

# REGISTRO VOLONTARIO REGIONALE DELLE RISORSE GENETICHE AUTOCTONE ANIMALI

## Carpa del Trasimeno

### SCHEDA IDENTIFICATIVA

<b>Numero di iscrizione:</b> 78	
<b>Famiglia:</b> <i>Ciprinidae</i>	
<b>Genere:</b> <i>Cyprinus</i>	
<b>Specie:</b> <i>C. carpio</i> Linnaeus	
<b>Nome comune della razza (come generalmente noto):</b> Carpa del Trasimeno	
<b>Significato del nome comune della razza</b> Fa riferimento all'habitat in cui insiste la popolazione	
<b>Sinonimi accertati (indicare per ciascun sinonimo l'area in cui è utilizzato):</b>	
<b>Rischio di erosione (come da regolamento attuativo)</b> Sconosciuto (Alto)	
<b>Luogo di conservazione ex situ</b> Centro Ittiogenico di S. Arcangelo, Magione (PG)	
<b>Data inserimento nel repertorio</b> 7/11/2022	<b>Ultimo aggiornamento scheda</b> 29/07/2024
<b>Ambito locale</b>	Comuni di Castiglione del Lago, Magione, Panicale, Passignano sul Trasimeno, Tuoro sul Trasimeno
<b>Modica quantità</b>	non applicabile



## Iscrizione al Libro Genealogico/Registro Anagrafico

Attualmente non esistente.

### Cenni storici, origine, diffusione

La zoogeografia della Carpa comune prevede due nuclei di espansione, uno che riguarda l'Asia e l'Europa orientale, e l'altro l'Europa occidentale con consumo a scopo alimentare (Xu *et al.*, 2014), primi tentativi di allevamento e transfaunazioni a fini di reintroduzione documentabili sin dall'epoca romana. Dall'analisi di numerose sequenze relative a più porzioni geniche, è emerso che l'origine di questa specie sia riferibile ad unico ancestratore comune, presumibilmente della zona del Mar Caspio, da cui si sono originate sia le popolazioni Europee, sia le popolazioni asiatiche, con numerosi eventi di transfaunazione successivi, compreso quello che ha poi portato al trasporto del fenotipo a specchi in Asia (Xu *et al.*, 2014). Recentemente Xu *et al.* (2014) hanno descritto la variabilità genetica della carpa su scala globale identificando 10 ceppi principali: Sp, Songpu; D, Danubio; Sz, Szarvas; NA, Nord America; Y, Fiume Giallo; H, Heilongjiang; O, Oujiang color; Hb, Hebao; X, Xingguo; K, koi. Xu e colleghi si riferiscono a due sottospecie, quella asiatica (*C. carpio haematopterus*) e quella Europea (*C. carpio carpio*), a cui si aggiunge come valida una terza sottospecie, la *C. carpio viridiviolaceus* (Nedoluzhko *et al.*, 2021).

Benché si tratti di una specie immessa da bacini del Nord-Est Europa di cui si ritiene originaria, come quello del Danubio, la sua presenza nelle acque interne italiane, risalendo secondo alcune ipotesi al tardo periodo della Repubblica Romana e molto probabilmente iniziale dell'Impero Romano (10 d.C. – 100d.C., Lorenzoni *et al.*, 2010), è ormai così consolidata nella nostra Regione e nella zona del Lago Trasimeno in particolare da renderla una specie di primaria importanza sia nell'immaginario popolare sia nel comparto economico-produttivo e ricreativo, tanto da farla etichettare in un testo di riferimento come quello edito dalle Regione Umbria (Lorenzoni *et al.*, 2010) come un *Pesce "Storico"*, fra i più importanti per la pesca sportiva e per la piscicoltura d'acqua dolce. Del resto, la presenza della Carpa nel Lago Trasimeno risale, almeno, al 1710 (Borghì, 1820); in quella data è documentata infatti una immissione dal Lago di Bracciano di ventisei esemplari per volere del Barone Ancajani (Borghì, 1821) e da quella data è considerata parte della fauna ittica del lago Trasimeno (Moretti, 1977), tanto da venire considerata autoctona fino alla fine degli anni Sessanta del secolo scorso (Moretti e Gianotti, 1966). Da allora è sempre stata presente in questo Lago, rappresentando una importante fonte di indotto per la popolazione locale e diventando uno dei piatti tipici del territorio del Lago. Più in generale, nell'intera penisola la carpa è considerata presente da molti secoli e per questo classificata come specie parautoctona<sup>1</sup>.

La storia dell'allevamento della Carpa inizia in Cina con Fan Li, che redasse il primo documento di acquacoltura per questa specie nel 550 a.C. (AA.VV., 2011). Benché, come detto, già presente in Italia dall'epoca romana (Plinio il Vecchio la descrive nella sua *Naturalis historia*), fu solo nel Medioevo che l'allevamento della Carpa divenne comune in tutta Europa, in particolare nei monasteri, a causa delle restrizioni sul consumo di carne imposte dal rispetto dei dettami religiosi. Si ritiene che le prime osservazioni sistematiche del fenotipo a specchi risalgano proprio a questi contesti monastici quando i monaci ne seppero cogliere la praticità di manipolazione nel consumo alimentare e per questo iniziarono a facilitarne la riproduzione rispetto alle Regina. Da allora è documentata una espansione del fenotipo a specchi in tutta Europa, anche se oggi per diversi motivi in molti contesti, compreso quello del Lago Trasimeno, non è preferito. A livello locale, infatti, un prodotto tipico è rappresentato dalla Regina in porchetta, per la cui preparazione è essenziale che l'animale da cuocere sia uniformemente coperto di scaglie. Per questo motivo, già alcuni anni fa il Laboratorio di Biodiversità Animale e Biotecnologie Naturalistiche del Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, in collaborazione con l'allora Provincia di Perugia aveva avviato un progetto-pilota per l'individuazione di marker genetici di facile risoluzione per il riconoscimento di riproduttori portatori del fenotipo a specchi.

In generale, durante gli eventi di domesticazione la Carpa è stata introdotta in molte aree con interventi di selezione mirata ad ottenere fenotipi differenti. Questi interventi uniti all'isolamento genetico di alcuni pool e all'accumulo di

---

<sup>1</sup> Le specie parautoctone, vengono definite dal D.Lgs. del 19.1.2015 (G.U. n. 31 del 07.02.2015 - <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2015/02/07/31/sg/pdf>), in considerazione delle linee guida per le immissioni delle specie faunistiche (Quad. Cons. Natura, 27, Min. Ambiente - INF5, 2007) per la reintroduzione e il ripopolamento delle specie autoctone (All. D del DPR 120 del 12.03.2003) e delle specie di cui (All. I direttiva 2009/147/CE) come "specie animale o vegetale che, pur non essendo originaria di una determinata area geografica, vi sia giunta per intervento diretto - intenzionale o accidentale - dell'uomo e quindi naturalizzata anteriormente al 1500 dC. Vanno altresì considerate parautoctone le specie introdotte e naturalizzate in altre aree geografiche prima del 1500 dC e successivamente diffusesi attraverso fenomeni naturali di diffusione e dispersione."

Nei Quaderni di Conservazione della Natura n. 27, Editi dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dall'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (AA.VV., 2007), alla luce della sua diffusione, presenza e acclimatazione ormai da epoca antica la carpa è considerata specie parautoctona, ma, negli stessi quaderni si legge che "Si ritiene altresì che possano essere considerate autoctone ai sensi del DPR 120/03 le specie parautoctone, ossia quelle specie animali o vegetali che, pur non essendo originarie del territorio Italiano, vi siano giunte - per intervento diretto intenzionale o involontario dell'uomo e quindi naturalizzate in un periodo storico antico (anteriormente al 1500)".

mutazioni hanno generato numerose varianti fenotipiche in termini di forma del corpo, colore della livrea, dimensione globale dell'animale, tolleranza allo stress e presenza/assenza/dimensione e distribuzione delle scaglie. Contestualmente, l'attività umana ha sostenuto un notevole flusso genico fra pool geograficamente anche molto lontani fra loro (Wang *et al.*, 2010).

### Zona tipica di allevamento

Lago Trasimeno. Le caratteristiche della popolazione di Carpa (*C. carpio*) sono state indagate e sottolineano la presenza di un nucleo peculiare, se confrontato con le altre popolazioni italiane e del Centro Italia. La specie ben si adatta sia ad acque lentiche sia ad acque lotiche di tratti terminali e tollera livelli di ossigenazione e temperatura variabili. Le sue caratteristiche di specie euriecia nei confronti di tali parametri, e parallelamente la sua importanza ecologica ed economica, ne fanno una specie chiave in ambienti lentiche o dei tratti terminali dei fiumi (Tratto della Carpa e della Tinca).

### Consistenza

### Descrizione morfologica

La Carpa comune presenta generalmente una forma del corpo non troppo slanciata, pur mostrando una elevata variabilità del rapporto tra altezza e lunghezza del corpo che sembra essere correlabile con le condizioni di allevamento; in generale nei soggetti selvatici il corpo è più slanciato e allungato rispetto a quanto osservabile in quelli di allevamento, dove si registra un'altezza maggiore, con delle arcuature e gibbosità nella zona dorsale.

Durante gli eventi di domesticazione la Carpa è stata introdotta in molte aree con interventi di selezione mirata ad ottenere fenotipi differenti. Questi interventi uniti all'isolamento genetico di alcuni pool e all'accumulo di mutazioni hanno generato numerose varianti fenotipiche in termini di forma del corpo, colore della livrea, dimensione globale dell'animale, tolleranza allo stress e presenza/assenza/dimensione e distribuzione delle scaglie. Contestualmente, l'attività umana ha sostenuto un notevole flusso genico fra pool geograficamente anche molto lontani fra loro (Wang *et al.*, 2010).

Per quanto riguarda le scaglie, la Carpa comune presenta un polimorfismo sia nella quantità sia nella disposizione delle scaglie, che differiscono molto da un pool all'altro. Si individuano tre tipologie principali, le "Carpa regina", ovvero quelle che hanno il corpo interamente ricoperto di scaglie, le "Carpe a specchi" che posseggono un numero ridotto di squame di grosse dimensioni, irregolarmente distribuite sul corpo, ed infine ci sono esemplari totalmente privi di scaglie e sono definite "Carpa cuoio" o "Carpa nuda".

Nelle carpe a specchi esistono numerose manifestazioni fenotipiche differenti, in base alla localizzazione delle poche, grandi, scaglie che possono essere presenti in modo apparentemente casuale e non speculare sui due fianchi dell'animale, o solamente lungo la linea laterale, o maggiormente concentrate nella zona del peduncolo caudale piuttosto che nella porzione dorsale/gibbosità nella prominente di inserzione della pinna dorsale (si veda l'immagine a lato).

Tale variabilità è in parte da correlare ad una struttura genetica piuttosto complessa, basata su un genotipo tetraploide ( $2n=100$ ) la cui ultima paleo-duplicazione completa viene datata indicativamente ad 8,2 milioni di anni fa (Xu *et al.*, 2014; Xu *et al.*, 2019).

Nell'ultimo decennio alcuni lavori scientifici hanno aggiornato le conoscenze sulla diversità genetica e l'espressione genica della Carpa comune che per lungo tempo si è riferita unicamente ai lavori di Kirpichnikov e Balkashina (1935, 1936), Golovinskaya (1940), Kirpichnikov (1937) e Probst (1949) che avevano dimostrato che due geni autosomici (S, N) non in linkage determinano il pattern delle scaglie nelle carpe. Questi lavori evidenziano, secondo una metodica di "tipo Mendeliano", che sono possibili alcuni genotipi a cui si associano i 4 fenotipi principali.

Le carpe con i genotipi SSNN, SsNN e ssNN non sono vitali; si ritiene che il gene N sia letale quando è in omozigosità e causa la morte dell'embrione già al momento della schiusa. È stato postulato che quando è in eterozigosità possa diminuire la funzionalità di alcuni organi, portando ad una maggiore vulnerabilità degli esemplari con scaglie lungo



una linea e nudi (Golovinskaya, 1940).

Queste ricerche suggeriscono come effettivamente si possa osservare un diverso numero di fenotipi sulla base dei diversi genotipi dei riproduttori, una minore adattabilità degli eterozigoti per N ed effetti pleiotropici dei geni coinvolti.

Genotipo			Fenotipo
SSnn	Ssnn		Regina
ssnn			Specchi con scaglie a spot
SNnn	SsNn		Specchi con scaglie lungo la linea laterale
ssNn			Nuda
SSNN	SsNN	ssNN	Non vitale

Golovinskaya nel 1946 ha incrociato una femmina con fenotipo "lineare" con due maschi "nudi". Come risultato ha ottenuto dei valori di fenotipi regina a spot leggermente superiori rispetto a quelli attesi. Questo dato supporta il presupposto per il quale il fenotipo eterozigote per N ha una minore adattabilità. Tale aspetto si suppone che possa essere dovuto agli effetti pleiotropici di questo gene, anche gli alleli S e s mostrano effetti pleiotropici e tanti caratteri morfologici e fisiologici variano al variare del genotipo, ma nel caso di N le differenze sono estremamente marcate come il fenotipo delle scaglie e il numero dei denti faringei (Golovinskaya, 1946). Le ricerche sull'allevamento e la genetica della carpa condotte fino alla fine degli anni '90 del secolo scorso sono state riassunte da Kirpichnikov in un testo estremamente completo (Kirpichnikov, 1999).

In generale gli studi condotti su ciprinidi con pattern di distribuzione delle scaglie anomali evidenziano un possibile ruolo di shh o dei trasposoni in Eda/EdaR, come documentato in *Danio rerio* (Harris *et al.*, 2008), e scarse sono le ricerche volte all'individuazione di marcatori molecolari in grado di distinguere i riproduttori portatori del fenotipo Regina vs Specchi. Questa determinazione potrebbe essere particolarmente importante per ambiti come quello locale dove il fenotipo Regina consente la realizzazione di piatti tipici come la Regina in porchetta, non realizzabile con esemplari portatori del fenotipo a specchi. Kondo ha analizzato una mutazione del Pesce Medaka (*Oriziaslatipes*) con due fenotipi diversi: uno con il corpo ricoperto di scaglie e un altro senza scaglie (Kondo *et al.*, 2001).

### Caratteristiche riproduttive

La Carpa è una specie poligama, in cui una femmina che depone le uova è solitamente seguita da diversi maschi. La femmina depone le uova in aree marginali, poco profonde ricche di vegetazione.

In condizioni tropicali la Carpa si riproduce durante tutto l'anno, mentre è una specie stagionale in acque temperate (Alikunhi, 1966). I principali fattori ambientali che influenzano la deposizione e la sopravvivenza delle uova sembrano essere, infatti, la temperatura, che deve essere compresa fra 15°C e 20°C, e il livello dell'acqua (Boon Swee&McCrimmon, 2011; Pethiyagoda, 1991). Ogni femmina adulta e in salute di Carpa è in grado di deporre oltre un milione di uova in una stagione. In Europa è possibile contestualizzare il successo riproduttivo a quegli anni in cui non solo il livello dell'acqua ha un incremento già nel mese di maggio, ma in cui nonostante le temperature si mantengano elevate, la vegetazione permane sommersa nei mesi di maggio e giugno (Kottelat, M&Freyhof, 2007)

La lunghezza alla prima maturità sessuale per femmine e maschi (L50) è stata documentata in letteratura ed è pari a 21,5 e 17,5 cm (Tessema *et al.*, 2020) rispettivamente. Indipendentemente dalla taglia alla prima maturità sessuale, che può dipendere da numerosi fattori ambientali, è chiaro che tutti gli studi sottolineano come in *C. carpio* i maschi maturano a taglie più piccole rispetto alle femmine.

Le caratteristiche inerenti la deposizione delle uova delle carpe sono state confrontate in situazioni di deposizione nel periodo di stagionalità con deposizione fuori stagione (Kucharczyk *et al.*, 2008). È interessante come non siano emerse differenze nella percentuale di ovulazione, motilità degli spermatozoi e sopravvivenza dell'embrione tra i periodi di deposizione delle uova. Solamente, i pesci che provenivano da uova prodotte nella stagione riproduttiva producevano ovociti di peso totale superiore a quelli generati fuori stagione. Dagli studi di Kucharczyk e colleghi (2008) emerge la possibilità di ottenere, in opportune condizioni strutturali, larve di carpa sei mesi prima del periodo naturale di deposizione delle uova senza diminuire la qualità dei gameti e delle larve.

### Tecniche di allevamento tradizionale

### Attitudini produttive

L'allevamento della Carpa non è considerato una forma di piscicoltura particolarmente complessa, tanto da essere stato una delle prime ad essere esperito in assoluto. Parte delle possibilità di gestione di questa specie in allevamento

proviene dal fatto che, diversamente ad esempio dal luccio, non si tratta di una specie predatrice o con eventi di cannibalismo. In generale, come già detto sopra, durante gli eventi di domesticazione la Carpa è stata introdotta in molte aree con interventi di selezione mirata ad ottenere fenotipi differenti. Questi interventi uniti all'isolamento genetico di alcuni pool e all'accumulo di mutazioni hanno generato numerose varianti fenotipiche in termini di forma del corpo, colore della livrea, dimensione globale dell'animale, tolleranza allo stress e presenza/assenza/dimensione e distribuzione delle scaglie. Contestualmente, l'attività umana ha sostenuto un notevole flusso genico fra pool geograficamente anche molto lontani fra loro (Wang *et al.*, 2010).

## Caratteristiche tecnologiche e organolettiche del prodotto

### Utilizzazione gastronomica

Alla Carpa (*C. carpio*) è attribuita una profonda attenzione nel mercato locale, soprattutto nel settore della ristorazione e nei confronti della pesca sportiva. Degne di nota sono le modalità di preparazione della Carpa nella cucina locale nel Comprensorio del Trasimeno, considerabili peculiari e uniche nel panorama della ristorazione nazionale, se non oltre. La Carpa in porchetta (per la quale sono richiesti esemplari del fenotipo Regina, con il corpo coperto integralmente di scaglie) è un piatto rinomato e ricercato.

### Miglioramento genetico

La tutela e ricostituzione delle popolazioni di specie autoctone è stato per molti anni uno dei compiti principali del Centro Ittiogenico del Trasimeno di S. Arcangelo di Magione, gestito dalla Provincia di Perugia. Oltre a questa attività, il Centro si è occupato anche della riproduzione della Carpa (*C. carpio*) che, benché specie parautoctona, riveste nel comprensorio del Lago Trasimeno un'importanza di primissimo rilievo.

Il Centro Ittiologico del Trasimeno è una struttura, unica nel suo genere in Italia, che da venticinque anni svolge ricerche su alcune delle specie ittiche locali producendo novellame finalizzato al ripopolamento del Lago. I risultati genetici mostrano una differenza importante della popolazione della Carpa (*C. carpio*) del Lago Trasimeno rispetto alle popolazioni degli altri ambienti indagati (ad esempio del vicino F. Tevere), ovvero l'assenza di genotipi francamente asiatici. Molto probabilmente è stato proprio il supporto alla riproduzione che viene attuato in questo Centro che ha consentito il mantenimento della stabilità della popolazione e della sua omeostasi a lungo termine, valorizzando in modo unico la popolazione, consentendole di mantenere l'assetto riferibile alle originarie popolazioni Europee. L'attività svolta, infatti, è basata su una riproduzione artificiale *ex situ* a partire da riproduttori prelevati *in situ* con novellame annualmente rilasciato nel Lago.

Lavorando regolarmente con riproduttori pescati *in situ*, il Centro Ittiogenico ha consentito da un lato il mantenimento delle peculiarità genetiche della popolazione, evitando la necessità di andare a introdurre materiale alloctono che avrebbe compromesso i genotipi già presenti, dall'altro, gestendo un elevatissimo numero di riproduttori diversi di anno in anno, e fecondando le uova delle femmine con lo sperma di più maschi, ha sostenuto i livelli di diversità genetica necessari per una omeostasi a lungo termine dell'intera popolazione.

Il risultato non è stato un miglioramento genetico *stricto sensu*, ma il supporto al mantenimento dei livelli di diversità genetica raggiunti dalla popolazione in modo naturale nel corso della sua evoluzione su piccola scala.

## Altro interesse alla conservazione

### Progetti specifici

### Bibliografia di riferimento

AAVV. (2007). Linee guida per l'immissione di specie faunistiche. Quad. Cons. Natura, 27, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica.

AAVV. (2011). Pesca e acquacoltura. Mipaaf.

Alikunhi K.H., 1966. Synopsis of biological data on common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus), 1758 (Asia and the Far East). FAO Fish. Synop. 31(2):39p

Boon Swee U., McCrimmon Hugh R. Reproductive Biology of the Carp, *Cyprinus carpio* L., in Lake St. Lawrence, Ontario. Translation of AFS. 95(4): 372-380. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1966\)95\[372:RBOTCC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1966)95[372:RBOTCC]2.0.CO;2)

Golovinskaya K.A., (1940). Pleiotropic effect of scale genes in carp. Dokl.Akad.Nauk SSSR 28(6):533-6

Golovinskaya K. A. (1946). On the linear form of che cultivated common carp. Doklady (Reports). AkademiiNauk SSSR (Moscow) 54: 637-640 (R)

- Harris M.P., Rohner N., Schwarz H., Perathoner S., Konstantinidis P. (2008). Zebrafish *eda* and *edar* Mutants Reveal Conserved and Ancestral Roles of Ectodysplasin Signaling in Vertebrates. *PLOS Genetics* 4(10): e1000206.
- Kirpichnikov, V.S., E.J. Balkashina, (1935). Materials on genetics and selection of carp. 1. *Zool.Zh.*, 14(1):45–78 (In Russian) 93
- Kirpichnikov, V.S., (1937). Principal genes of scale in carp. *Biol.Zh.*, 6(3): 601–32
- Kondo, S., Kuwahara Y., Kondo, M., Naruse, K., Mitani, H., Wakamatsu, Y., Ozato, K., Asakawa, S., Shimizu, N. And Shima, A. (2001). The medakars-3 locus required for scale development encodes ectodysplasin-A receptor. *Curr. Biol.*, 11:1202-1206
- Kottelat M., Freyhof J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol, Switzerland.
- Kucharczyk D., Targońska K., Hliwa P., Gomułka P., Kwiatkowski M., Krejszef S., Perkowski J. Reproductive parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L) spawners during natural season and out-of-season spawning. *Reprod Biol.* 2008 Nov; 8(3):285-9. doi: 10.1016/s1642-431x(12)60018-7. PMID: 19092989.
- Lorenzoni M., Ghetti L., Carosi A., Dolciamo R., 2010. La fauna ittica e i corsi d'acqua dell'Umbria. Regione Umbria.
- Moretti G. (1977). *Pescatori del Trasimeno*, in AA. VV., *Arti e mestieri tradizionali in Umbria*, «Opera del Vocabolario dialettale umbro», 5, Istituto di Filologia romanza, Università degli Studi, Perugia, pp. 67-122 (Arquata, Foligno, «Laghi e stagni d'Italia», 4, 1986, ristampa).
- Moretti G., Gianotti F.S. (1966). La fauna ittica in Umbria. Poligrafica F. Salvati
- Natali M., (1993). I pesci del lago Trasimeno, Tipolitografia Grifo, Perugia. 94
- Pethiyagoda R., 1991. Freshwater fishes of Sri Lanka. The Wildlife Heritage Trust of Sri Lanka, Colombo. 362 p.
- Probst E., (1949). Vererbungsuntersuchungen beim Karpfens. *Allg. Fischztg.*, 21:436–43
- Tessema A., Getahun A., Mengistou S. Reproductive biology of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) in Lake Hayq, Ethiopia. *Fish Aquatic Sci* 23, 16 (2020). <https://doi.org/10.1186/s41240-020-00162-x>
- Wang, C., Liu, H., Lou, Z., Wang, J., Zou, J., and Li, C. (2010). Mitochondrial genetic diversity and gene flow of common carp from main river drainages in China. *Freshwater Biol.* 55, 11. doi: 10.1111/j.1365-2427.2010.02424.x
- Xu J, Jiang Y, Zhao Z, Zhang H, Peng W, Feng J, Dong C, Chen B, Tai R and Xu P (2019). Patterns of Geographical and Potential Adaptive Divergence in the Genome of the Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Front. Genet.* 10:660. doi: 10.3389/fgene.2019.00660
- Xu, P., Zhang, X., Wang, X. *et al.* (2014). Genome sequence and genetic diversity of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Nat Genet* 46, 1212–1219. <https://doi.org/10.1038/ng.3098>