



Metodické postupy při aplikaci hybridizačních programů u ryb v podmínkách českého rybářství

M. Kocour, M. Flajšhans, V. Kašpar, D. Gela, M. Hulák, M. Rodina, O. Linhart



evropský
sociální
fond v ČR





Metodické postupy při aplikaci hybridizačních programů u ryb v podmínkách českého rybářství

*M. Kocour, M. Flajšhans, V. Kašpar, D. Gela, M. Hulák, M. Rodina,
O. Linhart*

**VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:**

Inovace prezenčního studia bakalářského studijního oboru Rybářství

(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**OBSAHOVÁ ČÁST PUBLIKACE BYLA ZPRACOVÁNA
ZA FINANČNÍ PODPORY NÁSLEDUJÍCÍCH PROJEKTŮ:**

Zachování biodiverzity u kulturních plemen kapra obecného

(MZe ČR NAZV QH82118)

CENAKVA – Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz

(OPVaVpl, CZ.1.05/2.1.00/01.0024)

Reprodukce a genetika vybraných modelových druhů kostnatých a chrupavčitých ryb

(GA JU 046/2010/Z)

**NA FINANCOVÁNÍ OBSAHOVÉ ČÁSTI METODIKY SE PŘÍSPĚVKEM
Z NEVEŘEJNÝCH ZDROJŮ FINANCOVÁNÍ PODÍLEL ROVNĚŽ PODNIK:**

Rybníkářství Pohořelice a.s., Vídeňská 717, 691 23 Pohořelice, IČ: 46961062

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují poskytovatelům výše zmíněných projektů a podniku Rybníkářství Pohořelice a.s. za jejich finanční podporu. Autoři dále upřímně děkují Ing. Vladimírovi Chytkovi z Rybníkářství Pohořelice a.s. a dalšímu personálu z FROV JU a Rybníkářství Pohořelice a.s., bez jejichž pomoci by nebylo možné uskutečnit náročné experimenty, zhotovit publikace předcházející vzniku této metodiky a pracovat na řešení výše uvedených projektů.



ISBN 978-80-87437-37-7

OBSAH

I. CÍL METODIKY	7
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
1. Úvod	7
2. Popis základních principů křížení (hybridizace)	9
2.1. Složky fenotypové proměnlivosti	10
2.2. Heteroze a heterozní efekt	11
2.3. Nejčastěji využívané typy křížení	12
2.3.1. Dialelní křížení	12
2.3.2. Vrcholové křížení	13
2.3.3. Reprodukční (kombinační) křížení	14
3. Specifika šlechtitelské práce v chovu ryb	15
4. Metodické postupy při využití křížení (hybridizace)	17
4.1. Křížení u kapra obecného	17
4.1.1. Produkce užitkových hybridů	18
4.1.1.1. Proč provádět křížení při zakládání užitkových (produkčních) obsádek?	18
4.1.1.2. Jaká plemena/linie volit k tvorbě hybridů?	18
4.1.1.3. Jak založit obsádky užitkových hybridů?	21
4.1.1.4. Jak odchovávat užitkové obsádky hybridů?	23
4.1.1.5. Je možné užitkové hybridy využívat k další reprodukci?	23
4.1.2. Produkce nových linií/plemen – novošlechtění	23
4.1.2.1. Proč přikročit k novošlechtění?	23
4.1.2.2. Jak přenést geny AS či ROP na lysé linie?	24
4.1.2.3. Jak dále využívat novošlechtěnou linii?	27
4.1.2.4. Jak provádět obnovu novošlechtěné linie?	27
4.2. Křížení u lína obecného	28
4.3. Křížení u ostatních druhů ryb	29
4.4. Kombinace křížení s ostatními šlechtitelskými metodami	30
4.5. Efektivita hybridizačních programů	31
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	33
IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	33
V. EKONOMICKÉ ASPEKTY	34
VI. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	37
VIII. VYSVĚTLIVKY	38
IX. PŘÍLOHY	41

I. CÍL METODIKY

Vnitrodruhová hybridizace je jednou ze základních šlechtitelských metod v chovech hospodářských zvířat využívaných jednak k produkci kříženců pro užitkové chovy a jednak k tvorbě nových linií a plemen. Cílem této metodiky je podat ucelený návod na využití tohoto postupu u ryb v podmínkách českého rybářství ve světle nových poznatků zejména z oblasti populační genetiky. Metodiku je možno chápat jako jeden z možných prostředků ke zlepšení efektivity rybí produkce, a to především u kapra obecného, kde je tento šlechtitelský postup velmi účinný. Díky znalosti genetických vzdáleností mezi plemeny kapra, chovaných na území ČR, je možné snáze vytipovat plemena vhodná pro tvorbu užitkových kříženců, jež budou vykazovat významný heterózní efekt. Metodika popisuje rovněž možnosti využití hybridizace (křížení) u dalších druhů ryb. Metodika navazuje na předchozí publikaci zaměřenou na využití selekčních programů u ryb a obě díla spolu tvoří ucelený přehled o základních možnostech zvýšení genetického potenciálu u nejvýznamnějších užitkových vlastností ryb, jako jsou rychlost růstu, přežití či jateční ukazatele výtěžnosti.

Metodika je určena pro šlechtitele a chovatele ryb a jejím účelem je podat návod na:

- co nejefektivnější využití možností křížení pro zlepšení výsledků užitkovosti chovaných ryb v produkčních chovech a produkci vysokoužitkových hybridů;
- k tvorbě nových linií/plemen pro jejich další využití ve šlechtitelských programech.

Využití metod popsanych v metodice se nedoporučuje pro:

- produkci obsádek ryb určených k vysazování do volných vod za účelem podpory místních populací;
- reintrodukcii původních druhů do volných vod.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. ÚVOD

Chov ryb má v České republice dlouholetou tradici, a to zejména díky výraznému rozvoji rybníkářství v 16. století. V posledních letech je v České republice produkováno kolem 20 tis. tun ryb s 86–88% podílem kapra obecného (on-line; www.cz-ryby.cz). Nejvýznamnější chovatelé ryb v ČR jsou v současnosti sdruženi v profesním seskupení nazvaném Rybářské sdružení České republiky (RS ČR). Základním cílem RS ČR je udržení a posílení pozice českého produkčního rybářství, adaptace na způsoby rybářského

obhospodařování vod v souladu s jeho udržitelným rozvojem a podmínkami životního prostředí, orientace na produkci nutričně i zdravotně hodnotných ryb, rybích výrobků a drůbeže s téměř organickým (biologicky čistým) charakterem. Během naplňování cíle sdružení vznikla Šlechtitelská rada RS ČR, jejímž poselstvím je: „... využití a aplikace vhodných šlechtitelských postupů v chovu ryb za účelem dosažení maximální kusové hmotnosti a výtěžnosti jedlých částí, při minimální ekonomické nákladovosti na 1 kg masa; případně i s ohledem na jiné ekonomické zhodnocení“.

Problémem zemědělské výroby je neustálé zdražování vstupů, a nezbyvá než zefektivňovat produkční (výrobní) cyklus ve všech jeho směrech, neboť pouze komplexní přístup může zajistit udržitelnost efektivity produkce v neustále se měnících tržních i ekonomických podmínkách. I české rybářství je nuceno reagovat na všechna úskalí a změny, aby zajistilo svou existenci v dnešním globalizovaném světě. Pro udržení se na trhu je důležitá ekonomika chovů, do níž se promítá celá řada faktorů. Ekonomiku v chovech všech hospodářských zvířat může zlepšit i šlechtění. Šlechtěním rozumíme genetické zlepšování kvality potomstva v požadovaných znacích a jeho příznivé ekonomické dopady na efektivitu produkce ryb jsou nezpochybnitelné (Ponzoni a kol., 2011; Gjedrem, 2010). Šlechtění ryb, zejména v oblasti mořského rybářství, je ve srovnání se situací u jiných hospodářských zvířat mladým vědním oborem, neboť donedávna postačovaly na pokrytí potřeb lidí přírodní zdroje a ryby byly jen odlovovány z moří a oceánů. Bohužel se ukázalo, že ani mořské přírodní zdroje nejsou nevyčerpatelné, a proto nyní s větší intenzitou probíhá rozvoj chovů různých druhů mořských ryb a s tím spojené šlechtění. Situace ve sladkovodním rybářství nebyla o mnoho příznivější. Chovy ryb ve sladkovodních akvakulturách mají delší historii. Systematické šlechtění v rybníčních chovech, které tvoří drtivý podíl produkce ryb v ČR, ale výrazně brzdila specifika v chovu ryb (Flajšhans a kol., 2008). Tato specifika velmi komplikují objektivní posouzení sledovaných užitkových vlastností u různých skupin ryb v rámci jednoho druhu. Chov sladkovodních ryb byl také poměrně dlouho příliš extenzivní na to, aby se vyplatilo systematické šlechtění vůbec provádět.

V rybníčních chovech je nejdůležitější při daných nákladech maximálně využít produktivitu rybníků a tu přenést do přírůstku ryb, jež jsou předmětem chovu. Přírůstek ryb v rybnících je zabezpečen z přirozené potravy (např. plankton a bentos a jiné složky potravy, jež se v rybnících přirozeně vyskytují) a z příkrmování, tedy předkládáním krmiv. Šlechtění může využití obou složek potravy výrazně vylepšit, a to přímo i nepřímo. Možnosti vylepšování genetického potenciálu ryb jsou různé, mezi základní a běžně využívané metody patří selekce a křížení (hybridizace). O principu selekce a možnostech jejího využití u ryb v podmínkách českého rybářství podrobně hovoří metodika Kocour a kol. (2010). I když využití selekčních postupů ve šlechtění většiny druhů ryb i ostatních vodních organismů jednoznačně převažuje (Hulata, 2001), jsou druhy ryb, u nichž je velmi efektivním nástrojem i křížení. Křížení je vhodné u těch druhů, které se vyskytují v různých fenotypově rozdílných formách (populace, plemena, linie). Při

křížení rodičů pocházejících z různých plemen/linií/populací můžeme totiž u dceřině populace pozorovat tzv. **heterozní efekt**, který se vyznačuje vyšším **fitness** potomstva. Fitness v sobě zahrnuje komplex různých fyziologických vlastností, které v konečné fázi vedou k celkově lepší užitkovosti. V praxi se zpravidla provádí křížení tam, kde v rámci druhu existují odlišná plemena/linie/populace s rozdílným genetickým pozadím. Dříve se na rozdílné genetické pozadí usuzovalo porovnáváním tzv. **plastic- kých** (různé délkové ukazatele a indexy z nich počítané) a **meristických znaků** (počet tvrdých a měkkých ploutevních paprsků, počet šupin nad, v a pod postranní čarou). V současné době se tyto rozdíly kvantifikují především s využitím biochemických či molekulárně-biologických metod (dříve polymorfismus bílkovin krevního séra tzv. **alozymy**, dnes zpravidla polymorfismus mikrosatelitní DNA či jiných mitochondriálních a jaderných genů, popř. kombinace více markerů). Výsledkem těchto studií je stanovení vzájemné genetické vzdálenosti hodnocených plemen/linií/populací. Předpokládá se, že při křížení nejbližších skupin je pravděpodobnost vzniku a projevu heterozního efektu nejvyšší (Falconer a Mackay, 1996) a mnohé studie tomu i nasvědčují (např. Linhart a kol., 2002; Shikano a Taniguchi, 2002; Wang a Xia, 2002; Kocour a kol, 2005).

Pod vedením Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech (VÚRH), tehdy součásti podniku Státního rybářství, později vysokoškolského ústavu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a v současné době jednoho z ústavů Fakulty rybářství a ochrany vod (FROV JU) této univerzity, probíhá zejména u kapra obecného od 80. let 20. století šlechtitelský program zaměřený na využití křížení v produkčních chovech. Srovnávání užitkovosti různých kříženců ryb je od roku 2000 upraveno zákonem č. 154/2000 Sb. o šlechtění a plemenitbě hospodářských zvířat ve znění pozdějších předpisů (tzv. plemenářským zákonem) a řízeno i dalšími pravidly Rybářského sdružení ČR. V rámci povinností chovatelů, jež provádějí testování či vlastní plemena genetických zdrojů i v souvislosti s výzkumnou činností ve VÚRH i jinde ve světě byly shromážděny údaje o populačně-genetické struktuře většiny plemen/linií kapra obecného a lína obecného chovaných na území České republiky (Kocour a kol., 2008; Hulák a kol., 2010; Kohlmann a kol., 2009). Na základě publikovaných i dosud nepublikovaných výsledků, osobních zkušeností členů autorského kolektivu, znalosti místních podmínek i na základě výsledků ve světě jsme sestavili metodickou příručku pro aplikaci hybridizačních programů u ryb v podmínkách českého rybářství.

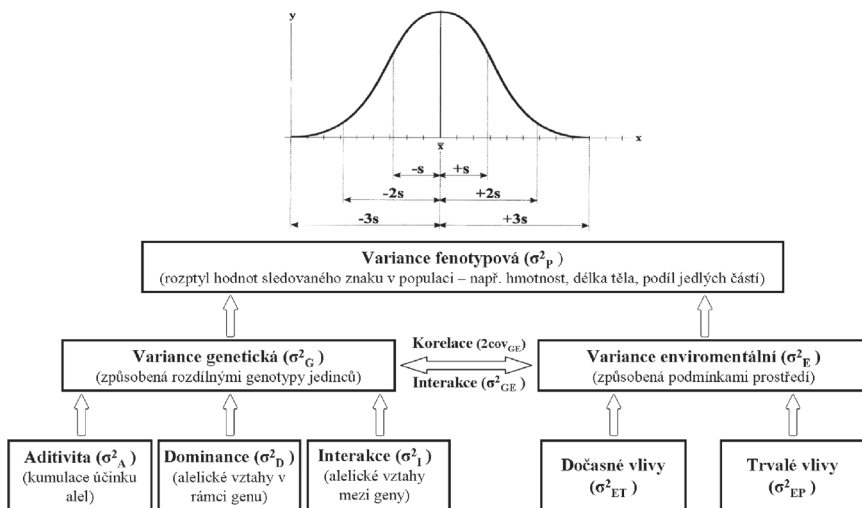
2. POPIS ZÁKLADNÍCH PRINCIPŮ KŘÍŽENÍ (HYBRIDIZACE)

Cílem křížení je zlepšit užitkovost ryb u nejdůležitějších užitkových znaků, jimiž jsou růst, přežití a jateční výtěžnost jedlých částí těla. Všechny tyto znaky se řadí mezi tzv. **kvantitativní znaky**, což znamená, že jejich genetické řízení je velmi složité. Podílí se na něm řada genů o různém dopadu na konečný fenotypový projev, který je navíc

podmíněn i vnějším prostředím. Před vlastním popisem jednotlivých technologických postupů je vhodné pro zájemce z řad uživatelů stručně shrnout nejdůležitější principy kvantitativní genetiky a hybridizace.

2.1. Složky fenotypové proměnlivosti

Fenotypem se rozumí výsledný projev sledovaného znaku. Sledujeme-li tedy růst, je fenotypem hodnota zjištěná u daného jedince měřením (měříme-li délku ryby) či vážením (zjišťujeme-li hmotnost ryby). U výtěžnostních ukazatelů nás zpravidla zajímají relativní hodnoty, fenotypem může být třeba podíl opracovaného trupu u dané ryby, podíl filetů apod. Pokud budeme měřit daný znak u více jedinců pocházejících z jedné obsádky (stejný věk i původ), zjistíme, že se hodnoty v rámci populace liší a sledovaný znak vykazuje určitý **rozptyl** (varianci, σ_p^2). Tato variace má u většiny námi zmiňovaných znaků v této příručce tzv. **normální rozdělení**, které je definováno **Gaussovou křivkou** (Flajshans a kol., 2008). Zmíněná variace fenotypu u hodnoceného souboru ryb je dána variancí **genotypu** (genetická variace, σ_G^2) a **prostředí** (variance environmentální, σ_E^2). Každá z obou složek se dále ještě dělí na podskupiny a uplatňují se i různé vztahy mezi složkou genetickou a environmentální (obr. 1).



Obr. 1. Grafické znázornění složek fenotypové variance u kvantitativních znaků, jež má v populaci tzv. normální rozdělení charakterizované Gaussovou křivkou. s – směrodatná odchylka.

Jednotlivé složky fenotypové proměnlivosti je možné kvantifikovat při správně provedeném experimentu s využitím různých matematických modelů, které za nás dnes řeší k tomuto účelu vytvořené počítačové programy. Vztahy mezi složkami fenotypové proměnlivosti jsou ale tak složité, že jejich přesná kvantifikace není prakticky možná, a proto zpravidla hovoříme o odhadech jednotlivých složek. I tak jsou ale odhadnuté hodnoty, půjdeme-li do důsledků, platné vždy jen pro konkrétní experiment, z něhož jsme příslušné hodnoty vypočetli, neboť každý experiment je svým způsobem jedinečný a neopakovatelný a dané podmínky experimentu ovlivňují konečný projev jednotlivých složek fenotypové proměnlivosti. Kvůli zjednodušení ale působení některých komponentů fenotypové proměnlivosti ignorujeme, neboť při zabezpečení podobných podmínek prostředí je jejich variance minimální. Odhady komponent důležitých pro šlechtění, kterými jsou především složky genotypové proměnlivosti ($\sigma^2_A, \sigma^2_D, \sigma^2_I$), popřípadě interakce mezi genotypem a prostředím (σ^2_{GE}) se provádí za podmínek odpovídajících běžnému způsobu chovu v dané oblasti či pro daný druh. Vypočtené hodnoty z jednoho experimentu pak zobecňujeme nebo bereme v úvahu střední hodnotu zjištěnou u daného druhu a způsobu chovu v různých experimentech. Modelování pokusů, průběh vlastního experimentu a odhad složek genotypové proměnlivosti jsou poměrně složité činnosti, proto jsou skoro vždy prováděny pod vedením odborníků z výzkumných či univerzitních pracovišť. V řadě případů tato pracoviště odhady provádí v rámci své výzkumné činnosti a na základě výsledků jsou navrhovány pro producenty ryb příslušné šlechtitelské programy.

2.2. Heteroze a heterozní efekt

Heteroze má návaznost především na varianci neaditivní složky genetické proměnlivosti (σ^2_D a σ^2_I) a vyskytuje se zejména při křížení (hybridizaci) geneticky vzdálených plemen téhož druhu či inbredních linií. U potomstva těchto ryb je pozorován jev označovaný jako **hybridní zdatnost**, nebo **heterozní efekt**, který se projevuje u organismu jako celku a jeho výsledkem je zlepšení celé řady fyziologických funkcí. V chovu ryb jsou největšími pozitivy tohoto jevu vyšší růst a vyšší odolnost vůči onemocněním. Nevýhodou tohoto jevu je jeho dočasnost, tzn. že se objevuje zpravidla jen u **první filialiální generace** (F_1), tedy přímých potomků. V dalších generacích se heterozní efekt postupně vytrácí. Z tohoto důvodu se heteroze využívá zejména pro produkci užitkových populací (určených pro konzumaci). Na vysvětlení jevu hybridní zdatnosti existují tři základní hypotézy (Moll a Stuber, 1974), jež jsou podrobněji popsány v publikaci Flajšhanse a kol. (2008).

Vyšší heterozního efektu uvádíme většinou jako procentuální relativní hodnotu, která vyjadřuje podíl mezi průměrnou fenotypovou hodnotou sledovaného znaku u potom-

stva (hybridů) a fenotypovou hodnotou rodičovských populací. Podle výše heterozního efektu, popř. podle typu experimentu, v němž porovnání provádíme, hovoříme o:

- **skutečném heterozním efektu**, kdy je průměrná hodnota sledovaného znaku u hybridů vyšší než průměrná hodnota znaku u výkonnější rodičovské populace $F_1 > P_1 > P_2$ nebo $F_1 > P_2 > P_1$
- **hypotetickém heterozním efektu**, v případě kdy je průměrná hodnota sledovaného znaku u hybridů vyšší než hodnota získaná průměrem hodnot od obou rodičovských populací $F_1 > (P_1 + P_2)/2$
- **obvyčejném heterozním efektu**, v případě kdy je průměrná hodnota sledovaného znaku u hybridů vyšší než průměrná hodnota mateřské populace $F_1 > P_1$
- **specifickém heterozním efektu**, kdy je průměrná hodnota sledovaného znaku u hybridů vyšší než průměrná hodnota otcovské populace $F_1 > P_2$
- **hybridní depresi**, kdy je průměrná hodnota sledovaného znaku u hybridů nižší než průměrná hodnota horší rodičovské populace $F_1 < P_1 < P_2$ nebo $F_1 < P_2 < P_1$

Kvalifikované odhady výše heterozního efektu získáme u vhodně modelovaných experimentů. Podle zvoleného typu křížení jsme schopni odhadovat jen některé z možných typů zmiňovaných heterozních efektů. Pozorované fenotypové hodnoty kříženců mohou být ale dány kombinací neaditivní i aditivní složky fenotypové variance. V našich podmínkách zpravidla tyto okolnosti zanedbáváme a při projevu lepší užitkovosti u hybridů odlišných plemen či linií hovoříme obecně o heterozním efektu. Výši podílu jednotlivých složek fenotypové variance na pozorovaném heterozním efektu můžeme zjistit spolehlivě jen při **dialelním křížení**, kdy srovnáváme navzájem užitkovost jedinců rodičovských populací i všech recipročných kříženců (např. AxA, AxB, BxA a BxB). V poslední době přispěly k efektivnějšímu využití hybridizačních programů u kapra obecného populační studie, které na základě údajů o variabilitě molekulárních markerů umožnily výpočet genetických vzdáleností mezi jednotlivými plemeny. Při křížení vzdálenějších plemen je vyšší pravděpodobnost projevu významného heterozního efektu (Linhart a kol., 2002; Wang a Xia, 2002; Hulák a kol., 2010).

2.3. Nejčastěji využívané typy křížení

2.3.1. Dialelní křížení

Při dialelním křížení zakládáme všechny možné hybridní kombinace dostupných skupin ryb (linií, plemen) v obou směrech, tedy i recipročně (obr. 2). Tento způsob křížení je výhodný v tom, že při testování můžeme v jednom testu zjistit užitkovost všech skupin najednou a při statistickém vyhodnocení jsme schopni zjistit podíl jednotlivých

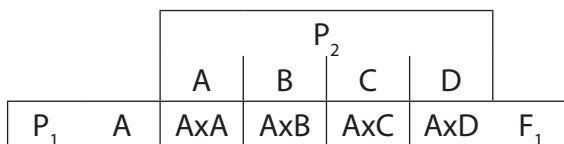
složek fenotypové proměnlivosti sledovaných znaků (viz kapitola 2.2.). Počet použitých rodičovských plemen v jednom testu užitkovosti je ale omezen kapacitou testovacího zařízení a možnostmi skupinového značení ryb, neboť při této metodě vzniká velké množství testovaných skupin (při testování dvou plemen máme 4 různé kombinace, při testování tří plemen devět, při testování čtyř plemen šestnáct atd.). Dialelní křížení se doporučuje používat v případech, kdy máme k dispozici malý počet plemen, nebo chceme-li křížit dvě plemena/linie, jež jsou produktem dvou různých selekčních programů či při křížení dvou inbredních populací.

		P ₂					
		A	B	C	D		
P ₁	A	AxA	AxB	AxC	AxD	F ₁	
	B	BxA	BxB	BxC	BxD		
	C	CxA	CxB	CxC	CxD		
	D	DxA	DxB	DxC	DxD		

Obr. 2. Příklad dialelního křížení s využitím čtyř plemen/linií (převzato z Flajšhans a kol., 2008).

2.3.2. Vrcholové křížení

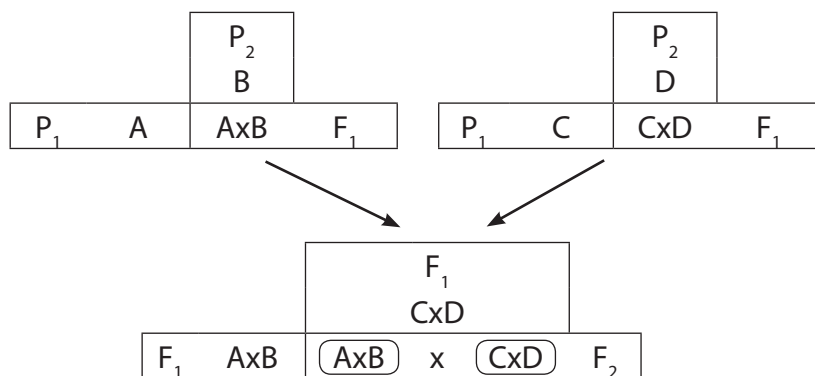
Při vrcholovém křížení použijeme jednu skupinu (linii, plemeno) jako výchozí a na ni křížíme jiné testované linie (obr. 3). Rozlišujeme vrcholové křížení s mateřskou dědičností (výchozí linie je na otcovské pozici) či otcovskou dědičností (výchozí linie je na mateřské pozici). Tento způsob křížení je hojně využíván při testování kapra obecného a lína obecného v České republice. Z praktických důvodů se téměř výhradně využívá vrcholové křížení s otcovskou dědičností, kdy se samicemi jedné skupiny (plemena, linie) křížíme několik různých skupin samců. Výhodou tohoto křížení je, že při menším počtu odchovných ploch můžeme otestovat více otcovských skupin a tento typ křížení zapadá lépe do strategie rybářských podniků. Rybářské podniky, které se spoléhají na získávání váčkového plůdku z reprodukce vlastních ryb, využívají velmi často jen jednu skupinu (linii, plemeno) lysého kapra a jednu skupinu kapra šupinatého jako základní. Ke každé skupině (linii, plemeni) pak hledají další pro produkci užitkových hybridů s lepší výkonností. Použitím vrcholového křížení jsou tak schopni v jednom testu otestovat více potenciálních kříženců (Flajšhans a kol., 2008).



Obr. 3. Příklad vrcholového křížení s otcovskou dědičností (převzato z Flajšhans a kol., 2008).

2.3.3. Reprodukční (kombinační) křížení

Reprodukční křížení je vícenásobné křížení, kdy postupně během několika generací křížíme několik plemen/linií/skupin za vzniku tří, čtyř i více liniových kříženců (příklad viz obr. 4). Mnohdy se využívá i zpětného křížení, kdy je F₁ hybrid nakřížen zpět na jednu z rodičovských skupin (plemen, linií). Reprodukčním křížením získáváme populace, které mohou po aplikaci stabilizující selekce či inbredizace dát vzniknout novým plemenům či liniím. Tomuto postupu se proto také někdy říká novošlechtění. U většiny druhů akvakulturních organismů se reprodukční křížení nepoužívá (Gjedrem, 2005), ale u kpra obecného našla tato metoda své uplatnění.



Obr. 4. Příklad kombinačního křížení za vzniku čtyřliniového hybridu (převzato z Flajšhans a kol., 2008).

3. SPECIFIKA ŠLECHTITELSKÉ PRÁCE V CHOVU RYB

Šlechtitelská práce v chovu ryb má svá specifika, jež znemožňovala nebo omezovala plné využití některých šlechtitelských metod běžně užívaných u ostatních hospodářských zvířat. Kvůli některým specifickým došlo v minulosti také k řadě chybných interpretací výsledků při prováděných experimentech a některé metody při šlechtění ryb nebyly poté využívány (Vandeputte, 2003). Myslíme si, že je vhodné specifika popsána Flajshansem a kol. (2008) a Kocourem a kol. (2010) zopakovat i v této metodice a uvést problémy, jež mohou konkrétní specifika způsobit v hybridizačním programu. Informace mohou pomoci uživatelům metodiky lépe porozumět některým opatřením při popisování vlastních hybridizačních postupů.

1) **Rozmnožovací schopnost** u ryb je ve srovnání se skotem, prasaty či drůbeží výrazně vyšší a pohybuje se řádově v tisících až milionech potomků od jediného rodičovského páru z jediného výtěru. Tato zdánlivá výhoda ale v minulosti vedla k tomu, že se při rozmnožování používalo jen malé množství jedinců, kteří postačovali na produkci potřebného množství váčkového plůdku. Mnoho dnešních plemen kapra vzniklo z relativně malého počtu předků, mnohdy i společných, takže genetická variabilita kulturních plemen či linií kapra je nižší než u divokých populací (Kohlmann a kol., 2003, 2005; Hulák a kol., 2010). U lososovitých ryb je situace příznivější, neboť plodnost samic je 20–30x nižší ve srovnání s kaprem obecným. Při testování užitkovosti hybridů se v dřívějších dobách používal k založení testovaných populací malý počet rodičů, což mohlo způsobit převážení vlivu jedinečných genotypů nad výhodností plemene/linie jako celku a výsledky pak nebyly široce uplatnitelné. Další nevýhodou u reprodukce ryb je skutečnost, že všechny hospodářsky významné druhy ryb se v našich podmínkách rozmnožují jen jedenkrát ročně.

2) **Přežití ryb** je ze stádia od vykulení do tržní či reprodukční velikosti ve srovnání s jinými hospodářskými zvířaty velmi nízké. V rybníčních chovech nedosahuje kumulativní přežití ryb od vykulení do reprodukčního věku zpravidla více než 20 %, v intenzivních chovech lososovitých ryb činí přežití 50–80 %. Při nesprávném nasazení váčkového plůdku, klimatických výkyvech ve velmi raném odchovu, za nepříznivých podmínek v průběhu komorování, predaci či onemocnění může přežití ryb v rybnících poklesnout během prvního roku pod hranici 5 %. V tomto případě již může být užitkovost testovaného křížence jako takového převážena silou přírodního výběru s upřednostněním jen určitých genotypů a přeživší populace nemusí svojí užitkovostí odpovídat obecným vlastnostem kříženců daných plemen/linií. Při přežití ryb, kdy není možné v testu nadále pokračovat, je nutné založit test nový a hybridizační program jako takový pak bude finančně náročnější a jeho rentabilita nižší.

3) **Podmínky prostředí** mohou výrazně vylepšit i zhoršit užitkové vlastnosti, zejména růst, přežití, plodnost apod. Vliv prostředí je u jiných hospodářských zvířat lépe kontrolovatelný a většina zvířat je chována v řízených podmínkách (výživa, teplota apod.).

Situace ve venkovních chovech, zejména v rybnících, je odlišná, neboť ryby vyrůstají zčásti na přirozené potravě dané produktivitou vodních ekosystémů. Rybníky, i když leží vedle sebe, jsou každý sám o sobě specifickým ekosystémem s mnoha proměnnými, a proto se podmínky prostředí v každém z nich mohou velmi lišit. Chováme-li geneticky odlišné skupiny ryb v jiných rybnících, nejsme schopni kvantifikovat, jak se konkrétní podmínky prostředí v jednotlivých rybnících promítly do výsledné fenotypové variance, a tak ani vyjádřit podíl genetické složky. Jediným východiskem je provádět korekci fenotypových hodnot nebo chovat ryby v jednotných podmínkách (jednom rybníku). Bohužel matematické úpravy hodnot nejsou nikdy zcela přesné a společný chov ryb v jednom rybníku není vždy možný z důvodu problematického značení mladých věkových kategorií ryb.

4) Problémy s individuálním/skupinovým značením jsou dány velikostí počátečních vývojových stádií ryb (několik mm až cm). V této velikosti není možno efektivně jednotlivé skupiny/populace/křížence označit, a tedy odchovávat od počátku ve společných podmínkách prostředí. Křížence ani mnohá plemena ryb není možné od sebe na základě vzhledu odlišit. Při odděleném chovu, zvláště v rybnících, se potýkáme s odlišnými podmínkami prostředí, jak bylo vysvětleno v bodě 3 a pro eliminaci takového vlivu musíme mít dostatečný rybníční fond, což bývá problém. Proto se v hybridizačních programech prováděných v rybnících využívá tzv. kontrolní skupina k eliminaci odlišného vlivu prostředí. Jako kontrolní skupina může být použit pouze stejný druh ryby jako ten, jenž je předmětem hybridizačního programu, který je ale od testovaných populací snadno vizuálně odlišitelný. Situace je snadná u druhů, kde existují fenotypově odlišné formy v ošupení (lysec vs. šupináč; divoké vs. zlaté či jiné zbarvení). Bohužel ne u všech druhů ryb se fenotypově snadno odlišitelné formy vyskytují. Možnosti skupinového značení, které jsou rychlé a efektivní jsou omezené, což vzhledem ke způsobu testování ryb v hybridizačních programech omezuje počet testovaných skupin v jednom testu.

5) Vedení rodokmenů jedinců je v chovech ryb zpravidla ekonomicky neúnosné. Naráží to na nemožnost individuálního označení potomstva v počátečním vývojovém stadiu a na nedostatek odchovných ploch pro oddělené držení potomstva po konkrétním rodičovském páru do doby možného individuálního označení. Při odděleném chovu, můžeme-li si jej dovolit, se zase potýkáme s odlišnými podmínkami prostředí. Nejúčinnější metodou je používání molekulárně genetických metod, kdy je možno pomocí mikrosatelitních márkérů přiřadit jedince k rodičovskému páru. Všechny jedince můžeme držet v jednotných podmínkách směsných obsádek a ke stanovení původu nám stačí z potomka a potenciálních rodičů odebrat 1cm² ploutevní tkáň. Nicméně úspěšnost přiřazení jedinců k jedinému rodičovskému páru se pohybuje na úrovni 80–95 % a cena tohoto stanovení je pro běžné chovatele neúnosná. Bez znalostí příbuzenských vztahů však nejsme schopni stanovit heritabilitu či odhadovat plemennou hodnotu jedinců, což způsobuje problémy především v selekčních programech. V chovech ryb

se proto zpravidla nezaměřujeme na výkonné jedince, ale na celé populace (generační hejna), což je u hybridizačních programů výhodou.

6) **Vhodný rybníční fond** je omezením zpravidla v selekčních programech ryb, ale i v hybridizačních programech způsobuje problémy. Pro minimalizaci vlivu podmínek prostředí je vhodné, aby rybníky, kde probíhá testování, byly velikostně stejné, měly stejný charakter dna a břehů, stejný podklad, přítokovou vodu a i další podmínky celého vodního ekosystému. Dva takové stejné rybníky není možné prakticky najít. Před skupinovým značením ryb, kdy je každá testovaná skupina chována odděleně, bychom tak i s využitím kontrolní skupiny potřebovali pro každou z nich minimálně 3 a nejlépe 5 rybníků. Při testování 3 kříženců a jednoho čistého plemene (4 skupiny) bychom tak potřebovali 12–20 rybníků.

7) **Délka generačního intervalu**, tedy průměrný věk rodičů při narození jejich prvního potomstva je u našich ryb mnohonásobně delší než u ostatních hospodářských zvířat. V našich klimatických podmínkách se např. samci kapra obecného využívají k reprodukci poprvé zpravidla ve věku 4 let. Samice dospívají ve věku 4 až 5 let. U ostatních druhů ryb je situace podobná, ryby lososovitě, štika obecná, okoun říční a candát obecný dospívají zpravidla o 1–2 roky dříve. Později než kapr dospívají amur a tolstolobici (7–8 let). Jeseteři dospívají dokonce až ve věku 8–15 let. Délka generačního intervalu značně omezuje šlechtitelskou práci a prodlužuje dobu dosažení viditelných výsledků.

4. METODICKÉ POSTUPY PŘI VYUŽITÍ KŘÍŽENÍ (HYBRIDIZACE)

V podmínkách českého rybářství se doporučuje provádět výhradně vnitrodruhové křížení (hybridizaci). Mezidruhová hybridizace (např. mezi jesetery, síhy, tolstolobiky, lososovitými rybami) se z důvodu minimálního ekonomického přínosu a velkého rizika záměny ryb a jejich zařazení do stavů generačních ryb nebo úniků hybridů do volných vod s možností ovlivnění původních obsádek (zejména u síhů) nedoporučuje. Vnitrodruhová hybridizace zaměřená na křížení různých plemen či linií je velmi efektivní u kapra obecného a zdá se, že by mohla najít své uplatnění i u lína obecného (Kocour a kol., 2010) a pstruha duhového (Gjedrem, 2000). U ostatních druhů ryb chovaných v České republice kromě sumce velkého není tato metoda zatím aktuální, neboť u nich nerozlišujeme plemena či linie.

4.1. Křížení u kapra obecného

Hybridizaci u kapra obecného můžeme využít k tvorbě nových linií/plemen či k produkci užitkových obsádek určených pro chov tržních ryb. Nové linie/plemena můžeme

nadále využívat k produkci tržních ryb čistokrevnou plemenitbou nebo v selekčním programu, častěji se ale využívají k produkci užitkových obsádek křížením s dalšími plemeny/liniemi kapra. V úvodu metodiky bylo popsáno, že důvodem produkce kříženců je využívání fenoménu zvaného heterozní efekt, jenž má za určitých okolností významně pozitivní vliv na růstové vlastnosti hybridů i na jejich životaschopnost.

4.1.1. Produkce užitkových hybridů

4.1.1.1. Proč provádět křížení při zakládání užitkových (produkčních) obsádek?

Nespornou výhodou hybridizace je stabilizace meziročních výkyvů v přežití i růstu užitkových obsádek v porovnání s užitkovými obsádkami čistokrevných plemen/linií. V závislosti na výběru hybridní kombinace a rodičovském plemeni/linii/populaci, ke kterému onu hybridní kombinaci porovnáváme, lze v tržní velikosti očekávat u vhodných kříženců ryby s průměrnou hmotností vyšší o 15–40%. Kumulativní hodnoty přežití mohou být rovněž výrazně vyšší a čím jsou podmínky v průběhu odchovu vzdálenější od těch optimálních, tím vyšší rozdíl v přežití i růstu je možné očekávat. U podílu jedlých částí těla není působení heterozního efektu tak jednoznačné. U různých hybridů byly i přes jejich lepší užitkovost v růstu a/nebo přežití zaznamenány nižší, obdobné i vyšší hodnoty ve srovnání s čistými plemeny/liniemi, rozdíly nebyly zpravidla ale příliš výrazné.

Velmi důležité z ekonomického hlediska je to, že obsádky s lepším růstem a přežitím využijí, jak se zdá, mnohem efektivněji dostupné potravní zdroje v rybníce. Chovem hybridních obsádek můžeme tedy zvýšit produkci ryb z jednotky rybníční plochy, a to je v rybníčním hospodářství tím nejdůležitějším ekonomickým ukazatelem.

4.1.1.2. Jaká plemena/linie volit k tvorbě hybridů?

Ne všechny hybridní kombinace vykazují lepší užitkové vlastnosti ve srovnání s užitkovostí rodičovských plemen. Nejspolehlivější a prakticky jedinou možnou metodou pro nalezení vhodných hybridních kombinací pro užitkové chovy je porovnání výkonnosti různých kříženců v testech užitkovosti. Povinnost otestovat hybrida před jeho komerčním využitím vyplývá i z plemenářského zákona č. 154/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Testování užitkovosti hybridů kapra obecného je pravidelně prováděno na 4–5 organizacích, jež jsou členy Rybářského sdružení České republiky. Testování užitkovosti ryb je dle současné metodiky prováděno od 80. let 20. století. Od roku 2000 jsou výsledky všech testů užitkovosti každoročně sumarizovány a předávány pro potřeby ústřední evidence. Do dnešní doby jsou v této databázi shrnuty kompletní výsledky (od stádia váčkového plůdku do tržní velikosti ryb) užitkovosti u 17 různých kříženců (včetně reciprokých) z šesti různých typů testů (tab. 1). Na území České republiky je v současné době chováno 19 oficiálně uznávaných plemen/linií kapra (Gela a kol., 2009), z nichž je 12 lysých a 7 šupinatých. Pokud bychom chtěli otestovat všech-

ny hybridní kombinace se všemi čistými plemeny/liniemi, potřebovali bychom provést 1 406 testů. Doba jednoho testu je 3 roky a při provádění jednoho testu v daném čase bychom potřebovali 4 218 let. Dobu k vytipování plemen vhodných k užitkovému křížení či přednostnímu otestování užitkovosti zdánlivě perspektivních hybridů je možné výrazně zkrátit přihlednutím k následujícím skutečnostem:

1. Významný heterozní efekt je možné očekávat při křížení plemen/linií s vyšší genetickou vzdáleností.

Výsledky různých studií naznačují, že kříženci plemen s největší genetickou vzdáleností mnohem častěji vykazují vyšší užitkovost. Neplatí to ale univerzálně, jak je vysvětleno níže, proto je na údaje o genetických vzdálenostech nutno pohlížet jen jako na pomocné vodítko. U plemen/linií kapra obecného chovaných v České republice probíhá mapování genetické variability již několik desetiletí. Za tuto dobu je k dispozici několik porovnávaných genetických vzdáleností odlišných plemen/linií na základě různých genetických markerů a různých metod odhadů genetických vzdáleností (Příloha 1). Výsledky odhadu genetických vzdáleností stejných plemen/populací se v různých studiích liší. Rovněž výsledky testů užitkovosti u hybridů uvedené v tabulce 1 nejsou vždy ve shodě s genetickými vzdálenostmi mezi rodičovskými plemeny (tzn. hybridy vzniklé křížením plemen s nižší genetickou vzdáleností vykazují občas lepší užitkové vlastnosti než hybridy vzniklé křížením plemen s nižší genetickou vzdáleností). Vysvětlení mohou být následující:

- a. Jedinci/populace, kteří/keré byli/y použiti/y ve studiích pro určení genetické vzdálenosti, nejsou identičtí/ické s jedinci/populacemi využitými k založení testů užitkovosti. Genetické vzdálenosti mohou být přitom rozdílné i v rámci stejného plemene (viz Příloha 1), kde je názorně vidět, že dvě stejná plemena pocházející z jiných lokalit si mohou být geneticky vzdálenější ve srovnání s jinými plemeny.
- b. K odhadu genetických vzdáleností byly použity různé genetické markery (např. alozymy vs. mikrosatelity). Podle míry variability těchto markerů se mohou výsledky někdy i výrazně lišit (Příloha 1).
- c. K odhadu genetických vzdáleností byla použita různá nastavení pro jejich výpočet.
- d. K jednotlivým studiím byl použit různý počet jedinců daného plemene/populace. Zejména v případě malého počtu vzorků u vysoce polymorfních lokusů mohou být výsledky významně ovlivněny.

Tab. 1. Výsledky testů užitkovosti kapra obecného v tržní velikosti při porovnávání různých hybridních kombinací při vrcholovém křížení od roku 2000. Data byla převzata z údajů předávaných pro potřeby ústřední evidence. **ŽHM** – živá hmotnost ryb na konci testu; **KPř** – kumulativní přežití od stádia váčkového plůdku do konce testu; **POT** – podíl opracovaného trupu; **PFSK** – podíl filetu s kůží; **HE** – heterozní efekt hybridu vůči čistému plemeni/linii v rámci daného testu. Tučně jsou zvýrazněny užitkově nejlepší hybridní kombinace v rámci daného testu.

Test č.	Počet org.	Testované skupiny	ŽHM (g)	KPř (%)	Jateční výtěžnost (%)		HE (%)	
					POT	PFSK	ŽHM	KPř
1	1	M72	1278 ^a ± 26,3	3,8 ^a ± 0,45	61,5 ^a ± 0,45	39,1 ^b ± 0,34	–	–
	1	M72 x M2	1371 ^{ab} ± 26,2	8,9 ^b ± 0,99	60,3 ^a ± 0,41	37,8 ^a ± 0,31	7,3	134,2
	1	M72 x PL	1475 ^{bc} ± 29,8	5,7 ^{ab} ± 0,19	60,2 ^a ± 0,39	38,0 ^a ± 0,29	15,4	50,0
	1	M72 x DOR	1619 ^c ± 28,3	26,0 ^c ± 2,27	60,6 ^a ± 0,38	39,1 ^b ± 0,28	26,7	584,2
2	1	DOR	1756 ^a ± 563,5	2,9 ^a ± 2,27	63,2 ^b ± 0,41	40,0 ^b ± 0,40	–	–
	1	DOR x M2	1861 ^b ± 383,4	8,9 ^b ± 10,07	62,7 ^{ab} ± 0,32	39,8 ^b ± 0,32	6,0	206,9
	1	DOR x L15	2003 ^{bc} ± 362,7	7,7 ^b ± 6,70	61,5 ^a ± 0,30	37,4 ^a ± 0,29	14,1	165,5
	1	DOR x M72	2031 ^c ± 421,1	11,6 ^c ± 11,24	61,7 ^{ab} ± 0,38	38,1 ^a ± 0,37	15,7	300,0
3	1	PŠ	1256 ^a ± 190,3	0,7 ^a ± 0,03	62,8 ^b ± 0,33	46,5 ^b ± 0,33	–	–
	1	PŠ x M72	1597 ^b ± 275,6	11,6 ^b ± 1,71	61,5 ^a ± 0,26	45,2 ^a ± 0,26	27,1	1557,1
	1	PŠ x ROP	1971 ^c ± 317,9	29,0 ^c ± 2,89	62,4 ^{ab} ± 0,32	47,0 ^b ± 0,32	56,9	4042,9
4	4	M2	1434 ^a ± 339,1	14,9 ^a ± 9,21	64,7 ^a ± 1,5	41,2 ^b ± 3,8	–	–
	3	M2 x L15	1341 ^a ± 282,1	13,2 ^a ± 7,69	65,1 ^a ± 1,7	38,4 ^a ± 1,3	-6,5	-11,4
	4	M2 x DOR	1466 ^a ± 307,9	20,4 ^b ± 14,6	65,5 ^a ± 1,5	42,2 ^b ± 4,2	2,2	36,9
	4	M2 x M72	1496 ^a ± 345,0	21,0 ^b ± 10,2	65,0 ^a ± 1,6	41,8 ^b ± 4,3	4,3	40,9
5	2	ROP	1790 ^a ± 48,1	9,2 ^a ± 0,30	61,9 ^a ± 0,49	43,5 ^a ± 0,39	–	–
	2	ROP x ML	2016 ^b ± 48,1	11,0 ^b ± 0,43	62,0 ^a ± 0,51	43,1 ^a ± 0,41	12,6	19,6
	2	ROP x TAT	2233 ^c ± 48,1	28,8 ^d ± 0,26	61,4 ^a ± 0,49	42,9 ^a ± 0,39	24,7	213,0
	2	ROP x PŠ	2272 ^c ± 48,1	16,8 ^c ± 0,26	61,1 ^a ± 0,49	42,9 ^a ± 0,39	26,9	82,6
6	3	HSM	1257 ^a ± 31,5	2,9 ^a ± 1,60	61,6 ^a ± 0,22	39,9 ^a ± 0,25	–	–
	3	HSM x M72	1293 ^{ab} ± 32,8	5,4 ^{ab} ± 1,68	61,7 ^a ± 0,20	40,3 ^a ± 0,23	2,9	86,2
	2	HSM x Te	1304 ^{ab} ± 32,0	6,9 ^{ab} ± 1,90	63,2 ^b ± 0,24	41,5 ^b ± 0,28	3,7	137,9
	3	HSM x AL	1413 ^b ± 31,5	11,4 ^b ± 1,60	63,0 ^b ± 0,19	41,1 ^b ± 0,22	12,4	293,1

Pro výběr nejvhodnějších plemen/linií k produkci užitkových hybridů je dobré zaměřit se na ty dvojice, které ve všech tabulkách vykazují nejvyšší hodnoty či jedny z nejvyšších hodnot genetických vzdáleností. Mimoto by chovatelé měli vzít v úvahu dostupnost plemen a okruh zúžit jen na ta, která jsou k dispozici nebo jejichž pohlavní produkty můžeme pro založení hybridů získat. Pokud není u naší linie/plemene genetická variabilita známa, doporučuje se nechat si ji udělat. Dosud jediným pracovištěm s oprávněním pro ověřování původu ryb dle § 12 plemenářského zákona č. 154/2000 Sb., v aktuálním znění, je Ústav živočišné fyziologie a genetiky AV ČR, v.v.i. v Liběchově (ÚŽFG AV ČR). Pracovníci provedou po dohodě se zadavatelem odběr tkání (krev nebo ploutevní tkáň) pro biochemické či genetické

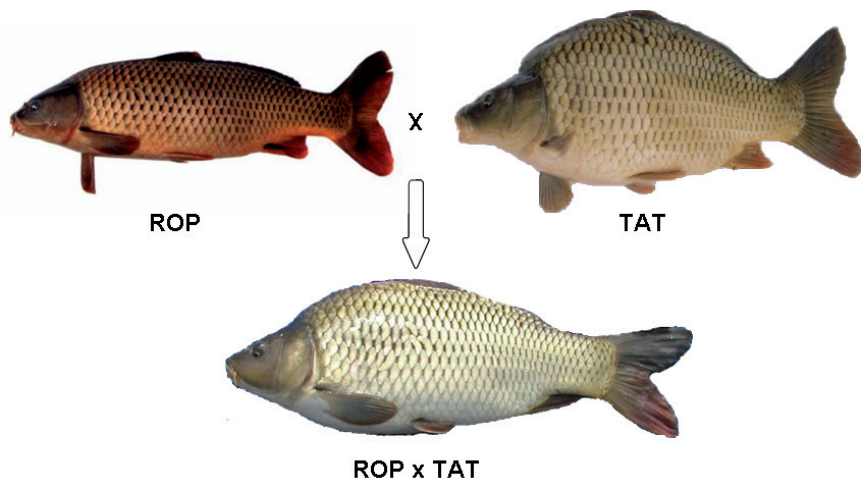
analýzy z min. 30 ks generačních ryb na dohodnutém místě. Cena vlastní analýzy jednoho vzorku přijde zhruba na 950–1 100 Kč bez DPH (údaje z roku 2011) a celkové náklady včetně odběru tkání a výpočtu genetických vzdáleností se pohybují zpravidla mezi 30–40 tis. Kč. Na základě stanovení genetické variability může být odhadnuta genetická vzdálenost mezi novým a již zanalyzovanými plemeny/liniemi. Genetické analýzy mohou dále provádět i další k tomuto účelu zřízené laboratoře. Seznam akreditovaných laboratoří, tedy takových, u nichž je práce prováděna dle určitých standardů kvality, je možné nalézt na stránkách Českého institutu pro akreditaci, o. p. s. (www.cai.cz). Genetickými analýzami ryb se zabývá rovněž Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.

2. **Znalost fenotypu křížených plemen/linií je důležitá.** Příliš se nedoporučuje vybírat ke křížení plemena o různém fenotypu ošupení (tzn. šupinaté x lysé či naopak). Pokud chceme produkovat šupinaté užitkové obsádky, je vždy lepší volit křížení mezi dvěma šupinatými plemeny/liniemi. Pokud nemáme na výběr a využijeme křížení plemen/linií s odlišným ošupením, které také může přinést výrazný heterozní efekt, je důležité dbát zvýšené opatrnosti, aby se nedopatřením nedostali heterozygotní užitkoví hybridi do obsádek ryb využívaných k reprodukci. Recessivní alelu „s“ pro lysost by bylo poté velmi těžké z populace generačních ryb eliminovat. Dalším důležitým hlediskem je požadovaný tvar těla u užitkových hybridů. Pro vzájemné křížení bychom měli využívat jen ta plemena/linie, jejichž tvar těla svojí průměrnou hodnotou odpovídá požadovanému tvaru těla užitkových ryb. Pokud chceme získat např. hybrida se středním tělesným rámcem, můžeme křížit buď plemeno/linii s nízkým tělesným rámcem (např. AS, ROP, M72) s plemem/linií vysokého tělesného rámce (např. TAT, M2, HSM), a nebo dvě plemena/linie se středním tělesným rámcem. Na pohlaví plemen přitom příliš nezáleží, tzn. že pokud budeme křížit např. samice plemene Ropšinského (ROP) se samci plemene Tatajského (TAT) – ROP x TAT, nebo naopak TAT x ROP, můžeme očekávat v obou případech hybrida se středním tělesným rámcem (obr. 5). Celkové vzezření i užitkovost reciprokých hybridů může být ale kvůli specifickým maternálním (ze strany matky) či paternálním (ze strany otce) efektům trochu odlišné. Pokud zkřížíme dvě plemena/linie jen s nízkým nebo jen s vysokým tělesným rámcem, s vysokou pravděpodobností získáme hybrida opět s nízkým, resp. vysokým tělesným rámcem.

4.1.1.3. Jak založit obsádky užitkových hybridů?

Postup umělého výtěru krapa obecného je popsán v metodice od Gely a kol. (2009). Nejvhodnější je použít samice jednoho plemene/linie a samce plemene/linie druhého (tzn. buď AxB nebo BxA). Provádění reciprokého křížení, tedy kombinovat křížení obou pohlaví od obou plemen v jednom výtěru (AxB i BxA), se nedoporučuje a měli bychom k němu přistoupit jen v případě nedostatku samic či samců používaných plemen/linií. Užitkovost reciprokých kříženců může být totiž odlišná (Bentsen a kol., 1998),

i když v mnoha případech nebyly žádné rozdíly zjištěny (Odegard a kol., 2010; Moreira a kol., 2005). Již bylo naznačeno, že vzhled kříženců co do tvaru těla a celkového vzhledu (vyjma ošupení) bude zpravidla odpovídat průměru obou rodičovských plemen/linií. Pokud přeci jen ale chceme zachovat co nejvíce genů z plemene/populace, na níž je náš chov založen, doporučuje se toto plemeno/linii využívat jako mateřské, tzn. k výtěru používat samice tohoto plemene/linie. Díky možnému maternálnímu efektu a dědičnosti mitochondriální DNA, která se přenáší na potomstvo téměř výhradně po mateřské linii, získáme hybridy s vyšším podílem celkového DNA naší původní populace. Při zakládání užitkových obsádek můžeme osemenění jiker provádět heterospermaticky, tedy přidáním 2–10 ml kvalitního spermatu od každého z libovolně vybraných 3–5 samců na 1 kg jiker (Gela a kol., 2009). Počet generačních ryb použitých k založení užitkové obsádky může být jen takový, aby pokryl potřebu námi požadovaného množství váčkového plůdku. Při zakládání hybridů pro účely testování užitkovosti je zapotřebí z důvodu zajištění dostatečné genetické a genotypové variability provádět výtěr nejméně 15 samic a 25 samců a osemenění jiker provádět semi-heterospermatickou metodou (Flajšhans a kol., 1999) nebo individuálně (Flajšhans a kol., 2009). Semi-heterospermatické nebo individuální oplození jsou doporučovány i při zakládání užitkových obsádek. V obsádce se tak vyhneme možné převaze potomstva jen po určitých rodičích, jež nám v případě jejich negativního působení na užitkovost může snížit celkovou výši heterozního efektu.



Obr. 5. Ukázka vzhledu rodičovských plemen a výsledného křížence při křížení dvou plemen s rozlišným tělesným rámcem. **ROP** – Ropšinský kapr s nízkým tělesným rámcem (foto: archiv FROV JU); **TAT** – Tatajský šupinatý kapr s vysokým tělesným rámcem (foto: archiv FROV JU); **ROP x TAT** – výsledný hybrid se středním tělesným rámcem (foto: Ing. Vladimír Chytko).

4.1.1.4. Jak odchovávat užitkové obsádky hybridů?

Užitkové obsádky hybridů se odchovávají standardním způsobem běžným v podmínkách českého rybářství. Je nutné ale počítat s tím, že při zachování obsádek může kvůli vyšší užitkovosti ryb (růst i přežití) dojít ke změně podmínek prostředí v rybnících oproti těm při chovu užitkových obsádek z čistokrevné plemnitby. Ve všech fázích odchovu lze očekávat dřívější ústup přirozené potravy v rybnících a nutnost časnějšího počátku příkrmování ryb. Způsob odchovu hybridů zařazených v testech užitkovosti je dán metodikou testování schválenou RS ČR. Intenzita hospodaření na rybnících není v metodice nikterak upravována, měla by ale odpovídat běžnému způsobu hospodaření v daném podniku.

4.1.1.5. Je možné užitkové hybridy využívat k další reprodukci?

V některých podnicích jsou generační ryby pro produkci užitkových obsádek v dalších letech vybírány přímo z užitkových obsádek. Tento způsob obnovy plemenných ryb je možné provádět v případech, kdy užitkové obsádky vznikly čistokrevnou plemnitbou. Abychom se při výběru plemenných ryb z užitkových obsádek vyvarovali ztrátě genetické variability, jež by postupně mohla vyústit až v inbrední depresi (zhoršení celkového fitness – růstu, odolnosti, reprodukční schopnosti atd.), je nutné, aby byly užitkové obsádky ryb zakládány metodami semi-heterospermatického či lépe individuálního osemenění nebo abychom měli pro výběr ryb širokou základnu (tzn. výběr ryb z několika rybníků, v nichž obsádky vznikly výtěrem jiných generačních ryb apod.). **Při využívání hybridizace k produkci užitkových obsádek se využití kříženců k následné vzájemné reprodukci nedoporučuje.** V následné (druhé filiální – F_2) generaci se dá s vysokou pravděpodobností očekávat vyštěpení různých fenotypů (tvarem těla, užitkovostí, celkovým vzhledem) v závislosti na tom, jak se fenotypově od sebe odlišovala původní rodičovská plemena/linie. Fenomén heterozního efektu se navíc v F_2 generaci zpravidla ztrácí, takže užitkovost F_2 generace bude s vysokou pravděpodobností nižší než u F_1 generace. Využití kříženců v dalším šlechtitelském programu je možné jen při jejich křížení s jiným plemenem/linií pro:

- Produkci tří a víceliniového užitkového hybrida
- Získání nové linie s žádanými geny (kapitola 4.1.2.)
- Zakládání syntetické populace pro účely selekčního programu (Kocour a kol., 2010).

4.1.2. Produkce nových linií/plemen – novošlechtění

4.1.2.1. Proč přikročit k novošlechtění?

Novošlechtění je velmi vhodnou metodou zejména v chovu lysých forem kapra, které jsou v současnosti lepším obchodním artiklem kvůli požadavkům spotřebitelů. Pro chovatele je chov lysých forem kapra méně výhodný, neboť jsou vnímavější k většině

onemocnění a rostou pomaleji než kapři s šupinatým fenotypem. Bylo prokázáno, že fitness u běžných lysých forem kapra je díky pleiotropnímu účinku (gen má vliv na více znaků) genů, zodpovědných za fenotyp ošupení, zhruba o 3 % nižší ve srovnání s šupinatým fenotypem (Probst, 1953). Mezi šupinatými kapry se na území České republiky chová i populace Amurského sazana (AS) náležejícího k poddruhu, *Cyprinus carpio haematopterus*, a plemeno s geny tohoto poddruhu, Ropšínský kapr (ROP). AS i ROP vykazují vyšší nescifickou imunitu proti závažným onemocněním kapra obecného (např. jarní virémie kaprů či KOI herpesviróza), které jsou pro chovatele velkou hrozbou (Shapira a kol., 2005). Nejžádanějším způsobem při produkci nových linií/plemen je proto přenesení nescifické imunity z AS či ROP na lysé formy kapra.

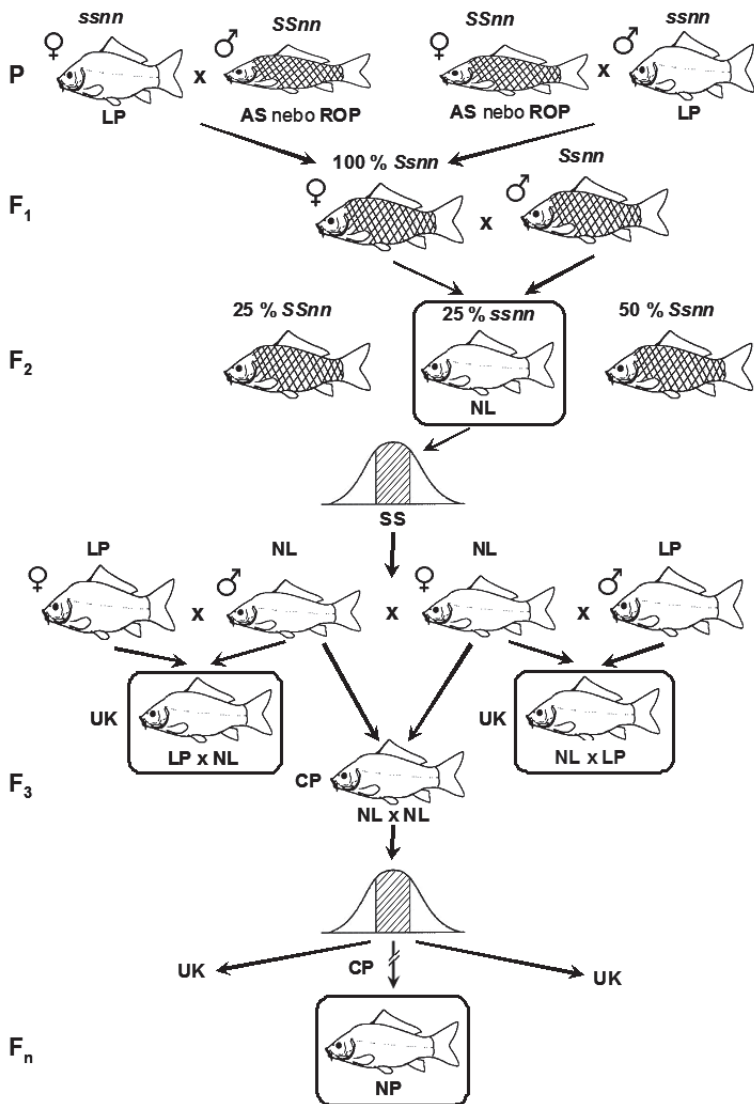
4.1.2.2. Jak přenést geny AS či ROP na lysé linie?

- Vybereme si libovolné lysé plemeno/linii z vlastního chovu (nejlépe to, jež je dobře adaptováno na místní podmínky). Doporučuje se, aby plemeno mělo vyšší tělesný rámec, ale není to podmínkou. Generační ryby vybraného plemene/linie připravíme k výtěru obvyklým způsobem (např. Gela a kol., 2009), a to v počtu minimálně 15 samic v případě využití plemene/linie v mateřské pozici či 25 samců v případě využití plemene/linie v otcovské pozici.
- K výtěru připravíme i generační ryby Amurského sazana nebo Ropšínského kapra. AS je více doporučován, neboť se jedná o čistou formu východo-asijského poddruhu kapra s předpokládanou vyšší nescifickou imunitou. Potřebný počet ryb je minimálně 25 samců v případě jejich využití jako otcovské linie nebo 15 samic, využijeme-li je jako mateřskou linii. Pokud nemáme k dispozici vlastní generační ryby AS či ROP, oslovíme některý z podniků, jež je jejich držitelem, a pokusíme se pohlavní produkty zakoupit. Mnohem jednodušší a bezpečnější je převoz spermatu, proto se doporučuje v tomto případě využívat AS či ROP jako otcovskou linii. Pokud neznáme chovatele AS a ROP osobně, můžeme o údaje požádat RS ČR, jež data o chovatelích plemenných ryb předává do ústřední evidence. RS ČR však není povinno údaje na požádání poskytnout.
- Provedeme osemenění jiker spermatem a oplození (Gela a kol., 2009), a to metodou semi-heterospermatického či individuálního oplození. Při semi-heterospermatickém oplození rozdělíme směs jiker od všech samic na pět stejných částí a každou z nich osemeníme spermatem pěti jiných samců. Při individuálním oplození se směs jiker od všech samic rozdělí na tolik dílů, kolik máme individuálně odebraného spermatu samců a každý z dílů se osemení spermatem jiného samce.
- Oplozením získáme F_1 generaci, která bude fenotypově šupinatá, ale genotypově heterozygotní (obr. 6). Ryby z F_1 generace obsahují polovinu genetické informace od AS nebo ROP.

- Ryby odchováváme standardním způsobem běžným pro odchov budoucích generačních ryb až do věku jejich vhodnosti k umělé reprodukci (zpravidla 4–5 let). Důsledně dbáme na to, aby se ryby této F_1 generace nedostaly do obsádek jiných šupinatých generačních ryb genotypově homozygotních. Na konci odchovu nám postačí získat 120 ks generačních ryb. Potřeba rybníčných ploch nebude proto v žádné fázi odchovu vysoká a nepřesáhne plochu 0,5 ha.
- Vybrané ryby F_1 generace (opět minimálně 15 samic a 25 samců) vzájemně zkřížíme mezi sebou stejným způsobem jako při zakládání F_1 generace. Získáme F_2 generaci, jež odchováváme první vegetační sezónu do stadia K_1 . Ryby F_2 generace budou fenotypově ze 75 % šupinaté a z 25 % lysé. Pro další odchov vybereme pouze lysce a to v takovém počtu, abychom ve věku jejich reprodukce měli k dispozici minimálně 120 ks generačních ryb s poměrem pohlaví zhruba 1 : 1. Při výběru lisců zohledníme předpokládané ztráty z období od jejich selekce ve věku K_1 do reprodukčního věku a k tomuto číslu připočteme minimálně 100 % ryb navíc, abychom si nechali prostor na stabilizační selekci, tedy výběr ryb požadovaného vzhledu (tělesný rámec, rozmístění šupin apod.). Fenotyp lysých ryb bude totiž díky segregaci rodičovských alel v F_2 generaci hodně variabilní. Po selekci všechny ostatní ryby (šupinaté a zbylé lysé) zařadíme nejlépe do užitkových (tržních) obsádek. K vybraným liscům přistupujeme stejně jako k remontním a generačním rybám. **Při vlastním zařazování ryb do generačních stavů (ve věku K_4 – K_5) se doporučuje vybírat ryby nižšího až středního tělesného rámce,** který odpovídá tělesnému rámci AS nebo ROP a naznačuje tak, že konkrétní jedinec je nositelem genů těchto ryb (obr. 7). Výběr můžeme provádět pouze subjektivně, proto je vhodné, aby jej prováděl zkušený chovatel.



Obr. 7. Ukázka vzhledu novošlechtěné lysé linie s geny Amurského sazana (AS) v reprodukční velikosti, generace F_2 (foto: Martin Kocour).



Obr. 6. Schématické znázornění založení a využití novošlechtěné lysé linie s geny šupinatých kaprů. AS – Amurský sazan; ROP – Ropšínský kapr; SSnn – šupinatý homozygot; Ssnn – šupinatý heterozygot; ssnn – lysý genotyp; P – parentální generace; F₁ – první filialní generace; F₂ – druhá filialní generace; F₃ – třetí filialní generace; F_n – n-tá filialní generace; LP – libovolné plemeno; NL – novošlechtěná linie; SS – stabilizující selekce; UK – užitkové křížení; ČP – čistokrevná plemenitba; NP – nové plemeno.

4.1.2.3. Jak dále využívat novošlechtěnou linii?

Novošlechtěnou linii je nevhodnější využívat k hybridizaci s jinými lysými plemeny/liniemi vyššího tělesného rámce (např. s plemeny maďarských lysců) pro tvorbu užitkových obsádek. Není důležité, zda novošlechtěnou linii využijeme na mateřské či otcovské pozici, využití na otcovské pozici je ale více doporučeno. Pro hybridizaci je neoptimálnější, aby použité plemeno ke křížení bylo jiného původu než to, které jsme využili v parentální generaci při zakládání novošlechtěné linie. Můžeme pak zpravidla očekávat vyšší heterozní efekt. Křížení novošlechtěné linie i na původní rodičovské lysé plemeno za účelem produkce užitkových obsádek je ale možné. Novošlechtěnou linii je možné využívat později (za několik dalších generací) k produkci užitkových obsádek i čistokrevnou plemenitbou. Před využitím novošlechtěné linie k produkci užitkových obsádek (křížením nebo čistokrevnou plemenitbou) je potřeba provést kontrolu výkonnosti hybridů/linie v testu užitkovosti ve srovnání s jinými hybridy či plemeny, jež by měly být nahrazeny.

4.1.2.4. Jak provádět obnovu novošlechtěné linie?

Generační ryby novošlechtěné linie se nadále mohou udržovat čistokrevnou plemenitbou. Pro způsob obnovy plemenných ryb platí stejná pravidla jako pro uchování plemen genových zdrojů ryb *in situ* (Flajšhans a kol., 2009). V tomto případě je ale možno provádět stabilizující selekci, tzn. přednostní výběr požadovaných fenotypů na základě stanovení našeho plemenného standardu (celkový vzhled, tělesný rámec, rozmístění šupin po těle ryb apod.), neboť potomci mohou po několik dalších generací vykazovat vyšší fenotypovou variabilitu. Podíl vybraných ryb by při aplikaci stabilizující selekce neměl přesáhnout 40%. Při odchovu ryb a ředění obsádek před zařazením ryb do generačních hejn je potřeba s tímto číslem počítat, abychom i po selekci měli požadovaných 120 ks ryb (nebo jiný ekvivalent v závislosti na způsobu obnovy stavu generačních hejn). Již bylo zmíněno, že je doporučováno selektovat raději ryby s nižším až středním tělesným rámcem, jelikož tak můžeme nepřímo usuzovat na přítomnost genů AS nebo ROP v jedincích. V generaci F_4 – F_5 (čtvrté až páté filiální generaci) po pravidelném provádění stabilizující selekce je možné předpokládat ustálení celkového vzhledu a v dalších generacích již stabilizující selekci nemusíme provádět. Nadále budeme využívat negativní selekci, tedy nezařazování ryb nemocných, s deformacemi či jinými nestandardními prvky. Je-li to v našem zájmu, můžeme usilovat o zapsání linie do seznamu plemen kaprů v ČR. Uznávací řízení je prováděno šlechtitelskou radou RS ČR za základě žádosti a předložení potřebné dokumentace. Pokud je užitkovost samotného čistého plemene dobrá, můžeme jej využívat v užitkových obsádkách i bez křížení. Je ale pravděpodobné, že při křížení s některými jinými plemeny můžeme u hybridů dosáhnout ještě lepší užitkovosti díky heteroznímu efektu.

Pokud v dalších generacích zpozorujeme úbytek výkonnosti novošlechtěné linie, můžeme osvěžit krev generačních ryb zařazením a reprodukci ryb s lysci generace F_2

vzniklými křížením heterozygotních šupinatých ryb F_1 generace. Původní F_1 generaci již pravděpodobně nebudeme mít k dispozici, proto si ji budeme muset opět založit. Při zakládání nové F_1 generace postupujeme podle pravidel v kapitole 4.1.2.2. Dovolíme-li nám to naše evidence, vybereme pro založení F_1 generace jiné či nepříbuzné jedince k těm, jež jsme použili na počátku programu. Po výtěru ryb n -té generace s rybami generace F_2 bude žádoucí aplikovat po další dvě generace stabilizující selekci.

4.2. Křížení u lína obecného

U lína obecného se doporučuje provádět křížení pouze za účelem produkce užitkových obsádek. Novošlechtění nepřipadá v úvahu, jelikož nemáme k dispozici jiné fenotypově odlišitelné formy, jež se hodí pro běžný komerční chov. Je potřeba zdůraznit, že chovatelé by zavedení hybridizačního programu u lína obecného měli velmi dobře zvážit, neboť:

- i přes prokázaný vliv hybridů na užitkové vlastnosti jsou výsledky u zatím jediného zdokumentovaného testu užitkovosti u růstu a přežití bohužel protichůdné (tab. 2). Není však vyloučeno, že u jiných hybridů může být užitkovost lepší u obou znaků.
- Lín obecný je zpravidla chován jen jako doplňkový druh. Pokud nejsou tržby z prodeje lína obecného důležitým zdrojem příjmů organizace a produkce lína v rámci celkové produkce ryb na organizaci není podstatná, není zavedení hybridizačního programu nutné a efektivní.

Tab. 2. Výsledek testu užitkovosti lína obecného do stadia L_{14} při porovnávání různých hybridních kombinací při vrcholovém křížení. Data byla převzata z údajů předávaných pro potřeby ústřední evidence. **ŽHM** – živá hmotnost ryb; **KPř** – kumulativní přežití od stádia váčkového plůdku do stádia L_{14} ; **HE** – heterozní efekt hybridu vůči čistému plemeni.

Test č.	Počet org.	Testované skupiny	ŽHM (g)	KPř (%)	HE (%)	
					ŽHM	KPř
1	1	R x R	21,9 ^{ab} ± 8,6	27,2	–	–
	1	R x V	18,6 ^a ± 8,0	82,5	-15,1	203,3
	1	R x M	24,4 ^{bc} ± 9,2	29,2	11,4	7,4
	1	R x T	27,7 ^c ± 11,1	13,8	26,5	-49,3

Pokud se pro zavedení hybridizačního programu rozhodneme, bude způsob řízení hybridizačního programu obdobný metodice popsané u kapra obecného (kapitola 4.1.1.) s tím že:

- Při výběru vhodných plemen lína obecného ke křížení máme jednodušší situaci, neboť jich je oproti kaprovi na území České republiky mnohem méně. Počet dostupných plemen s normálním zeleným zbarvením, jež se jediná pro

užitkové chovy hodí, je osm. Pro přednostní výběr plemen ke křížení a následnému otestování hybridů v testech užitkovosti můžeme využít poznatky o genetických vzdálenostech jednotlivých plemen lína (Kohlmann a kol., 2009) získaných sledováním variability mikrosatelitní DNA (Příloha 2).

- Ke křížení můžeme využít i nějakou místní populaci lína obecného v daném rybářském podniku. Potenciálně vhodné plemeno ke křížení s místní populací zjistíme na základě analýzy genetické variability místní populace a porovnáním této variability s údaji u dříve analyzovaných plemen. Jedinými institucemi, které jsou schopny vzhledem k přístupu k údajům o genetické variabilitě u jiných plemen lína obecného porovnání provést, jsou ÚŽFG AV ČR v.v.i. a FROV JU. Pouze ÚŽFG AV ČR je oprávněn provést ověření v souladu s § 12 plemenářského zákona č. 154/2000 Sb. Finanční náklady na provedení populačně genetických analýz se budou pohybovat ve stejných cenových relacích jako u kapra obecného.
- K vlastnímu křížení můžeme na rozdíl od kapra obecného využít jakoukoliv dvojici dostupných plemen či populací lína obecného, jelikož mezi nimi nejsou výrazné fenotypové rozdíly v tělesné stavbě, ošupení či jiných morfologických znacích. Pro výtěr ryb za účelem založení užitkových hybridních obsádek platí obdobná pravidla jako u kapra obecného (kapitola 4.1.1.3.). Způsob umělého výtěru lína obecného je popsán v metodice Linhart a kol. (2000). Ani u lína obecného se nedoporučuje využívat hybridy k další reprodukci, s výjimkou případů následné aplikace selekčního programu.

4.3. Křížení u ostatních druhů ryb

Z ostatních druhů ryb chovaných v České republice připadá v úvahu meziplenné (meziliniové) křížení především u pstruha duhového, popř. sivena amerického. Tento druh je totiž stejně jako kapr obecný již výrazně domestikován a vyskytuje se v celé řadě plemen, linií a forem. V chovatelských podmínkách České republiky nejsou údaje o užitkovosti kříženců pstruha duhového dostupné, neboť se tento způsob šlechtění u pstruha duhového nevyužívá. Ani výsledky testování různých plemen či linií pstruha duhového ve světě nejsou jednoznačné. Většina literárních zdrojů hovoří spíše o nevýznamném efektu křížení na zvyšování užitkovosti pstruha duhového (Gjerde, 1988), občas se ale objevuje i pozitivní účinek (Ayles a Baker, 1983; Gjerde, 1988). Na využití této metody v chovech pstruha duhového není jednotný názor (Gjedrem, 2000), ale raději než křížení je doporučováno využití selekčních postupů. I přesto není vyloučené, že křížením místních plemen či linií můžeme získat hybrida s lepšími užitkovými vlastnostmi ve srovnání s rodičovskými populacemi. Jedinou metodou ověření vhodnosti křížení na daném podniku je porovnání užitkovosti kříženců v testu užitkovosti dle metodiky

sestavené Šlechtitelskou radou Rybářského sdružení České republiky (Flajšhans a kol., 2008). Při provádění testování je nutné dodržovat především pravidla počtů rodičovských ryb a odchovu ryb za běžných podmínek v daném podniku.

Stejně pravidlo platí i pro ostatní hospodářsky významné druhy ryb, které se mohou vyskytovat v populacích, jež jsou si geneticky dostatečně vzdálené. Na významnou genetickou vzdálenost mezi populacemi mohou upozornit rozdíly ve fenotypu (např. stavbě těla, barvě, ošupení, chování, reakci na různé stresové faktory apod.). Ke kvantifikaci genetické vzdálenosti mezi populacemi se dnes využívají především populačně genetické studie s využitím různých genetických markerů. Bohužel není možné jednoznačně určit míru genetické vzdálenosti, která je zárukou odlišnosti vedoucí při křížení daných populací k výraznému heterózním efektu. Míru heterózního efektu je nutné vždy otestovat v testech užitkovosti. Bohužel z důvodů popsanych v kapitole 3 je velmi obtížné objektivně v rybnících otestovat většinu druhů ryb, neboť u nich neexistují jednoznačně odlišné fenotypové formy, jež by mohly sloužit jako kontrolní skupina. Všechny druhy ryb mohou být testovány ve speciálních rybochovných zařízeních při krmení kompletními krmnými směsmi v případě, kde je technologie odchovu daných druhů v takových zařízeních dobře zvládnuta.

4.4. Kombinace křížení s ostatními šlechtitelskými metodami

Velmi účinnou metodou může být kombinace selekce a hybridizace. Tato metoda připadá v úvahu zejména u druhů ryb, jež jsou systematicky šlechtěny s využitím selekce. Pokud selekcí získáme populace s odlišnými užitkovými vlastnostmi (např. rychlejší růst u jedné a vyšší odolnost nebo vyšší podíl jedlých částí těla či nižší obsah tuku u druhé), můžeme křížením těchto populací získat hybridy s oběma požadovanými vlastnostmi, tedy např. s vyšším růstem i vyšší výtěžností jedlých částí těla nebo vyšším růstem a nižším obsahem tuku. Při křížení dvou linií s odlišnými užitkovými vlastnostmi se doporučuje při zakládání populací pro test užitkovosti využít dialelní křížení (kapitola 2.3.1.). V těchto případech je vysoce pravděpodobné, že hybrid AxB bude mít jinou užitkovost než hybrid BxA.

Křížení je rovněž velmi vhodnou metodou mezi populacemi, které jsou inbrední. Inbrední populace vznikají zpravidla křížením jen několika málo jedinců po několika generacích nebo při využití genomových manipulací (např. gynogeneze). K posouzení, zda se jedná o inbrední populaci, nám napomohou zejména záznamy o reprodukci a šlechtění dané populace, mohou nám ale napovědět i výsledky genetických analýz (např. snížená četnost alel v rámci lokusů, vyšší četnost homozygotních genotypů než je očekáváno dle zákonitostí o Hardy-Weinbergově rovnováze) či snížení užitkovosti (fitness) dané populace. Křížením inbredních populací různých plemen/linií můžeme

rovněž očekávat výrazný heterózní efekt, jež je mnohdy vyšší než při křížení stejných plemen bez známek inbrídingu.

4.5. Efektivita hybridizačních programů

Jako u selekčních programů i v hybridizačních programech bude chovatele zajímat především návratnost vynaložených nákladů. Očekávané přínosy hybridizačního programu jsou především následující:

- **Zvýšení přežití ryb nebo stabilizace ročních výkyvů přežití** – jak ukazuje tabulka č. 1, kumulativní přežití hybridů vůči čistému plemeni je velmi variabilní, nicméně zpravidla vyšší, a to až desetinásobně. Lepší výsledky přežití jsou přičítány zlepšením nespecifické imunity hybridů, jež způsobí celkově vyšší odolnost vůči nemocem a nepříznivým podmínkám prostředí (Bialowas a kol., 1997).
- **Vyšší růst ryb** – vyšší růst hybridů je dán obecně vyšším fitness. Patrně se jedná o kombinaci vyššího příjmu potravy (větší chuť k jídlu) i lepšího využití krmiv. U ryb nejsou o podílu jednotlivých faktorů na vyšší růst, na rozdíl od jiných hospodářských zvířat, v literatuře žádné přesvědčivé záznamy.
- **Lepší využití produktivity rybníků** – díky lepšímu přežití ryb a vyššímu růstu využijí hybridi lépe dostupné potravní zdroje v rybnících a méně z této produkce skončí nevyužito v jiných složkách ekosystému. Chovem vysokoprodukčních hybridů tak můžeme poměrně výrazně zvýšit produkci ryb z hektaru plochy rybníka.
- **Žádné negativní korelace mezi důležitými znaky** – na rozdíl od problémů, jež se mohou vyskytnout v selekčních programech díky negativní korelaci žádoucího a nežádoucího znaku (Kocour a kol., 2010), nepředpokládáme u produkčních obsádek z hybridizačního programu žádné negativní dopady na jiné znaky. U hybridů dochází k celkovému zlepšení všech užitkových vlastností komplexně.

Z ekonomického hlediska se hybridizační program může pozitivně projevit v:

- **Dosažení vyšší tržní hmotnosti ryb.** Díky vyšší rychlosti růstu hybridů můžeme za stejnou dobu chovu dosáhnout vyšší průměrné tržní hmotnosti ryb. V chovatelských zařízeních nebo u druhů, kde není režim chovu a prodeje ryb tolik vázán na období v roce, se dá předpokládat i zkrácení doby chovu (při zachování tržní hmotnosti ryb). Zkrácení doby chovu nebude ale nikdy tak výrazné, jakého lze dosáhnout u selekčních programů.
- **Teoretické úspore krmiv.** V případě, že je vyšší růst způsoben i lepším využitím krmiv, projeví se to snížením spotřeby krmiv na 1 kg přírůstku rybního masa. Krmiva tvoří podstatnou část nákladů na produkci ryb, takže by došlo

ke snížení nákladovosti výroby na jednotku živé hmotnosti ryb.

- **Dalších dopadech na zefektivnění výroby ryb.** Při vyšším přežití ryb, zejména v rybníčních chovech, bychom mohli ušetřit na nákladech spojených s chovem generačních ryb, jejichž počet by se mohl adekvátně snížit. Navíc bychom mohli zvýšit příjmy prodejem vyššího množství násad či ušetřit na jejich nákupech, pokud jsme část násad na dosažení plánované tržní produkce nakupovali. Zvýšením produkce ryb z ha plochy a při zachování stejné nákladovosti na chov či jen přijatelném zvýšení a zachování tržní ceny ryb by se nám zlepšila celková rentabilita chovu nebo bychom při zachování stávající rentability mohli snížit cenu ryb a tím zvýšit konkurenceschopnost na trhu.

Nevýhody hybridizačního programu z ekonomického hlediska můžeme shledávat především ve zvýšení nákladů na:

- nákup, chov a obnovu nových plemen/linií využívaných k tvorbě kříženců, pokud se rozhodneme rodičovské linie/plemena využívané/á pro tvorbu užitkových hybridů odchovávat ve vlastních chovech;
- snížení odchovných ploch pro užitkové obsádky při zvýšení počtu generačních ryb;
- stanovení genetických vzdáleností plemen ryb pro výběr vhodných rodičovských populací;
- testování užitkovosti vybraných hybridních skupin;
- zvýšení pracnosti při jednotlivých krocích hybridizačního programu a celkové evidenci
- nutnosti nákupu potřebného technického vybavení (např. elektronické váhy, počítač + software, třepačka), popř. nákupu služeb na provedení statistických analýz, metodické pomoci apod.

Před vlastní aplikací hybridizačního programu a pochopitelně i v jeho průběhu je potřeba si velmi dobře spočítat, zda se předpokládané náklady a investice vrátí zpět. Provedení ekonomické studie bude proto nezbytné. Náklady spojené s hybridizačním programem se promítnou do celkových výrobních nákladů tržních ryb, proto se musí vynaložené náklady na hybridizační program vrátit v podobě zvýšené rentability chovu tržních ryb. V příloze 3 a 4 jsou uvedeny kalkulace ekonomického hodnocení úspěšnosti hybridizačního programu. Detailnější ekonomickou analýzu výsledků hybridizačního programu provede buď ekonomické oddělení nebo využijeme služeb specializovaných firem.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika shrnuje nejmodernější poznatky a znalosti o vnitrodruhové hybridizaci (křížení) ryb získané za posledních 15 let a svým rozsahem a zaměřením je první takovou metodikou svého druhu v České republice. Metodika vychází z výsledků, které byly zjištěny při testování užitkovosti ryb se zohledněním specifík šlechtitelské práce v chovech ryb, tedy s maximálním ohledem k objektivitě získaných výsledků. V metodice jsou rovněž vůbec poprvé sumarizovány vypočtené genetické vzdálenosti všech běžně dostupných plemen/linií kapra obecného a lína obecného chovaných v ČR. Znalost genetických vzdáleností je účinný nástroj při vyhledávání vhodných plemen ke křížení za účelem dosažení maximálního heterózního efektu. Výpočet genetických vzdáleností u kapra obecného v této metodice byl dělán jednak s využitím alozymových a jednak s využitím mikrosatelitních markerů, u lína obecného byly genetické vzdálenosti vypočteny s využitím mikrosatelitních markerů. V metodice nechybí ani základní ekonomická analýza efektivity hybridizačních programů při zohlednění různých, z chovatelského hlediska důležitých faktorů. Prezentovaná metodika je tedy komplexní a novodobou prací, jež může sloužit jako příručka chovatelů a šlechtitelů.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

I v současné době se potýkají chovatelé u mnoha druhů ryb s nestabilními a neuspokojivými výsledky užitkových vlastností. Jedním z důvodů těchto problémů může být inbrední deprese či výrazná vnímavost ryb k odchylkám od optimálních podmínek prostředí. Využitím postupů popsanych v této metodice je možné:

- zvýšit celkové fitness užitkových (produkčních) obsádek, jež povede k významnému heteróznímu efektu důležitých užitkových vlastností;
- vyšlechtit nová perspektivní plemena/linie pro produkci vysoce užitkových hybridů.

Metodika je tedy určena pro šlechtitelské subjekty zaměřené na zlepšování genetického potenciálu ryb a pro chovatelé subjekty zabývající se produkcí tržních ryb, které mají uzavřený obrot ryb, tj. že si produkci násad zajišťují reprodukcí vlastních generačních ryb. Hybridizační program nelze používat v chovech určených 1) k uchování genetických rezerv *in vivo* či 2) k produkci násadového materiálu pro re-introdukcí rybích druhů do volných vod. S ohledem k hlavnímu chovanému druhu ryby v ČR, jímž je kapr obecný, všeobecnému povědomí o efektivitě křížení u tohoto druhu ryby a počtu chovatelů kapra obecného v ČR jsou možnosti praktického využití metodiky v podmínkách českého rybářství velmi vysoké. Nejvyšší využití metodiky lze očekávat u chovatelů zaměřených na chov kapra obecného s produkcí nad 50 t ročně. Předpokládá se, že metodika by tak mohla najít přímé využití až ve 20 podnicích organizovaných v rámci

Rybářského sdružení ČR. V současné době jsou postupy uváděné v metodice běžně praktikovány v podniku Rybníkářství Pohořelice a.s. Tato firma disponuje šesti šupinatými a čtyřmi lysými čistými plemeny/liniemi kapra obecného. Záměnným křížením čistých plemen/linií kapra jsou produkováni finální hybridi vhodní pro různé výrobní podmínky (www.rybnikarstvi-pohorelice.cz). Hybridizační program u kapra obecného je pochopitelně zaveden i na Fakultě rybářství a ochrany vod JU a užitkové křížence pro obsádky tržních ryb produkují a využívají i další rybářské subjekty.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Nízké a nestabilní hodnoty přežití a pomalejší růst ryb výrazně prodražují chov ryb a snižují tak jeho rentabilitu. Využitím postupů v této metodice lze dosáhnout celé řady pozitivních efektů, a to jak přímých, tak nepřímých, které ve svém důsledku mohou zlepšit rentabilitu chovu ryb. Podrobnější popis přínosů i rozbor problematiky výpočtu efektivity hybridizačního programu je možné nalézt v kapitole 4.5. a přílohách 3 a 4. Zejména v rybničním chovu u kapra obecného lze očekávat několikanásobné zvýšení kumulativního přežití ryb od stádia váčkového plůdku do tržní velikosti a 15–30% zvýšení rychlosti růstu ryb. Ve střednědobém horizontu (6–8 let) je možné zvýšit rentabilitu chovu až o 20%, což by při zohlednění produkce podniků, jež křížení běžně nevyužívají, znamenalo v celorepublikovém měřítku až o 50 mil. Kč vyšší hrubý zisk z produkce kapra obecného.

VI. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Ayles, G.B., Baker, R.F., 1983. Genetic-differences in growth and survival between strains and hybrids of rainbow-trout (*Salmo gairdneri*) stocked in aquaculture lakes in the Canadian prairies. *Aquaculture* 33: 269–280.
- Bentsen, H.B., Eknath, A.E., Palada-de Vera, M.S., Danting, J.C., Bolivar, H.L., Reyes, R.A., Dionisio, E.E., Longalong, F.M., Circa, A.V., Tayamen, M.M., Gjerde, B., 1998. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 160: 145–173.
- Bialowas, H., Irnazarow, I., Prusznski, T., Gaj, C., 1997. The effect of heterosis in inter-line crossing of common carp. *Archives of Polish Fisheries* 5: 13–20.
- Cavalli-Sforza, L.L., Edwards, A.W.F., 1967. Phylogenetic analysis: models and estimation procedures. *Evolution* 32: 550–570.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th edition. Longman, Harlow, UK, 464 pp.

- Flajšhans, M., Hulák, M., Kašpar, V., Rodina, M., Kocour, M., Gela, D., 2009. Metodika uchování genetických zdrojů ryb v živé genové bance. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 91, 23 s.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Šlechta, V., Linhart, O., 2008. Genetika a šlechtění ryb. VÚRH JU, Vodňany, 232 s.
- Flajšhans, M., Linhart, O., Šlechtová, V., Šlechta, V., 1999: Genetic resources of commercially important fish species in the Czech Republic: Present state and future strategy. Special edition Genetics in Aquaculture VI. Aquaculture 173: 471–483.
- Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., Flajšhans, M., Beránková, P., Linhart, O., 2009. Řízená reprodukce kapra obecného. Uplatnění Rybářství Nové Hradky s.r.o. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 99, 41 s.
- Gjedrem, T., 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. Aquaculture Research 31: 25–33.
- Gjedrem, T., 2005. Selection and breeding programs in aquaculture. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 364 pp.
- Gjerde, B., 1988. Complete diallele cross between 6 inbred groups of rainbow-trout, *Salmo gairdneri*. Aquaculture 75: 71–87.
- Hulák, M., Kašpar, V., Kohlmann, K., Coward, K., Tešitel, J., Rodina, M., Gela, D., Kocour, M., Linhart, O., 2010. Microsatellite-based genetic diversity and differentiation of foreign common carp strains farmed in the Czech Republic. Aquaculture 298: 194–201.
- Hulata, G., 2001. Genetic manipulation in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. Genetica 111: 155–173.
- Kocour, M., Flajšhans, M., Gela, D., Rodina, M., Hulák, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2010. Metodické postupy při aplikaci selekčního programu zaměřeného na zvyšování užitkovosti ryb v podmínkách českého rybářství. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 103, 86 s.
- Kocour, M., Gela, D., Rodina, M., Flajšhans, M., 2010. Performance of different tench, *Tinca tinca* (L.), groups under semi-intensive pond conditions: it is worth establishing a coordinated breeding program. Reviews of Fish Biology and Fisheries 20: 345–355.
- Kocour, M., Gela, D., Rodina, M., Linhart, O., 2005. Testing of performance in common carp *Cyprinus carpio* L. under pond husbandry conditions I: top-crossing with Northern mirror carp. Aquaculture Research 36: 1207–1215.
- Kocour, M., Gela, D., Šlechtová, V., Kopecká, J., Šlechta, V., Rodina, M., Flajšhans, M., 2008. Carp Breeds of the Czech Republic. In: Bogeruk, A.K. (Ed.), Catalogue of Carp Breeds (*Cyprinus carpio* L.) of the Countries of the Central and Eastern Europe, Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, pp. 13–46.
- Kohlmann, K., Kersten, P., Panicz, R., Memişç, D., Flajšhans, M., 2010. Genetic variability and differentiation of wild and cultured tench populations inferred from microsatellite loci. Reviews of Fish Biology and Fisheries 20: pp. 289–300.
- Kohlmann, K., Gross, R., Murakaeva, A., Kersten, P., 2003. Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range in-

- ferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers. *Aquatic Living Resources* 16: 421–431.
- Kohlmann, K., Kersten, P., Flajšhans, M., 2005. Microsatellite-based genetic variability and differentiation of domesticated, wild and feral common carp (*Cyprinus carpio* L.) populations. *Aquaculture* 247: 253–266.
- Linhart, O., Gela, D., Flajšhans, M., Rodina, M., 2000. Umělý výtěr lína obecného s využitím enzymu při odlepkování jiker. *Edice Metodik, VÚRH, č. 63, Vodňany, 14 s.*
- Linhart, O., Gela, D., Rodina, M., Šlechtová, V., Šlechta, V., 2002. Topcrossing with paternal inheritance testing of common carp (*Cyprinus carpio* L.) progeny in two altitude conditions. *Aquaculture* 204: 481–491.
- Moreira, A.A., Moreira H.L.M., Hilsdorf, A.W.S., 2005. Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red Striling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-56. *Aquaculture Research* 36: 1049–1055.
- Moll, R.H., Stuber, C.W., 1974. Quantitative genetics – empirical results relevant to plant breeding. In: Brady, N.C. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, San Francisco, pp. 277–313.
- Nei, M., 1972. Genetic distance between populations. *American Naturalist* 106: 283–292.
- Nei, M., Tajima, F., Tateno, Y., 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. *Journal of Molecular Evolution* 19: 153–170.
- Odegard, J., Olesen, I., Dixon, P., Jeney, Z., Nielsen, H.M., Way, K., Joiner, C., Jeney, G., Ardo, L., Ronyai, A., Gjerde, B., 2010. Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains. II: Resistance to koi herpesvirus and *Aeromonas hydrophila* and their relationship with pond survival. *Aquaculture* 304: 7–13.
- Ponzoni, R.W., Nguyen, H.N., Khaw, H.L., Hamzah, A., Abu Bakar, K.R., Yee, H.Y., 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. *Reviews in Aquaculture* 3: 27–41.
- Probst, E., 1953. Die Beschuppung des Karpfens. *Beiträge zur Abwasser–Fischerei– und Flussbiologie* 1, Münch, pp. 150–227.
- Rybářské sdružení České republiky, on-line. Druhové složení tržních ryb vyprodukovaných chovem v ČR v letech 2007–2010. http://www.cz-ryby.cz/03_produkce.htm.
- Sbírka zákonů ČR, 2006, částka 106: Zákon č. 344/2006 Sb. Úplné znění zákona č. 154/2000 Sb. o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon), jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 162/2003 Sb., zákonem č. 282/2003 Sb., zákonem č. 444/2005 Sb. a zákonem č. 130/2006 Sb. Tiskárna MV, Praha.
- Shapira, Y., Magen, Y., Zak, T., Koder, M., Hulata, G., Levavi-Sivan, B., 2005. Differential resistance to koi herpes virus (KHV)/carp interstitial nephritis and gill necrosis virus (CNGV) among common carp (*Cyprinus carpio* L.) strains and crossbreds more options. *Aquaculture* 245: 1–11.

- Shikano, T., Taniguchi, N., 2002. Using microsatellite and RAPD markers to estimate the amount of heterosis in various strain combinations in the guppy (*Poecilia reticulata*) as a fish model. *Aquaculture* 240: 271–281.
- Vandeputte, M., 2003. Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. *Aquatic Living Resources* 16: 399–407.
- Wang, J., Xia, D., 2002. Studies on fish heterosis with DNA fingerprinting. *Aquaculture Research* 33: 941–947.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Flajšhans, M., Hulák, M., Kašpar, V., Rodina, M., Kocour, M., Gela, D., 2009. Metodika uchování genetických zdrojů ryb v živé genové bance. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 91, 23 s.
- Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., Flajšhans, M., Beránková, P., Linhart, O., 2009. Řízená reprodukce kapra obecného. Uplatnění Rybářství Nové Hradky s.r.o. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 99, 41 s.
- Hulák, M., Kašpar, V., Kohlmann, K., Coward, K., Tešitel, J., Rodina, M., Gela, D., Kocour, M., Linhart, O., 2010. Microsatellite-based genetic diversity and differentiation of foreign common carp strains farmed in the Czech Republic. *Aquaculture* 298: 194–201.
- Kocour, M., Gela, D., Rodina, M., Flajšhans, M., 2010. Performance of different tench, *Tinca tinca* (L.), groups under semi-intensive pond conditions: it is worth establishing a coordinated breeding program. *Reviews of Fish Biology and Fisheries* 20: 345–355.
- Kocour, M., Gela, D., Rodina, M., Linhart, O., 2005. Testing of performance in common carp *Cyprinus carpio* L. under pond husbandry conditions I: top-crossing with Northern mirror carp. *Aquaculture Research* 36: 1207–1215.
- Kocour, M., Gela, D., Šlechtová, V., Kopecká, J., Šlechta, V., Rodina, M., Flajšhans, M., 2008. Carp Breeds of the Czech Republic. In: Bogeruk, A.K. (Ed.), *Catalogue of Carp Breeds (Cyprinus carpio L.) of the Countries of the Central and Eastern Europe*, Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, pp. 13–46.
- Kohlmann, K., Kersten, P., Panicz, R., Memiş, D., Flajšhans, M., 2010. Genetic variability and differentiation of wild and cultured tench populations inferred from microsatellite loci. *Reviews of Fish Biology and Fisheries* 20: 289–300.
- Linhart, O., Gela, D., Rodina, M., Šlechtová, V., Šlechta, V., 2002. Topcrossing with paternal inheritance testing of common carp (*Cyprinus carpio* L.) progeny in two altitude conditions. *Aquaculture* 204: 481–491.

VIII. VYSVĚTLIVKY

Alela – konkrétní forma daného genu. Většina genů má více alel, tedy forem.

Alozymový marker – genetický marker využívající alozymy, tedy různé formy téhož enzymu či bílkoviny např. v krvi či tkáních. Alozymové markery byly hojně využívány ke genetickým studiím před objevením mikrosatelitů. Jejich nevýhodou je nižší polymorfismus ve srovnání s mikrosatelity, jejich výhodou možný přímý vliv na fyziologické funkce v organismu.

Čistokrevná plemenitba – rozmnožování jedinců v plemenech či liniích.

Fitness – vyjadřuje jakousi cenu jedince z hlediska evoluce či jeho celkový fyzický obraz. Termín je chápán také jako schopnost konkrétního jedince předat své geny dalším generacím v přímé linii. Čím více potomků daný jedinec zplodil a jeho potomci pak dalších generací, tím vyšší je fitness daného jedince. Jde o relativní hodnotu sloužící k porovnání úspěšnosti různých jedinců.

Gen – jeden ze základních genetických pojmů. Používá se ve dvou základních významech: jako synonymum pro vlohu či znak a jako pojmenování pro konkrétní úsek DNA.

Genetická vzdálenost – jakési číselné vyjádření odlišnosti plemen či linií. Pro výpočet genetické vzdálenosti je možno využít několik metod. Dnes vše rychle spočítají různé počítačové programy na základě informací zjištěných s využitím studie genetických markerů.

Genetický marker – jakákoliv známá sekvence DNA či úsek DNA, které mohou být jednoduše identifikovány a které jsou důležité, významné či cenné pro genetické studie. Genetickým markerem může být krátká sekvence DNA, například úsek DNA se změnou jednoho páru bazí (SNP marker), případně delší repetitivní úsek, zvaný mikrosatelit.

Genotyp – soubor veškeré genetické informace organismu, respektive veškeré genetické informace, týkající se zkoumaného znaku či znaků.

Linie – toto označení je možné použít v několika směrech. Linií se rozumí populace zvířat téhož druhu, jež nedávno vznikla nějakou šlechtitelskou metodou a jež nebyla dosud označena za samostatné plemeno, třeba z důvodu nestálosti některých fenotypových znaků. Výraz linie je využíván i jako nižší stupeň plemene, kdy původně jedno plemeno chovem na různých místech či odlišnými přístupy částečně změnilo své vlastnosti i genetický profil, ale ještě ne v takovém rozsahu, jež by vedlo k jejich označení za různá plemena.

Lokus – místo na chromozómu, kde je umístěn jeden či více genů.

Maternální efekt – je přímý vliv matek na některé vlastnosti jejich potomků. Tento efekt může být určen genetickými i negenetickými vlivy. U ryb, koryšů a měkkýšů se maternální efekt projevuje především ve velikosti a kvalitě jiker, které mají vliv na procento oplozenosti, líhivosti, odolnosti váčkového plůdku a jeho počátečního růstu. Na zmiňovaných ukazatelích se podílí např. celkový zdravotní stav jikernaček v období

výtěru, stáří ryb, velikost jiker, obsah zásobních látek v jikře, obsah mRNA, proteinů a mitochondriální DNA v jikrách apod.

Mateřská linie – označení plemene/linie, které se při rozmnožování používá na mateřské pozici (samice, jikernačky).

Mikrosatelitní marker – genetický marker využívající tandemově se opakující repetice o délce 2–6 párů bazí DNA (tzv. mikrosatelity). Mikrosatelity byly objeveny v každém organismu, včetně ryb. Jsou vysoce polymorfní, proto jsou cenné pro populačně genetické či fylogenetické studie, určování rodičovství, identifikaci plemen či souboru plemen apod.

Mitochondriální DNA – DNA obsažená v mitochondriích. Tvoří zhruba 1 % z celkové genetické informace (DNA) jedince. Mitochondriální DNA se dědí téměř výhradně ze strany matek a obsahuje geny zodpovědné za některé fyziologické funkce v organismu. I to je jeden z důvodů, proč je materiální efekt zpravidla silnější než ten paternální.

Nespecifická imunita – taková imunita, která zaznamená cizí materiál a nastartuje rychlé obranné děje. Přitom nevádí, pokud se organismus s danou látkou nikdy předtím nesetkal. Systémy nespecifické imunity jsou např. v kůži (mechanická zábrana, látky ve slizu), trávicím traktu (různé enzymy), patří sem i fagocytóza buněk (granulocyty, makrofágy v tkáních) či tzv. komplement (soubor bílkovin v krevní plazmě v neaktivní podobě, jež se aktivuje při objevení komplexu antigenů).

Otcovská linie – označení plemene/linie, které se při rozmnožování používá na otcovské pozici (samci, mlíčáci).

Paternální efekt – je paralela materiálního efektu, v tomto případě ale jakousi přidanou hodnotu nad rámec klasické dědičnosti přinášejí otcové. Jde především o různé formy epigenetické dědičnosti (dědičnost nepodléhající mendelovským zákonům).

Plemeno – populace zvířat téhož druhu a shodného fylogenetického původu s charakteristickými vlastnostmi a znaky (fenotypem), které přenáší na potomstvo. Plemeno je uměle vytvořenou taxonomickou jednotkou pro potřeby zootechniky či šlechtitelské práce.

Polymorfismus – variabilita či jakási odlišnost forem daného lokusu, genu, bílkoviny atd. Výraz je používán především v genetice a existence tohoto jevu je základem fylogenetických (vývoj druhů) či populačně genetických studií.

První, druhá ... filiální generace – odborné označení dceřiných generací vzniklých při rozmnožování. První filiální generace (F_1) jsou vlastní potomci (dcery a synové), druhá filiální generace (F_2) jsou vnuci a vnučky, třetí (F_3) jsou pravnuci a pravnučky atd.

Recesivní alela – taková alela, která se fenotypově projeví pouze v homozygotní sestavě.

Vnitrodruhová hybridizace (křížení) – šlechtitelský postup, kdy rozmnožujeme jedince dvou různých plemen/linií v rámci jednoho druhu, abychom zvýšili užitkovost potomstva.

EXTERNÍ ODBORNÝ OPONENT**prof. Ing. Josef Dvořák, CSc., dr.h.c.***Lamgen s.r.o.**Karlovo nám. 26/20, 674 01 Třebíč***INTERNÍ ODBORNÝ OPONENT****Ing. Martin Pšenička, Ph.D.***Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**Fakulta rybářství a ochrany vod**Zátiší 728, 389 25 Vodňany***OPONENT ZA STÁTNÍ SPRÁVU****Ing. Vladimír Gall***MŽe Praha**Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství (16230)**Těšnov 17, 117 05 Praha 1***Osvědčení č. 119/204534/2011 – 16230/N_{met} ze dne 29. 12. 2011***vydalo: Ministerstvo zemědělství, Úsek lesního hospodářství, Sekce lesního hospodářství,**Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství, Těšnov 17, 117 05 Praha 1***Adresa autorů***Ing. Martin Kocour, Ph.D. (kocour@frov.jcu.cz), doc. Ing. Martin Flajšhans, Dr.rer.agr. (flajsh@frov.jcu.cz),**Ing. Vojtěch Kašpar, Ph.D. (vkaspar@frov.jcu.cz), Ing. David Gela, Ph.D. (gela@frov.jcu.cz),**Ing. Martin Hulák, Ph.D. (hulak@frov.jcu.cz), Ing. Marek Rodina, Ph.D. (rodina@frov.jcu.cz),**prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc. (linhart@frov.jcu.cz),**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum**akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech,**Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany***www.frov.jcu.cz***Vedici Metodik (Technologická řada)**vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,**redakce: Mgr. Miroslav Boček a Zuzana Dvořáková**Náklad: 200 ks, vydáno v roce 2011**Grafický design a technická realizace: iDigitisk s. r. o.*

IX. PŘÍLOHY

Příloha 1. Odhady genetických vzdáleností všech nejběžnějších plemen a populací kapra obecného chovaných v České republice z různých studií

Příloha 2. Odhad genetických vzdáleností všech nejběžnějších plemen lína obecného chovaných v České republice

Příloha 3. Modelová kalkulace ekonomické efektivity hybridizačního programu u kapra obecného na rybářském podniku

Příloha 4. Kalkulace ekonomické efektivity a návratnosti hybridizačního programu v závislosti na různých proměnných

Příloha 1. Odhady genetických vzdáleností všech nejběžnějších plemen a populací kapra obecného chovaných v České republice z různých studií.

Výpočet na základě polymorfismu 7 alozymů (LdhB1, MdhA2, GpiA1, GpiA2, Pgm, Sod-2, Tf) dle Neie (1972). Čím vyšší hodnoty, tím více jsou plemena geneticky vzdálenější. Převzato od Kocoura a kol. (2008).

Plemeno / populace	Žd'-L	Žd'-Š	MV	C73	Te	ML	TŠ-Tř	TŠ-NH	C435	BV	M72	AS
Žd'-L (Žďárský lysec)	–	0,011	0,010	0,024	0,009	0,010	0,012	0,015	0,016	0,010	0,029	0,088
Žd'-Š (Žďárský lysec)	–	–	0,007	0,017	0,010	0,003	0,002	0,005	0,012	0,024	0,022	0,074
MV (Mlévský lysec)			–	0,011	0,004	0,004	0,006	0,005	0,009	0,013	0,019	0,088
C73 (Jihočeský kapr šupinatý)				–	0,019	0,008	0,015	0,007	0,022	0,025	0,035	0,092
Te (Telčský lysec)					–	0,007	0,010	0,012	0,007	0,013	0,026	0,095
ML (Mariánskolázeňský kapr šupinatý)						–	0,004	0,003	0,013	0,019	0,025	0,078
TŠ-Tř (Třeboňský kapr šupinatý, třeboňská populace)							–	0,002	0,010	0,027	0,019	0,063
TŠ-NH (Třeboňský kapr šupinatý, novohradská populace)								–	0,012	0,027	0,023	0,074
C435									–	0,026	0,035	0,098
BV (Jihočeský lysec)										–	0,029	0,117
M72 (Severský lysec)											–	0,055
AS (Amurský sazan)												–

Výpočet genetických vzdáleností na základě polymorfismu 7 alozymů (LdhB1, MdhA2, GpiA1, GpiA2, Pgm, Sod-2, Tf) dle Cavalli-Sforza & Edwardse (1967). Nad úhlopříčkou „arc distance“, pod úhlopříčkou „chord distance“. Čím vyšší hodnoty, tím jsou plemena geneticky vzdálenější. Převzato od Kocoura a kol. (2008).

Plemeno / populace	Žď-L	Žď-Š	MV	C73	Te	ML	TŠ-Tř	TŠ-NH	C435	BV	M72	AS
Žď-L (Žďárský lysec)	–	0,101	0,098	0,141	0,097	0,090	0,125	0,131	0,143	0,093	0,180	0,268
Žď-Š (Žďárský lysec)	0,101	–	0,091	0,136	0,099	0,054	0,070	0,081	0,127	0,141	0,157	0,239
MV (Mlévský lysec)	0,098	0,091	–	0,129	0,058	0,079	0,103	0,088	0,123	0,109	0,157	0,275
C73 (Jihočeský kapr šupinatý)	0,138	0,135	0,128	–	0,144	0,104	0,152	0,132	0,153	0,154	0,215	0,285
Te (Telčský lysec)	0,097	0,099	0,057	0,142	–	0,078	0,118	0,115	0,124	0,117	0,186	0,282
ML (Mariánskolázeňský kapr šupinatý)	0,090	0,054	0,079	0,103	0,078	–	0,088	0,085	0,130	0,127	0,172	0,246
TŠ-Tř (Třeboňský kapr šupinatý, třeboňská populace)	0,124	0,070	0,103	0,150	0,118	0,088	–	0,066	0,126	0,172	0,136	0,210
TŠ-NH (Třeboňský kapr šupinatý, novohradská populace)	0,130	0,081	0,087	0,130	0,114	0,085	0,066	–	0,106	0,160	0,135	0,240
C435	0,142	0,126	0,122	0,151	0,122	0,129	0,125	0,106	–	0,165	0,201	0,301
BV (Jihočeský lysec)	0,093	0,140	0,108	0,152	0,116	0,126	0,170	0,157	0,161	–	0,183	0,321
M72 (Severský lysec)	0,178	0,156	0,155	0,211	0,183	0,170	0,135	0,134	0,198	0,179	–	0,233
AS (Amurský sazan)	0,261	0,234	0,267	0,278	0,273	0,241	0,206	0,235	0,292	0,311	0,229	–

Výpočet genetických vzdáleností na základě polymorfismu 8 mikrosatelitních markerů (MFW1, MFW6, MFW7, MFW16, MFW20, Koi29–30, Cca24 a Cca67) podle Neie a kol. (1983). Čím vyšší hodnoty, tím více jsou plemena geneticky vzdálenější. **Ž_{Lk}** – Žďárský lysec, Kinského rybařství s.r.o.; **Ž_{S_k}** – Žďárský šupináč, Kinského rybařství s.r.o.; **435_v** – Syntetická linie C435, FROV JU; **Ž_{L_r}** – Žďárský lysec, Rybařství Růžicka s.r.o.; **Ž_{S_r}** – Žďárský šupináč, Rybařství Růžicka s.r.o.; **BV_t** – Jihočeský lysec, Rybařství Třeboň a.s.; **C73_v** – Jihočeský šupináč, FROV JU; **435_t** – Syntetická linie C435, Rybařství Třeboň a.s.; **P_{S_t}** – Přerovský šupináč, Rybníkářství Pohořelice a.s.; **T_{S_H}** – Třeboňský šupináč, Rybařství Nové Hradky s.r.o.; **TE_v** – Telčský lysec, FROV JU; **ML_t** – Mariánskolázeňský šupináč, Rybařství Třeboň a.s.; **434_v** – Syntetická linie C434, FROV JU; **PL_p** – Pohořelický lysec, Rybníkářství Pohořelice a.s.; **ML_p** – Mariánskolázeňský šupináč, Rybníkářství Pohořelice a.s.; **PL_v** – Pohořelický lysec, FROV JU; **L15_v** – Maďarský lysec L15, FROV JU; **TAT_v** – Tatajský šupináč, FROV JU; **M2_v** – Maďarský lysec, FROV JU; **Dor_v** – Izraelský lysec DOR 70, FROV JU; **M72_v** – Severský lysec, FROV JU; **ROP_v** – Ropšínský kapr, FROV JU; **AS_v** – Amurský kapr, FROV JU

Legenda – viz předchozí stránka

	ŽL _k	ŽS _k	435 _v	ŽL _r	ŽS _r	BV _r	C73	435 _t	PS _p	TŠ _h	TE _v	ML _l	434 _v	PL _p	ML _p	PL _v	L15 _v	TAT _v	M2 _v	Dor _v	M72 _v	ROP _v	AS _v
ŽL _k	-	0,354	0,243	0,332	0,365	0,270	0,235	0,370	0,285	0,297	0,312	0,244	0,274	0,390	0,341	0,525	0,623	0,491	0,550	0,550	0,647	0,601	0,691
ŽS _k	-	0,516	0,403	0,340	0,408	0,322	0,484	0,483	0,344	0,420	0,378	0,481	0,429	0,425	0,338	0,582	0,645	0,527	0,544	0,609	0,615	0,683	
435 _v	-	0,394	0,475	0,429	0,350	0,119	0,344	0,325	0,304	0,327	0,242	0,376	0,421	0,517	0,542	0,644	0,535	0,627	0,683	0,719	0,810		
ŽL _r	-	0,314	0,353	0,387	0,457	0,450	0,365	0,435	0,389	0,389	0,416	0,455	0,461	0,490	0,542	0,498	0,536	0,599	0,513	0,716			
ŽS _r	-	0,401	0,373	0,498	0,405	0,330	0,372	0,344	0,394	0,467	0,404	0,498	0,563	0,613	0,536	0,550	0,644	0,527	0,677				
BV _s	-	0,408	0,455	0,407	0,380	0,430	0,393	0,321	0,457	0,511	0,444	0,565	0,518	0,421	0,570	0,462	0,571	0,750					
C73	-	0,290	0,368	0,321	0,319	0,275	0,312	0,371	0,379	0,399	0,487	0,648	0,452	0,551	0,694	0,603	0,725						
435 _s	-	0,400	0,339	0,293	0,366	0,287	0,309	0,429	0,459	0,589	0,624	0,533	0,585	0,709	0,727	0,742							
PS _p	-	0,389	0,387	0,308	0,360	0,528	0,481	0,540	0,587	0,691	0,569	0,644	0,662	0,797									
TŠ _h	-	0,306	0,289	0,322	0,442	0,460	0,496	0,511	0,516	0,507	0,557	0,596	0,631	0,720									
TE _v	-	0,394	0,356	0,426	0,474	0,509	0,579	0,615	0,562	0,564	0,712	0,741	0,730										
ML _s	-	0,308	0,505	0,271	0,528	0,543	0,624	0,488	0,580	0,642	0,566	0,722											
434 _v	-	0,381	0,476	0,418	0,515	0,573	0,416	0,583	0,554	0,603	0,761												
PL _p	-	0,490	0,230	0,592	0,690	0,468	0,616	0,650	0,606	0,752													
ML _p	-	0,510	0,699	0,705	0,643	0,587	0,722	0,619	0,749														
PL _v	-	0,733	0,666	0,495	0,594	0,571	0,585	0,765															
L15 _v	-	0,535	0,379	0,523	0,601	0,484	0,666																
TAT _v	-	0,423	0,525	0,532	0,588	0,623																	
M2 _v	-	0,461	0,291	0,457	0,659																		
Dor _v	-	0,426	0,607	0,740																			
M72 _v	-	0,554	0,731																				
ROP _v	-	0,458																					
AS _v	-																						

Vypočet genetických vzdáleností podle Neie a kol. (1983) na základě polymorfismu 10 mikrosatelitních márkerů (MFW1, MFW6, MFW7, MFW13, MFW16, MFW20, MFW26, Koi29-30, Cca24 a Cca67). Čím vyšší hodnoty, tím více jsou plemena geneticky vzdálenější. Převzato od Huláka a kol. (2010).

Plemeno / populace	L15	DOR70	M72	ROP	M2	TAT	AS
L15 (Maďarský lysec, hybridní linie)	–	1,747	1,803	0,921	1,299	1,771	2,334
DOR70 (Izraelský lysec)		–	1,322	2,524	1,350	1,059	2,759
M72 (Severský lysec)			–	1,723	0,852	1,442	1,863
ROP (Ropšínský kapr)				–	1,953	2,217	1,665
M2 (Maďarský lysec)					–	1,323	1,890
TAT (Tatajský kapr šupinatý)						–	2,506
AS (Amurský sazan)							–

Příloha 2. Odhad genetických vzdáleností vybraných plemen lína obecného chovaných v České republice vypočtený na základě polymorfismu 7 mikrosatelitních markerů (MTT-1, MTT-2, MTT-3, MTT-5, MTT-6, MTT-8, MTT-9) podle Neie a kol. (1983). Čím vyšší hodnoty, tím více jsou plemena geneticky vzdálenější. Převzato z Kohlamann a kol. (2009). Na Vodňanském plemeni lína (odběry v různých letech) je vidět, jak se mohou u jednoho plemene hodnoty genetických vzdáleností ve srovnání s ostatními plemeny lišit (u obou populací bylo analyzováno 50 vzorků ryb). Proto je vždy nejvhodnější vycházet z výsledků analýz vlastních ryb.

Plemeno / populace	N	T	ML	V_98	V_96	VM	H	R	M
N (Königswartha – německý lín)	–								
T (Táborský lín)	0,120	–							
ML (Mariánskolázeňský lín)	0,171	0,126	–						
V_98 (Vodňanský lín, odběr z roku 1998)	0,184	0,095	0,081	–					
V_96 (Vodňanský lín, odběr z roku 1996)	0,206	0,174	0,143	0,106	–				
VM (Velkomezeříčský lín)	0,118	0,114	0,111	0,080	0,139	–			
H (Hlubocký lín)	0,097	0,104	0,103	0,081	0,108	0,026	–		
R (Rumunský lín)	0,148	0,063	0,084	0,054	0,132	0,055	0,059	–	
M (Maďarský lín)	0,223	0,156	0,167	0,110	0,208	0,107	0,129	0,071	–

Příloha 3. Modelová kalkulace ekonomické efektivity hybridizačního programu u kapra obecného v rybářském podniku

Situace

- Rozhodli jsme se v našem podniku zavést hybridizační program (HP) u kapra obecného. Základní údaje použité pro výpočet jsou v podniku následující:
 - Průměrná roční produkce kapra před počátkem programu: 300 t
 - Průměrná hmotnost tržních ryb: 2 kg
 - Výrobní cyklus: 3 roky
 - Rentabilita chovu kapra: 10%
 - Výkupní cena za 1 kg živé hmotnosti ryby: 40 Kč
 - Průměrná celková produkce ryb na 1 ha: 700 kg
 - Bilance nákupů a prodejů násadového materiálu byla nulová (tzn. v průměru jsme si vystačili jen s rybami vlastního chovu bez přebytků)
 - Průměrná cena násadového materiálu (plůdku a násada): 70 Kč/kg
- Hybridizační program přinesl nad rámec standardních nákladů tyto:
 - Stanovení genetické variability místní populace kapra obecného a určení genetických vzdáleností: 50 tis. Kč
 - Nákup remontních ryb plemene vhodného ke křížení: 72 tis. Kč (150 ks ryb o průměrné hmotnosti 4 kg a ceně 120 Kč za kg)
 - Každoroční náklady na chov a údržbu nového plemene: 120 tis. Kč
 - Náklady na testování užítkovosti ryb (nad běžné chovatelské náklady): 500 tis. Kč ročně
- Při testu užítkovosti byla u hybridu oproti původně chované linii kapra zjištěna následující užítkovost:
 - Heterozní efekt růstu: 20%
 - Heterozní efekt kumulativního přežití: 50%
 - Jateční výtěžnost: Nezměněna
- Dodatečně bylo zjištěno, že i přes navýšení hmotnosti hybridů se nezměnila výše původních nákladů (např. na příkrmování, dodatečných hosp. opatřeních) na vlastní produkci tržních obsádek. Hybridní obsádky byly tedy efektivnější ve využití dostupných potravních zdrojů, což vedlo ke zvýšení produkce ryb z ha rybníční plochy.

Kalkulace:

- 1) Nejprve si provedeme základní kalkulace pro výpočet potřebných údajů k finanční analýze:
 - Počet tržních ryb produkovaných před HP: $300\ 000/2 = 150\ 000$ ks
 - Roční tržby před HP: $300\ 000 * 40 = \mathbf{12\ 000\ 000}$ Kč
 - Roční náklady před HP: $12\ 000\ 000$ (tržby za ryby) * 0,9 = $\mathbf{10\ 800\ 000}$ Kč

- Roční produkce ryb po HP: $150\,000\text{ ks} * 2\text{ kg} * 1,2$ (heterozní efekt růstu) = 360 000 kg
 - Průměrná produkce rybníků po HP: $700 * 1,2 = 840\text{ kg/ha}$.
 - Roční tržby za prodej ryb po HP: $360\,000 * 40 = \mathbf{14\,400\,000\text{ Kč}}$
 - Přebytečné násady: $150\,000\text{ ks} * 0,5$ (heterozní efekt přežití) = 75 000 ks
 - Dodatečné příjmy (tržby) za prodej přebytečných násad = $75\,000 * 0,2$ (odhad průměrné hmotnosti násad obou kategorií) * 70 (cena za kg násad) = **1 050 000 Kč**
 - Zisk z prodeje násady je počítán jako úhrn tržeb násobených rentabilitou po zavedení HP, takže $ZN = 1\,050\,000 * ((14\,400\,000 - 10\,920\,000) / 14\,400\,000)$
 - Celkové roční tržby po HP: $14\,400\,000 + 1\,050\,000 = \mathbf{15\,450\,000\text{ Kč}}$
 - Náklady HP:
 - v prvních třech letech = 50 000 (gen. analýzy) + 72 000 (nákup ryb) + 120 000 Kč * 3 + 500 000 Kč * 3 (náklady na test užitkovosti) = 2 104 000 Kč / 3 $\approx \mathbf{702\,000\text{ Kč}}$
 - v dalších letech = **120 000 Kč**
- 2) Nyní můžeme provést vlastní kalkulaci viz tabulka níže:
- Hybridizační program začíná provedením analýz, nákupem remontních/generačních ryb a provedením testování. V těchto letech máme tedy nejvyšší náklady, které jsou naší „investicí“ do budoucnosti. Příjmy z HP nejsou žádné.
 - Po skončení testování založíme užitkové hybridní obsádky a vzhledem k výrobnímu cyklu to trvá další tři roky, než zpeněžíme první ryby. Kvůli zavedení hybridizačního programu máme zvýšené provozní náklady na udržování a obnovu generačních ryb používaných ke křížení.
 - První zisk z hybridizačního programu máme čtvrtý rok po zavedení HP, a to z předpokládaného prodeje přebytečných násad díky vyššímu přežití ryb. Ve čtvrtém roce je výše třetinová, v pátém dvoutřetinová a v šestém úplná.
 - V šestém roce rovněž dosáhneme vyšších tržeb a to díky vyšší průměrné hmotnosti ryb.
 - Z tabulky je patrné, že kvůli počátečním nákladům HP, kdy nedosahujeme příjmů, nám poklesne rentabilita výroby z původních 10% na 4,2%, po dosažení maximálních příjmů z HP se ale zvýší na 24,2%. Rentabilita je v tomto příkladě počítána jako: $\text{Rent. (\%)} = ZC / (TR+TN) * 100$.
 - Zároveň nás nejvíce bude zajímat návratnost vynaložených prostředků. Ta je vidět ve sloupci RZ (Rozdíl zisku), kde je počítán kumulativní rozdíl mezi ziskem před a po zavedení hybridizačního programu. V našem případě se všechny vynaložené náklady v rámci HP vrátí již v roce zpeněžení prvních hybridních obsádek, tedy 6 let po zavedení HP. V dalších letech budeme oproti situaci před zavedením HP dosahovat zisk 3 733,8 tis. Kč, což je o 2 533,8 tis. Kč více (3 733,8 - 1 200). Efektivita HP je velmi dobrá.

Rok HP	VVN (tis. Kč)	NHP (tis. Kč)	CN (tis. Kč)	TR (tis. Kč)	ZR (tis. Kč)	TN (tis. Kč)	ZN (tis. Kč)	ZC (tis. Kč)	Rent. (%)	RZ (tis. Kč)
0	10 800	–	10 800	12 000	1 200	–	–	1 200,0	10,0	0,0
1	10 800	702	11 502	12 000	498	–	–	498,0	4,2	-702,0
2	10 800	702	11 502	12 000	498	–	–	498,0	4,2	-1 404,0
3	10 800	702	11 502	12 000	498	–	–	498,0	4,2	-2 106,0
4	10 800	120	10 920	12 000	1 080	350	84,6	1 164,6	9,4	-2 141,4
5	10 800	120	10 920	12 000	1 080	700	169,2	1 249,2	9,8	-2 092,3
6	10 800	120	10 920	14 400	3 480	1 050	253,8	3 733,8	24,2	441,5

Vysvětlivky: VVN - Vlastní výrobní náklady; NHP – Náklady hybridizačního programu; CN – Celkové náklady; TR – Tržby za prodej tržních ryb; ZR – Zisk za prodej tržních ryb; TN – Tržby za prodej přebytečných násad; ZN – Zisk za prodej násad; ZC – Zisk celkový; Rent. – Rentabilita; RZ – Kumulativní rozdíl mezi ziskem před a po zavedení HP

- V tomto ukázkovém případě jsme počítali s poměrně optimistickými údaji, a to zejména v efektivitě zvýšení produkce rybníků u hybridních obsádek. Efektivita HP závisí také na mnoha dalších faktorech. Proto jsme se pokusili ukázat efektivitu hybridizačního programu v závislosti na:
 - celkové roční tržní produkci ryb (jmenovitě 50, 100, 200 a 500 t);
 - skutečnosti, zda jsme využili k testování užítkovosti ryb dotací MZe (jmenovitě ano, ne);
 - výši heterozního efektu růstu u hybridů oproti původně chované linii (jmenovitě 10, 20 a 20 %);
 - výši heterozního efektu přežití u hybridů oproti původní linii (jmenovitě 10, 50 a 100 %);
 - stupni efektivnějšího využití potravních zdrojů hybridními obsádkami (jmenovitě 50 % – potravní zdroje byly využity lépe z poloviny a 100 % – potravní zdroje byly využity lépe plně).

Ostatní parametry (výkupní cena ryb, rentabilita chovu před HP, průměrná hmotnost tržních ryb, délka chovatelského cyklu atd.) zůstaly nezměněny. Výsledky efektivity HP jsou znázorněny v příloze 4.

Příloha 4. Kalkulace ekonomické efektivity a návratnosti hybridizačního programu (HP) v závislosti na různých proměnných (viz text výše). Ostatní hodnoty potřebné k výpočtům byly převzaty z přílohy 3. **CRP** – Celková roční produkce tržních ryb; **HE_R** – heterozní efekt růstu; **HE_P** – heterozní efekt přežití; **VVP** – Výše efektivnějšího využití potravních zdrojů; **VD** – Využití dotace MZE na testování ryb; **Z_P** – roční zisk na počátku hybridizačního programu; **Z_{MAX}** – maximální roční zisk HP; **EN** – ekonomická návratnost (doba, kdy se poprvé všechny kumulativně vynaložené náklady na HP vrátí ve zvýšeném zisku a dosáhne tak kladného ekonomického výsledku); **R_{MAX}** – Maximální rentabilita, kterou můžeme v průběhu HP dosáhnout; **N** – HP je neefektivní.

CRP (t)	HE _R (%)	HE _P (%)	VVP (%)	VD	Z _P (tis. Kč)	Z _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	R _{MAX} (%)	CRP (t)	HE _R (%)	HE _P (%)	NRP (%)	VD	Z _P (tis. Kč)	Z _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	R _{MAX} (%)
50	10	50	Ne	200	181,5	N	8,6	50	Ne	200	382,9	18	16,5				
		100	Ano	200	181,5	N	8,6		Ano	200	382,9	14	16,5				
50	50	50	Ne	200	284,5	33	12,7	100	Ne	200	689,2	10	26,2				
		100	Ano	200	284,5	24	12,7		Ano	200	689,2	9	26,2				
50	100	50	Ne	200	187,5	N	8,6	50	Ne	200	394,5	17	16,5				
		100	Ano	200	187,5	N	8,6		Ano	200	394,5	14	16,5				
50	100	50	Ne	200	302,3	26	12,7	100	Ne	200	725,8	10	26,2				
		100	Ano	200	302,3	19	12,7		Ano	200	725,8	8	26,2				
50	100	50	Ne	200	195	N	8,6	50	Ne	200	408,9	16	16,5				
		100	Ano	200	195	N	8,6		Ano	200	408,9	13	16,5				
50	100	50	Ne	200	324,5	24	12,7	100	Ne	200	771,5	9	26,2				
		100	Ano	200	324,5	18	12,7		Ano	200	771,5	8	26,2				
50	10	50	Ne	200	282,2	34	12,7	50	Ne	400	484	33	11,4				
		100	Ano	200	282,2	25	12,7		Ano	400	484	24	11,4				
50	50	50	Ne	200	487	14	20,0	100	Ne	400	690,8	14	15,5				
		100	Ano	200	487	11	20,0		Ano	400	690,8	11	15,5				
50	20	50	Ne	200	291,1	31	12,7	100	Ne	400	500	29	11,4				
		100	Ano	200	291,1	23	12,7		Ano	400	500	21	11,4				
50	100	50	Ne	200	515	13	20,0	100	Ne	400	734,1	12	15,5				
		100	Ano	200	515	10	20,0		Ano	400	734,1	10	15,5				
50	100	50	Ne	200	302,3	28	12,7	50	Ne	400	520	25	11,4				
		100	Ano	200	302,3	21	12,7		Ano	400	520	18	11,4				
50	100	50	Ne	200	550	12	20,0	100	Ne	400	788,2	11	15,5				
		100	Ano	200	550	10	20,0		Ano	400	788,2	9	15,5				

CRP (t)	HE _R (%)	HE _P (%)	NRP (%)	VD	Z _P (tis. Kč)	Z _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	R _{MAX} (%)	CRP (t)	HE _R (%)	HE _P (%)	NRP (%)	VD	Z _P (tis. Kč)	Z _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	R _{MAX} (%)
		50	50	Ne	400	685,4	14	15,5					Ne	800	1 089,0	14	12,9
				Ano	400	685,4	11	15,5					Ano	800	1 089,0	11	12,9
		10	100	Ne	400	1 095,8	9	22,5					Ne	800	1 503,5	9	16,8
				Ano	400	1 095,8	8	22,5					Ano	800	1 503,5	8	16,8
	20	50	50	Ne	400	707,0	13	15,5		10	50		Ne	800	1 125,0	13	12,9
				Ano	400	707,0	11	15,5					Ano	800	1 125,0	10	12,9
		100	100	Ne	400	1 158,8	8	22,5					Ne	800	1 597,7	8	16,8
				Ano	400	1 158,8	7	22,5					Ano	800	1 597,7	7	16,8
		50	50	Ne	400	734,1	12	15,5					Ne	800	1 170,0	12	12,9
				Ano	400	734,1	10	15,5					Ano	800	1 170,0	10	12,9
	100	100	100	Ne	400	1 237,5	8	22,5					Ne	800	1 715,5	8	16,8
				Ano	400	1 237,5	7	22,5					Ano	800	1 715,5	7	16,8
100				Ne	400	886,7	10	19,1	200				Ne	800	1 491,8	9	16,8
		50	50	Ano	400	886,7	9	19,1					Ano	800	1 91,1	8	19,1
		10	100	Ne	400	1 499,9	8	28,5			10		Ne	800	2 313,3	7	23,8
				Ano	400	1 499,9	7	28,5					Ano	800	2 313,3	7	23,8
		50	50	Ne	400	913,5	10	19,1					Ne	800	1 538,9	9	16,8
				Ano	400	913,5	9	19,1					Ano	800	1 538,9	8	16,8
	30	50	100	Ne	400	1 579,6	7	28,5		20	50		Ne	800	2 446,3	7	23,8
				Ano	400	1 579,6	7	28,5					Ano	800	2 446,3	6	28,5
		50	50	Ne	400	947,0	10	19,1					Ne	800	1 597,7	8	16,8
				Ano	400	947,0	8	19,1			100		Ano	800	1 597,7	7	16,8
		100	100	Ne	400	1 679,2	7	28,5					Ne	800	2 612,5	7	23,8
				Ano	400	1 679,2	7	28,5					Ano	800	2 612,5	6	23,8

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI HYBRIDIZAČNÍCH PROGRAMŮ U RYB
V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

CRP (t)	HE _R (%)	HE _P (%)	NRP (%)	VD	Z _P (tis. Kč)	Z _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	R _{MAX} (%)	CRP (t)	HE _R (%)	HE _P (%)	NRP (%)	VD	Z _P (tis. Kč)	Z _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	R _{MAX} (%)
			50	Ne	800	1 894,3	8	20,4				50	Ne	2 000	3 910,9	7	17,6
				Ano	800	1 894,3	7	20,4					Ano	2 000	3 910,9	6	17,6
				Ne	800	3 080	7	29,6					Ne	2 000	5 965,8	6	24,5
				Ano	800	3 080	6	29,6					Ano	2 000	5 965,8	6	24,5
200	30	50	50	Ne	800	1 951,5	7	20,4		20	50	50	Ne	2 000	4 034,3	7	17,6
				Ano	800	1 951,5	7	20,4					Ano	2 000	4 034,3	6	17,6
				Ne	800	3 287,3	6	29,6					Ne	2 000	6 308,8	6	24,5
				Ano	800	3 287,3	6	29,6					Ano	2 000	6 308,8	6	24,5
		100	50	Ne	800	2 023	7	20,4				50	Ne	2 000	4 188,6	6	17,6
				Ano	800	2 023	6	20,4					Ano	2 000	4 188,6	6	17,6
				Ne	800	3 494,6	6	29,6					Ne	2 000	6 737,5	6	24,5
				Ano	800	3 494,6	6	29,6					Ano	2 000	6 737,5	6	24,5
		100	50	Ne	2 000	2 904	8	13,7	500			50	Ne	2 000	4 917,1	6	21,2
				Ano	2 000	2 904	7	13,7					Ano	2 000	4 917,1	6	21,2
				Ne	2 000	3 941,7	7	17,6					Ne	2 000	7 986,1	6	30,3
				Ano	2 000	3 941,7	6	17,6					Ano	2 000	7 986,1	6	30,3
500	10	50	50	Ne	2 000	3 000	8	13,7		30	50	50	Ne	2 000	5 065,7	6	21,2
				Ano	2 000	3 000	7	13,7					Ano	2 000	5 065,7	6	21,2
				Ne	2 000	4 188,6	6	17,6					Ne	2 000	8 410,4	6	30,3
				Ano	2 000	4 188,6	6	17,6					Ano	2 000	8 410,4	6	30,3
		100	50	Ne	2 000	3 120	7	13,7				50	Ne	2 000	5 251,3	6	21,2
				Ano	2 000	3 120	7	13,7					Ano	2 000	5 251,3	6	21,2
				Ne	2 000	4 497,3	6	17,6					Ne	2 000	8 940,8	6	30,3
				Ano	2 000	4 497,3	6	17,6					Ano	2 000	8 940,8	6	30,3



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:
INOVACE PREZENČNÍHO STUDIA BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO OBORU RYBÁŘSTVÍ
(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)

