



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE**

**Corso di Laurea**  
**SCIENZE BIOLOGICHE**

**RELAZIONI FILOGENETICHE CHE INTERCORRONO TRA FALCO PELLEGRINO (*Falco peregrinus*), FALCO SACRO (*Falco cherrug*) e GIRFALCO (*Falco rusticolus*) BASATE SUL CONFRONTO DEI CARIOTIPI**

**PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS BETWEEN PEREGRINE FALCON (*Falco peregrinus*), SAKER FALCON (*Falco cherrug*) AND GIRFALCON (*Falco rusticolus*) BASED ON THE COMPARISON OF KARYOTYPES**

Tesi di laurea di:

Eva Montesi

Docente referente  
Chiar.mo. Prof.

Caputo Barucchi Vincenzo

**Sessione Autunnale**  
**Anno Accademico 2019 - 2020**

La falconeria è l'arte di cacciare con gli uccelli da preda ed i protagonisti indiscussi di questa disciplina sono proprio i falchi. I falchi addestrati devono rigorosamente essere nati in cattività e provengono quindi da allevamenti controllati; in questo ambito è possibile riprodurre moltissime specie ed è inoltre possibile dar vita anche ad organismi ibridi. I falchi più impiegati nella formazione degli ibridi sono il falco pellegrino (*F. peregrinus*), il falco sacro (*F. cherrug*) ed il girfalco (*F. rusticolus*). Queste tre specie appartengono allo stesso gruppo monofiletico che possiede al suo interno due ramificazioni: il complesso del falco pellegrino ed il sottogenere *Hierofalco*. Proprio nell'ambito dell'allevamento è stato possibile notare che non tutti gli ibridi sono fertili, alcuni possiedono una fertilità ridottissima: gli ibridi falco sacro X girfalco rimangono fertili per molte generazioni successive, invece gli ibridi falco pellegrino X falco sacro/girfalco sono quasi sterili. La spiegazione a questo fatto è da ricercare nella definizione stessa di specie biologica e nel processo di speciazione che hanno subito questi tre falchi. Il processo di speciazione si verifica su più piani tra cui uno importantissimo è il riarrangiamento cromosomico. Questo prevede diverse modifiche a carico dei cromosomi, tra cui inversioni, delezioni, fissioni e fusioni, fino a modificare anche il numero cromosomico  $2n$ ; queste modifiche che intercorrono nel processo di differenziazione tra le specie funzionano da barriera post-zigotica per evitare ibridi fertili. Il confronto tra i cariotipi, trattati con tecniche di bandeggio e con la cross-species FISH, può aiutare a capire le relazioni filogenetiche tra queste tre specie di falchi e contribuisce a spiegare anche la fertilità o la sterilità degli ibridi .

La **falconeria** è un'arte millenaria che si è tramandata nei secoli fino ai tempi odierni e consiste nell'arte di cacciare con gli uccelli rapaci, soprattutto con i falconi.



Questi animali non possono essere prelevati in natura, in quanto la loro detenzione è severamente regolamentata dalla convenzione CITES entrata in vigore nel 1975.

Infatti a partire dagli anni '70 si sono diffusi molti allevamenti ed allevatori impegnati nella riproduzione dei rapaci e dei falchi in cattività.



Falchi più utilizzati in falconeria e più diffusi negli allevamenti:

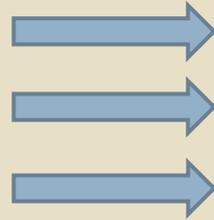
- **Falco pellegrino** (*F. peregrinus*)
- **Falco sacro** (*F. cherrug*)
- **Girfalco** (*F. rusticolus*).

I falchi appartengono al genere *Falco* e queste tre specie sono classificate nello stesso ramo monofiletico, indicato come gruppo dei falchi di medie-grandi dimensioni; si suddividono poi nel **complesso del falco pellegrino** (comprendente tutte le sottospecie) e nel sottogenere ***Hierofalco*** (molte specie strettamente imparentate)



## Ibridi diffusi:

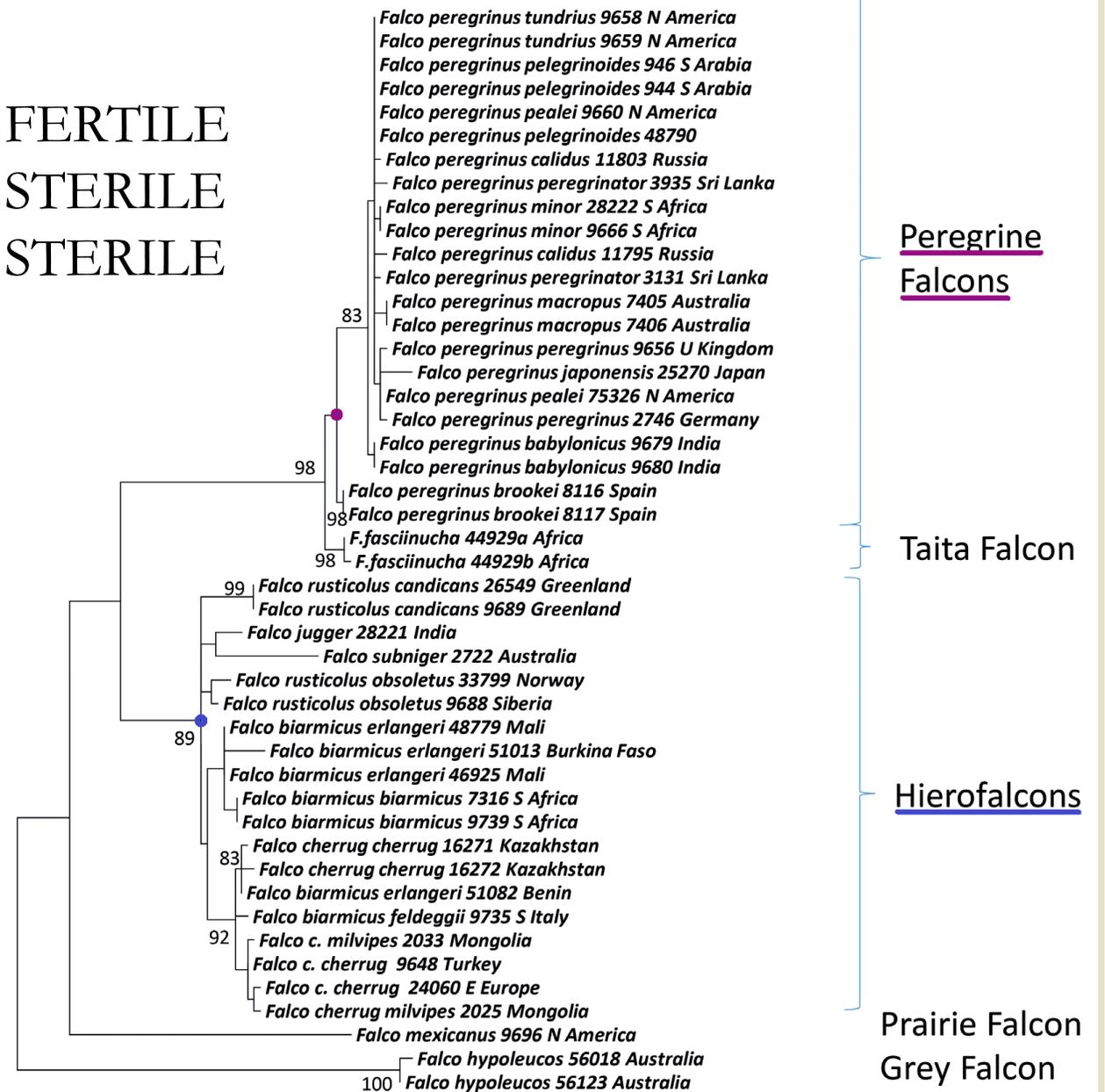
- Falco sacro x girfalco
- Falco pellegrino x falco sacro
- Falco pellegrino x girfalco



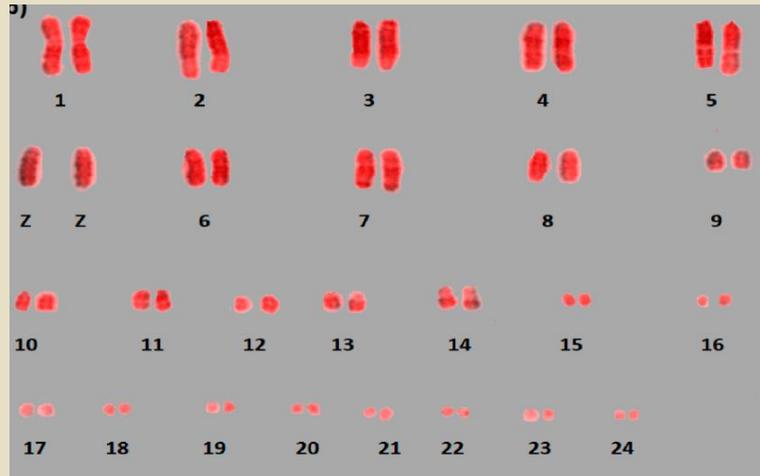
FERTILE  
STERILE  
STERILE

La diversità esistente nelle differenti specie di falchi risale agli ultimi 5-7 milioni di anni, mentre il processo di speciazione è molto più recente tra i rappresentanti dello Hierofalco, ed è stimato essere intorno i 100.000-200.000 anni.

Il processo di speciazione avviene su più piani, tra cui il riarrangiamento cromosomico

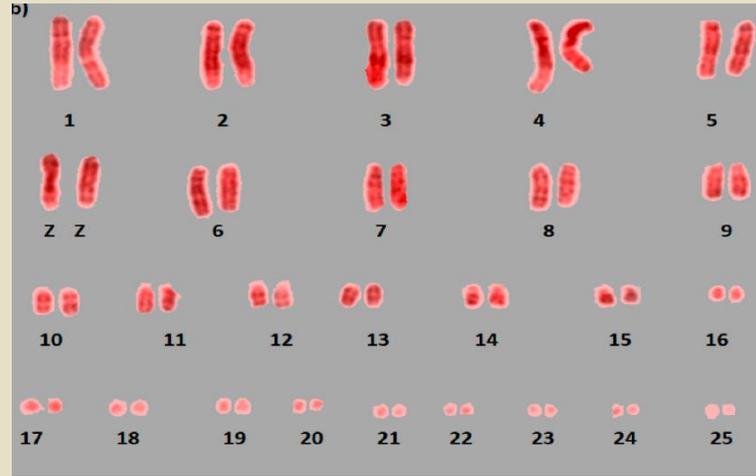


I cariotipi della maggior parte delle specie di uccelli sono caratterizzati da un numero abbastanza elevato di cromosomi, circa  $2n = 80$ , suddivisi in macrocromosomi e microcromosomi. I cariotipi dei falchi invece presentano un numero cromosomico notevolmente ridotto compreso tra 40 – 54 cromosomi, dovuto alle numerose fusioni avvenute nel corso dell'evoluzione a carico dei microcromosomi.



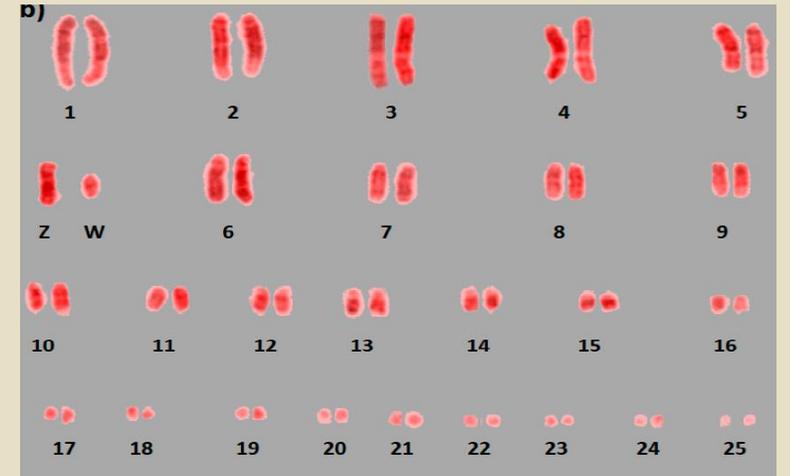
*Falco peregrinus*

$$2n = 50$$



*Falco cherrug*

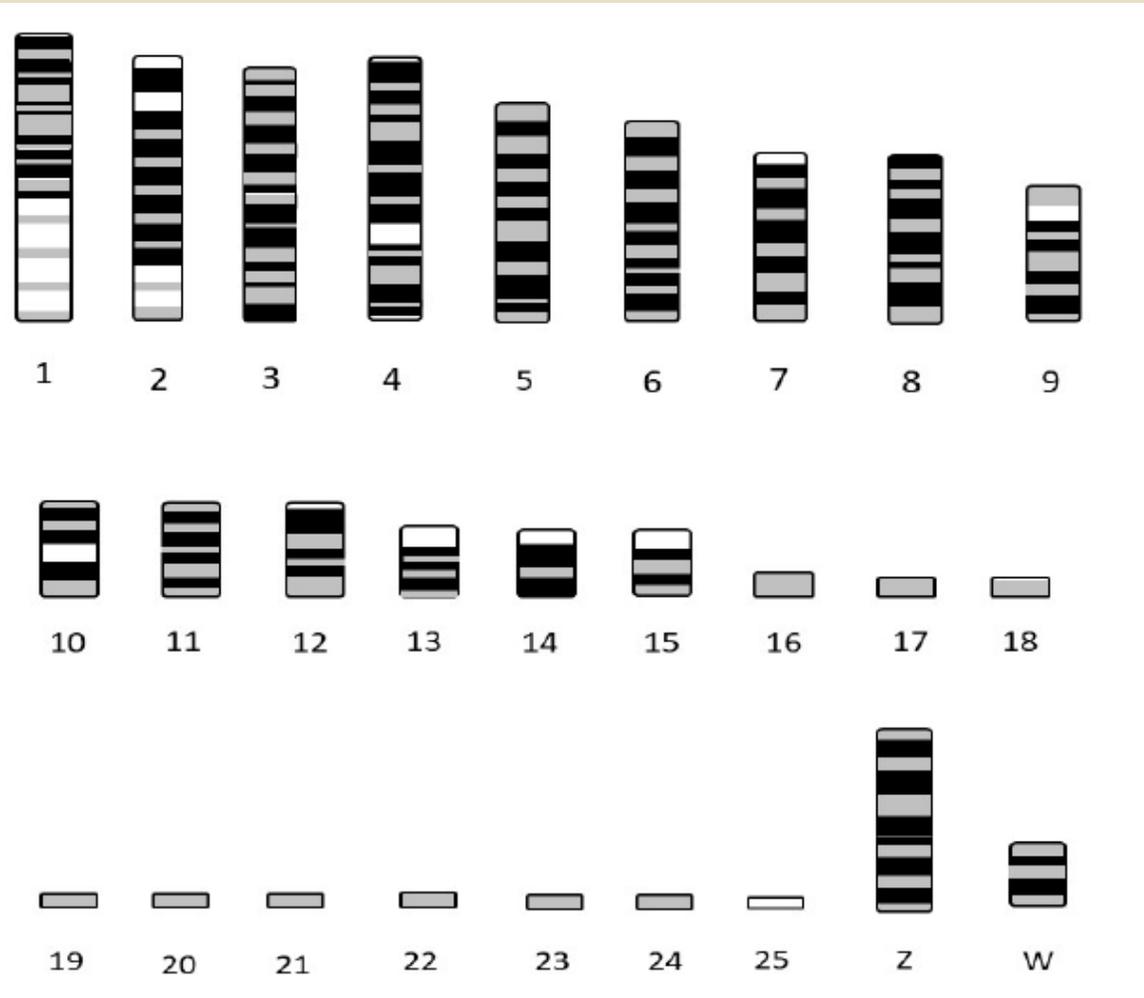
$$2n = 52$$



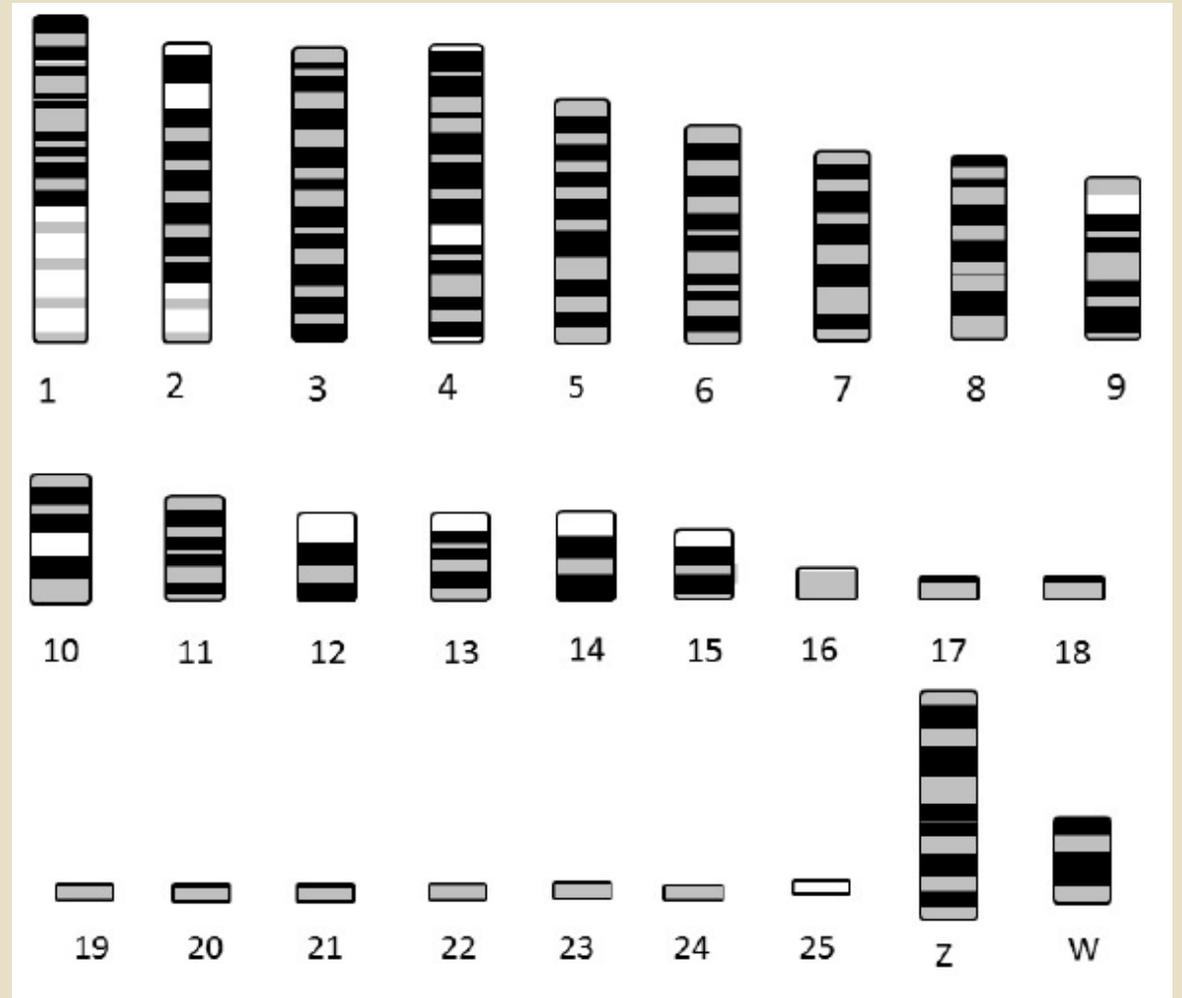
*Falco rusticolus*

$$2n = 52$$

Il confronto degli ideogrammi non mostra particolari riarrangiamenti tra queste due specie

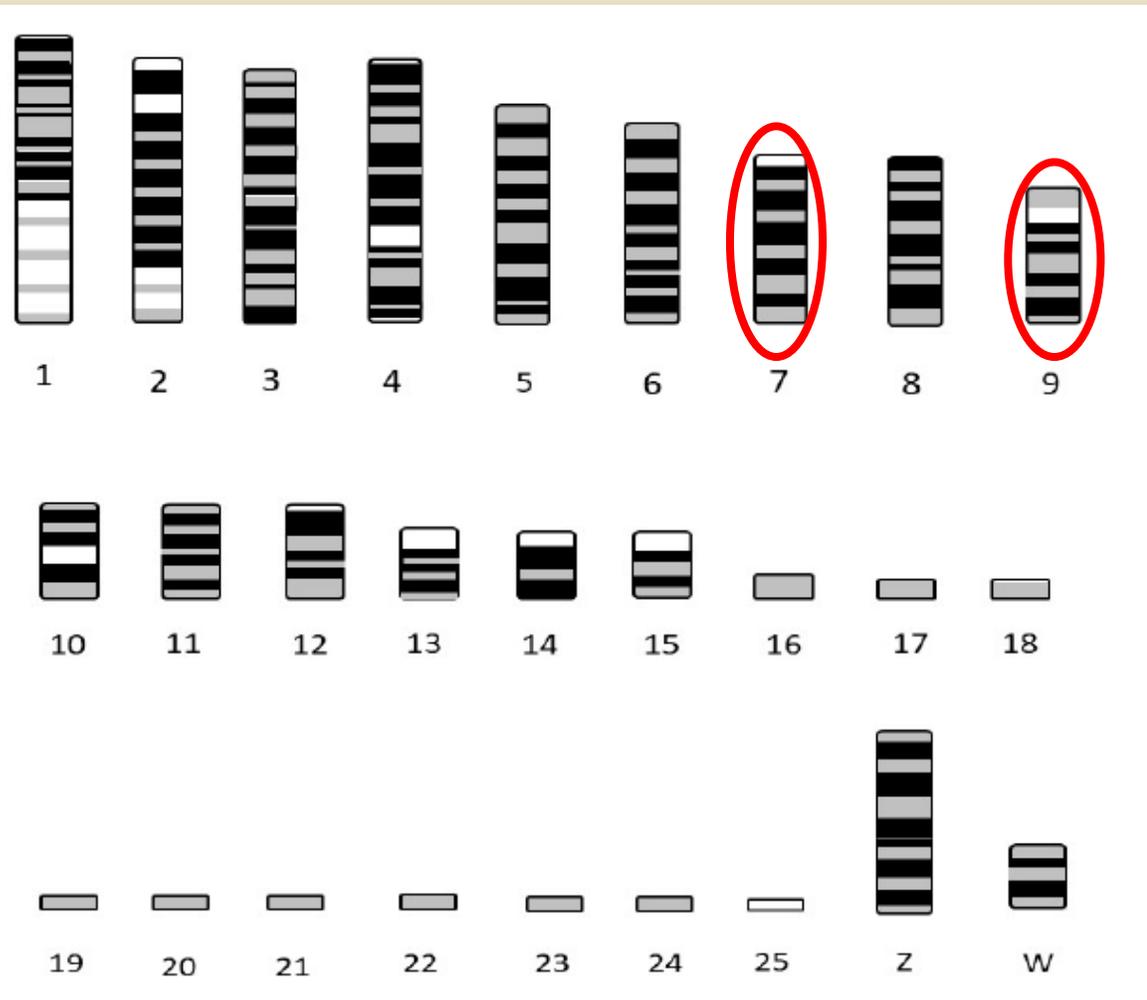


*Falco cherrug*



*Falco rusticolus*

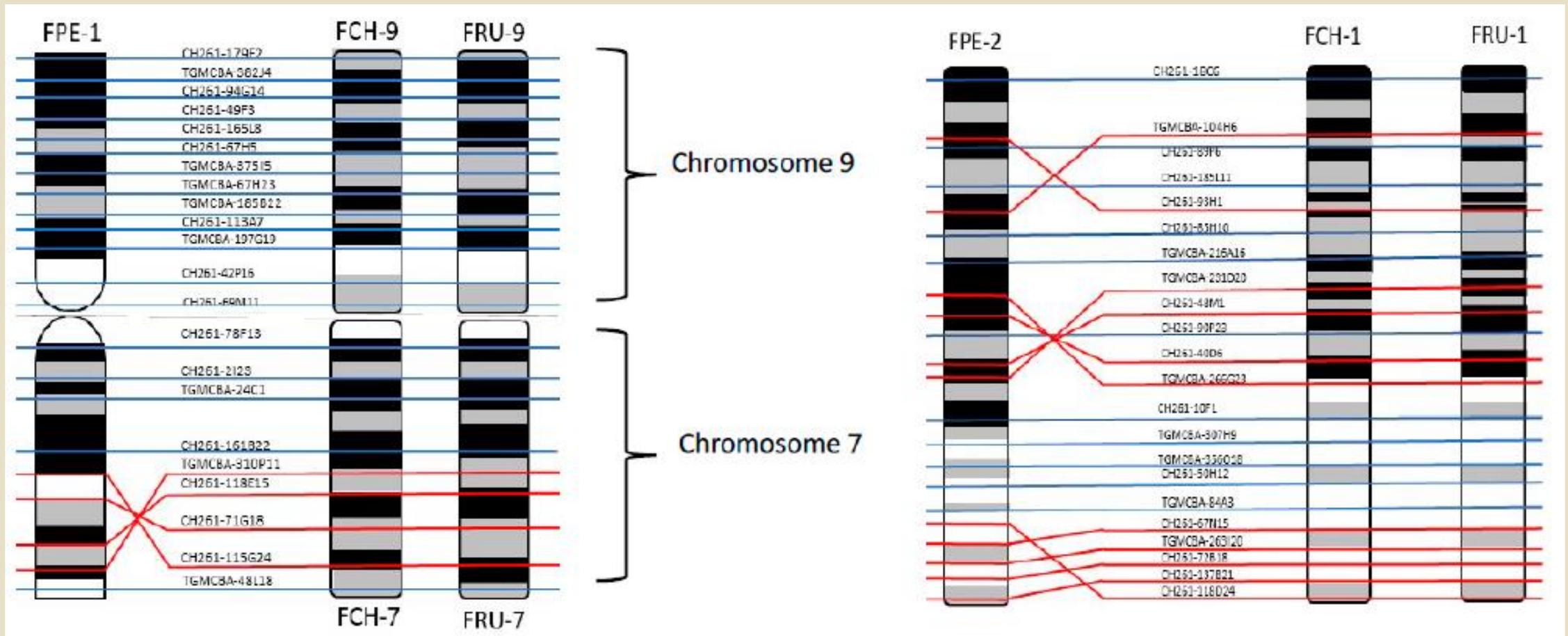
I cariotipi delle due specie presentano alcune importanti differenze



*Falco cherrug*



*Falco peregrinus*

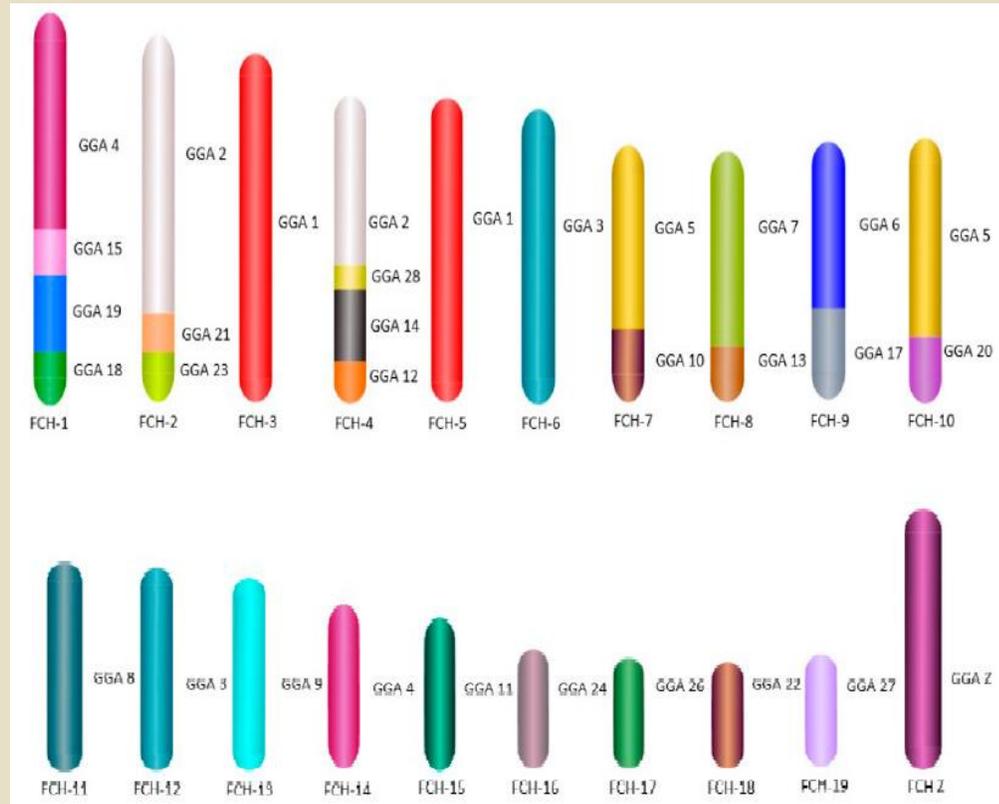


- FPE-1 metacentrico deriva dalla fusione centrica di FCH-9/FRU-9 e FCH-7/FRU-7
- FPE-1q presenta un' inversione rispetto al FCH-7 e FRU-7
- FPE-2 è omologo ai cromosomi FCH-1 e FRU-1
- FPE-2 presenta tre inversioni rispetto FCH-1/FRU-1

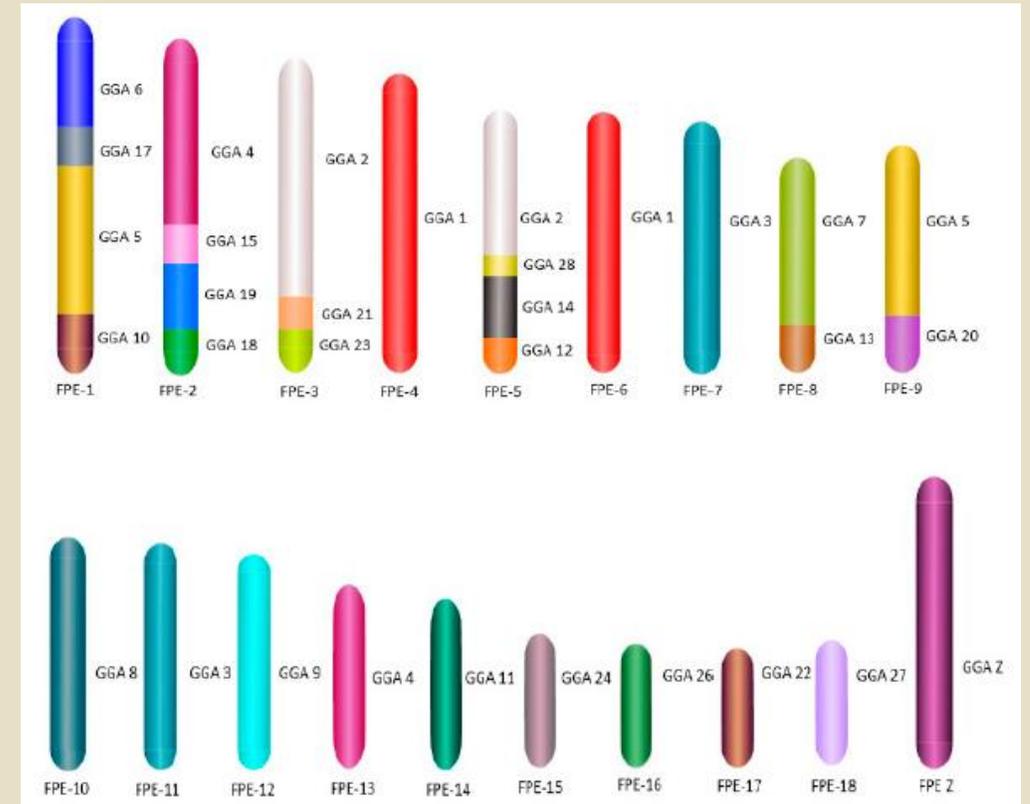
Cross-species FISH tra i cariotipi dei falchi e le sonde costruite col genoma di pollo.

Il genoma di falco pellegrino mostra 13 fusioni e cinque fissioni; le fissioni sono a carico dei cromosomi di pollo GGA 1, GGA2, GGA3, GGA4, GGA5.

Il falco sacro ed il girfalco presentano lo stesso identico pattern di ibridazione, con 12 fusioni e cinque fissioni e le fissioni sono sempre a carico dei cromosomi di pollo GGA1, GGA2, GGA3, GGA4, GGA5.



*Falco cherrug/rusticolus*



*Falco peregrinus*

Il riarrangiamento cromosomico funziona da barriera post-zigotica per scoraggiare la formazione di ibridi tra due specie:

- Falco sacro x girfalco  $2n = 52$  fertile
- Falco pellegrino x falco sacro  $2n = 51$  ridotta fertilità/sterile
- Falco pellegrino x girfalco  $2n = 51$  ridotta fertilità/sterile

Un corredo cromosomico  $2n = 51$  presenterà problemi durante la fase della meiosi, in quanto le coppie di omologhi non potranno essere correttamente appaiate ed allineate sulla piastra metafasica, se non nel caso fortuito in cui il cromosoma 1 metacentrico del pellegrino si accoppi correttamente con i cromosomi 7 e 9 derivanti dal corredo del girfalco o del sacro, e solo in questo caso si potrebbe verificare una ridottissima fertilità

Falco sacro e girfalco possiedono un corredo cromosomico molto simile, tanto da supporre che il loro processo di speciazione non sia ancora completato.

## BIBLIOGRAFIA

- Wink, M. 2018. Phylogeny of Falconidae and phylogeography of Peregrine Falcons  
Phylogeny of Falconidae and phylogeography of Peregrine Falcons - *Ornis Hungarica* 26(2):27–37. DOI: 10.1515/orhu-2018-013
- Sunitha Joseph, Rebecca E. O'Connor, Abdullah F. Al Mutery, Mick Watson, Denis M. Larkin and Darren K. Griffin. 2018. Chromosome Level Genome Assembly and Comparative Genomics between Three Falcon species Reveals an Unusual Pattern of Genome Organisation
- Wilcox JJS, Boissinot S, Idaghdour Y. 2019. Falcon genomics in the context of conservation, speciation, and human culture. *Ecol Evol.* 2019;9:14523–14537. <https://doi.org/10.1002/ece3.5864>
- Chizuko Nishida, Junko Ishijima, Ayumi Kosaka, Hideyuki Tanabe, Felix A. Habermann, Darren K. Griffin & Yoichi Matsuda. 2008. Characterization of chromosome structures of Falconinae (Falconidae, Falconiformes, Aves) by chromosome painting and delineation of chromosome rearrangements during their differentiation *Chromosome Research* (2008) 16:171Y181 DOI: 10.1007/s10577-007-1210-6