** – 42  
**Ovis ammon** – 36  
**Ovis musimon** – 37  
**Ovis orientalis** – 36  
**Ovis vignei** – 36  
**Pavo cristata** – 39  
**Penicillium** – 65  
**Persica vulgaris** – 19  
**Phodopus sungorus** – 38  
**Pinctada margaritifera** – 42  
**Pinus strobus** – 28  
**Pisum sativum** – 18  
**Phaeophyceae** – 83  
**Phasianus colchicus** – 43  
**Phytophthora infestans** – 16  
**Procyon lotor** – 44  
**Prunus domestica** – 19  
**Pyrus communis** – 19  
**Quercus rubra** – 28  
**Rangifer tarandus** – 41  
**Rattus norvegicus** – 38, 97  
**Reynoutria bohemica** – 28  
**Reynoutria japonica** – 28  
**Reynoutria sachalinensis** – 28  
**Rhizobium** – 9  
**Rhizopus** – 65  
**Rhodophyta** – 82

**Robinia pseudoacacia** – 30  
**Saccharomyces cerevisiae** – 66, 99  
**Saccharum officinarum** – 18  
**Salmo gairdneri** – 43  
**Salvelinus fontinalis** – 43  
**Schizosaccharomyces pombe** – 66  
**Secale cereale** – 14  
**Serinus canaria** – 40  
**Serinus serinus** – 43  
**Solanum tuberosum** – 16  
**Solidago canadensis** – 30  
**Solidago gigantea** – 30  
**Streptopelia decaocto** – 43  
**Struthio camelus** – 40  
**Sus celebensis** – 37  
**Sus phillippensis** – 37  
**Sus scrofa** – 37  
**Triticum** – 12  
**Vitis vinifera** – 20  
**Vulpes vulpes** – 37  
**Xenopus laevis** – 97  
**Zea mays** – 15

## VĚCNÝ REJSTŘÍK

- acidofilní mléko – 70  
aerobní stupeň – 79  
agar – 82  
agarové půdy – 82  
algináty – 84  
amylázy – 80  
amylolytické enzymy – 80  
anaerobní způsob – 80  
anatoxiny – 84  
apofyty – 22  
archeofyty – 21  
aromatizované víno – 73  
Atlantik – 50  
autodomeštikace člověka – 33  
bioindikace – 84  
biotopy lidských obydlí – 59  
Boreál – 50  
borovička – 78  
brokolice – 18  
cimmaronas – 35  
čtvrtohory – 50  
dělení piva na skupiny – 75  
destiláty – 76  
disturbance – 56  
doba bronzová – 53  
doba železná – 54  
donau – 50  
drožd'ářství a pekařství – 69  
droždí krmné – 70  
droždí pekařské – 69  
Dryas III. – 50  
Eem – 50  
ementál – 71  
eneolit – 53  
Epiatlantik – 50  
eutrofizace – 56  
expanzivní – 22  
ferální populace – 33  
fykokoloidy – 82  
genetická eroze – 26  
geneticky modifikované organizmy  
(GMO) – 89  
glaciály – 50  
günz – 50  
historie rybníkářství – 62  
holocén – 50  
Holstein – 50  
humna – 75  
imprinting – 39  
interglaciály – 50  
introgrese – 33  
invazní rostliny – 22  
jakostní víno – 73  
jogurt – 70  
kabinet – 73  
kapusta – 18  
karagen – 83  
kedlubna – 18  
kefír – 70  
klasické šlechtitelství – 89  
klasifikace vín – 73  
koňak (brandy) – 76  
křemelina – 83  
kulér – 75  
kumys – 70  
kvartér – 50  
kvasné kádě – 75  
kvašení octové – 69  
kvašení propionové – 69  
květák – 18  
kyselé sýry – 71  
ledové víno – 73  
lesní monokultury – 59  
ležáky – 75  
lihovarství – 75  
likérové víno – 73  
louky – 59  
luštěniny – 18  
malá mozaikovitost – 56  
mindel – 50  
míra cukernatosti – 73  
mlékárenský průmysl – 70  
modelové mikroorganizmy – 98  
molekulárně biologické metody  
šlechtitelství – 89  
muly – 35  
mustangové – 35  
náduvník – 75

**neofyty – 21**  
**neolit – 51**  
**ovocné dřeviny střední Evropy – 19**  
**ovocné stromy – 19**  
**perlivé víno – 73**  
**pesec - 37**  
**piva lehká – 75**  
**piva speciální – 75**  
**piva výčepní – 75**  
**pivovarnická terminologie – 75**  
**pivovarnictví– 74**  
**plazmatická membrána – 79**  
**pleistocén – 50**  
**plísně – 65**  
**pole – 59**  
**polopřirozené a umělé biotopy – 58**  
**portery – 75**  
**pozdní sběr – 73**  
**Preboreál – 50**  
**proteolytické enzymy – 80**  
**přirozené biotopy – 57**  
**rezistence – 79**  
**riss – 50**  
**romadúr – 71**  
**rozběr biologický – 84**  
**rozdělení antibiotik – 78**  
**rum – 76**  
**rumiště – 59**  
**rybníky – 59**  
**římská říše – 54**  
**saprobie vody – 84**  
**saxitoxin – 84**  
**skládky – 59**  
**skot – 35**  
**slad – 74**  
**slámové víno – 73**  
**spilka – 75**  
**stárnutí nádrží – 60**  
**stěhování národů – 54**  
**stepní otázka – 52**  
**stolní víno – 73**  
**stříbrná liška - 37**  
**stupně piva – 75**  
**Subatlantik – 50**  
**Subboreál – 50**  
**syntéza bílkovin – 79**  
**syntéza buněčné stěny – 79**  
**sýr s plísní na povrchu – 71**  
**sýr s plísní uvnitř – 71**  
**sýrašství – 70**  
**syrečky – 71**  
**šumivé víno – 73**  
**tavené sýry – 71**  
**tequila – 76**  
**tkáňové kultury – 98**  
**tuřín – 18**  
**tuzemský rum – 76**  
**úživnost vody – trofie – 85**  
**vegetační zbarvení – 60**  
**vinařství – 71**  
**víno jakostní odrůdové – 73**  
**víno jakostní známkové – 73**  
**víno s přívlastkem – 73**  
**vlastnosti modelového organismu – 96**  
**vodní květ – 60, 84**  
**vodní nádrže – 59**  
**vojenské prostory – 59**  
**výběr z bobulí – 73**  
**výběr z hroznů – 73**  
**výroba octa – 78**  
**výsypky – 59**  
**whisky – 76**  
**würm – 50**  
**zalednění halštrovské – 50**  
**zalednění sálské – 50**  
**zalednění vartské – 50**  
**zalednění viselské – 50**  
**zanášení nádrží – 60**

**Biologická olympiáda, 37. ročník – 2002/2003**  
**ČLOVĚK A OSTATNÍ ORGANIZMY**  
*přípravný text kategorie A, B*

**Autoři: Jiří Hájek, Petr Koutecký, Jiří Libus, Jana Lišková, Miroslav Srba,  
Vendula Strádalová, Lenka Šejnohová, Petr Šípek,  
Eliška Zapomělová**

**Ilustrace: Mgr. Michal Bílý**

**Recenzenti: Prof. RNDr. Stanislav Komárek, DrSc., RNDr. Lenka Libusová,  
RNDr. Jiří Sádlo**

**Vydal: Institut dětí a mládeže MŠMT, Praha 2002**

**Vytiskl: Vydavatelství KUFŘ**

**Náklad: 2000 ks**

**Neprošlo jazykovou úpravou**

**ISBN: 80-86033-88-0**