



## Origine del Cavolfiore: revisione delle evidenze genetiche e storiche

*La ricerca promossa dal Consorzio di tutela del Cavolfiore della Piana del Sele IGP consiste in un'analisi bibliografica e una revisione della letteratura scientifica sull'origine e la domesticazione del cavolfiore, dinamiche evolutive, relazioni genetiche e possibili centri d'origine*

L'origine e la domesticazione del cavolfiore sono tutt'ora argomenti aperti nel dibattito accademico, includendo dati di carattere genetico e storico-agronomico. L'elevata diversificazione dei morfotipi, conseguenza anche della selezione antropica, rende difficoltosa l'identificazione dell'antenato selvatico e del centro d'origine, anche a causa della facilità del flusso genico e fenomeni quali introgressione e feralizzazione all'interno del genere Brassica. L'obiettivo principale di questo lavoro è riportare le principali ipotesi sull'origine del cavolfiore attraverso lo studio delle relazioni parentelari tra forme selvatiche e forme coltivate di Brassica oleracea. La ricerca ha lo scopo di chiarire tali dinamiche per una conoscenza più approfondita sull'origine del cavolfiore e per valorizzare le produzioni orticole del territorio della Piana del Sele.

### Metodologia

Il presente lavoro è stato costruito in base ad un'analisi bibliografico-documentale, con lo scopo di raccogliere, selezionare e riportare i principali dati scientifici relativi all'origine e domesticazione del cavolfiore.

### Risultati

Basandosi su studi citogenetici precedenti, ricercatori quali Mizushima e Prakash e Hinata hanno ipotizzato che le tre piante diploidi del triangolo di U, tra cui Brassica oleracea, i.e. genoma C con numero cromosomico  $n=9$  o  $2n=18$ , si siano evolute ingrandendo il numero cromosomico da un antenato con  $n=6$ . Questa ipotesi venne scartata da Song et al. avallando invece la tesi di Snogerup

### Maria Carlotta Vocca

Archeologa laureata presso l'Università di Urbino e formazione magistrale all'Università di Bologna. Ha partecipato a progetti di scavo presso aree archeologiche come Paestum e Pompei e lavora nell'area Ricerca e Sviluppo della OP Solco Maggiore e del Consorzio di Tutela del Cavolfiore della Piana del Sele I.G.P., dove coordina progetti su biodiversità e archeologia, promuovendo la valorizzazione culturale dei prodotti alimentari.

secondo cui l'antenato delle varietà di Brassica oleracea sarebbe la subspecie Brassica oleracea selvatica (syn. Brassica sylvestris o Brassica oleracea ssp. oleracea) con numero cromosomico  $n=9$ . Quest'ultima a sua volta avrebbe generato una primitiva forma di Brassica oleracea poi domesticata, identificata con il cavolo Thousand heads o cavolo dalle mille teste. Questa specie è oggi considerata una landrace autoctona dell'Inghilterra a foglie sciolte (convar. acephala) da fruire come verdura.

Due anni dopo, Song, Osborn e Williams condussero un'analisi più approfondita che smentì in parte la tesi precedente. I nuovi risultati mostrarono che i morfotipi coltivati costituiscono un gruppo monofiletico, ovvero provengono da un unico antenato, e che cavolfiori e broccoli si riuniscono in un solo cluster, il che significa che sono geneticamente più simili tra loro rispetto alle altre accessioni. Gli stessi ricercatori proposero che una primitiva forma di Brassica oleracea si sarebbe originata dallo stesso antenato della Brassica rapa e che successivamente diverse forme selvatiche si sarebbero evolute da questa forma primitiva. Questo comune antenato sarebbe stato simile alla Brassica oleracea selvatica e Brassica alboglabra, un tipo a foglie poi disseminato per tutta l'Europa.

Forme specializzate si sarebbero poi evolute in aree diverse attraverso i processi di selezione, ibridazione ed introgressione e si sarebbero adattate anche a situazioni climatiche differenti. Per esempio, i broccoli antichi potrebbero derivare da un cavolo a foglie autoctono dell'Italia per poi geneticamente divergere e specializzarsi sul destino delle infiorescenze. Inoltre, i cavolfiori si sarebbero evoluti dai broccoli e di conseguenza, anche per i cavolfiori il centro di origine sarebbe da ricercarsi in Italia. Tra le accessioni selvatiche, dunque, Brassica oleracea selvatica e Brassica alboglabra sembrano essere le forme più vicine a quelle coltivate e di conseguenza le considerarono gli antenati più prossimi alle varietà di Brassica oleracea domestiche.

Dello stesso parere sono Smyth e Thompson, i quali identificano la Brassica oleracea selvatica delle coste rocciose dell'Europa e Mediterraneo nord-occidentali, come antenato delle varietà coltivate di Brassica oleracea, tra cui il cavolfiore. Secondo queste teorie, le forme selvatiche a foglie di Brassica oleracea sarebbero state coltivate sulle coste dell'Inghilterra e della Francia nord-occidentale, trasportate attraverso le rotte commerciali dello stagno, in Medio-riente, nel XI secolo a.C., per poi essere reintrodotte in Europa successivamente.

Già negli anni '70, Mitchell notò che le popolazioni di Brassica oleracea selvatica si distribuivano ai confini di città portuali e villaggi costieri e ciò lo indusse a pensare che in realtà si trattasse di piante ferali e non selvatiche. Le piante ferali sono piante che hanno rifuggito i campi coltivati e si sono rinaturalizzate; in questo caso si parla di piante endoferali, ovvero che si sono rinselvatichite senza l'aiuto di introgressione/ibridazione e hanno perso i loro tratti domestici. A sostenere la tesi che la Brassica oleracea selvatica

non sia il progenitore dei morfotipi coltivati sono Mabry et al. Questi ricercatori hanno analizzato il genoma di diversi individui sia selvatici che domesticati per ricavarne un albero genealogico. In base ai loro risultati, si può affermare che per le Brassica oleracea il flusso genico con relativi CWR e l'introgressione con specie selvatiche o ferali appartenenti allo stesso genere, è molto agevole. Pertanto, così si spiega perché la Brassica oleracea selvatica è geneticamente molto simile ai morfotipi coltivati e formano un unico cluster.

Da Maggioni apprendiamo che mentre in presenza di ibridi tra individui del genere Brassica si può perdere il fenotipo determinato dai tratti recessivi omozigoti di uno dei genitori, non si spiega con altrettanta facilità perché un cavolo reimmessosi nel selvatico preferisca ritornare al suo stato di pianta a foglie invece di generare nella sua progenie altri cavoli. Una delle possibili risposte che troviamo in Maggioni è quella relativa alla capacità di adattamento delle piante appartenenti al genere Brassica, ovvero che in presenza di stress idrico e mancanza di nutrienti, la selezione punta in favore di quei tratti selvatici che meglio si adattano ad un ambiente naturale, soprattutto se c'è materiale genetico da acquisire da altre piante selvatiche.

Mabry et al. e Maggioni trovano forte riscontro nella tesi che Brassica cretica e Brassica incana siano i parenti selvatici più prossimi alle forme coltivate, nonostante entrambi mostrino segni parziali di domesticazione e feralizzazione rispettivamente. In conclusione, Mabry et al. puntano alla Brassica cretica e la fascia costiero-insulare della Grecia e Cipro quali antenato e centro d'origine delle varietà di Brassica oleracea coltivate, mentre Maggioni suggerisce di svolgere analisi più approfondite per verificare il legame parentale esistente tra le forme coltivate e Brassica incana puntando al centro-sud Italia come centro d'origine.

Restringendo progressivamente la ricerca sull'origine del cavolfiore, si possono menzionare Smith e King, i quali hanno condotto delle ricerche genetiche per verificare lo sviluppo e domesticazione del cavolfiore. Secondo la loro tesi, che riconcilia i dati ottenuti da Song et al. e Crisp, il cavolfiore sarebbe nato in Italia meridionale da un broccolo calabrese attraverso l'intermediazione del cavolo viola siciliano.

Tali dinamiche trovano riscontro anche nella storica vocazione orticola dell'Italia meridionale, area nella quale la coltivazione del cavolfiore si è consolidata nel tempo in diversi contesti pedoclimatici favorevoli. Tra questi, la Piana del Sele rappresenta uno degli areali maggiormente specializzati, caratterizzato da condizioni ambientali particolarmente idonee alla coltivazione della specie e alla stabilità delle sue espressioni produttive. In tale contesto si inserisce il Cavolfiore della Piana del Sele IGP, espressione di un sistema produttivo territoriale fondato sull'interazione tra patrimonio genetico delle cultivar, pratiche agronomiche locali e specificità pedoclimatiche dell'areale. Le caratteristiche dei suoli di natura vulcanico-alluvionale, unite alla mitigazione climatica esercitata dall'influenza marina e alla protezione orografica dell'entroterra, favoriscono lo sviluppo di corim-

bi con elevati standard qualitativi. In particolare, il prodotto si distingue ed è riconosciuto per significativi contenuti di vitamina C e magnesio, nonché per la presenza di composti antiossidanti glucosinolati bioattivi, tra cui il sulforafano, molecola oggetto di numerosi studi per il potenziale ruolo protettivo nei confronti di diverse patologie, incluse quelle dell'apparato respiratorio. Ne deriva un profilo qualitativo complessivo che coniuga caratteristiche nutrizionali e funzionali rendendo il Cavolfiore della Piana del Sele IGP una delle espressioni più rappresentative della specializzazione orticola dell'Italia meridionale (dott. Carlo De Nigris, Consorzio di tutela del Cavolfiore della Piana del Sele).

Stansel et al., d'altro canto, aggiunge che, in base alle analisi genetiche effettuate, il cavolfiore perfezionato è geneticamente più simile al cavolo broccolo rispetto al cavolfiore landrace e che i broccoli landrace condividono una grande componente della struttura con i cavolfiori perfezionati. Il tutto porta a pensare che i broccoli siano stati domesticati prima del cavolfiore e che si siano verificati eventi di introgressione dal broccolo durante la formazione del moderno cavolfiore.

Inoltre, sappiamo che il corimbo è composto da apici meristematici che non si sono sviluppati in fiori, e che il fenotipo a corimbo è sotto il controllo genetico in più di un locus. L'ontologia delle Brassicaceae nel suo insieme può essere vista come un aumento della severità nel controllo del passaggio dalla crescita vegetativa alla fioritura, ed i cavolfiori rappresentano il fenotipo più estremo di arresto precoce. Un livello intermedio di arresto si osserva nell'infiorescenza del cavolo viola siciliano in cui il corimbo sviluppa primordia floreali prima del loro arresto. Invece, un livello ritardato di arresto è osservabile nel cavolo calabrese, caratterizzato da un'infiorescenza mista di numerose spighe floreali arrestate e la proliferazione di boccioli floreali quasi totalmente sviluppati. Questi, insieme, formano una struttura compatta ad ampia cupola, differentemente dal resto dei broccoli i quali presentano un'infiorescenza avanzata in cui le spighe

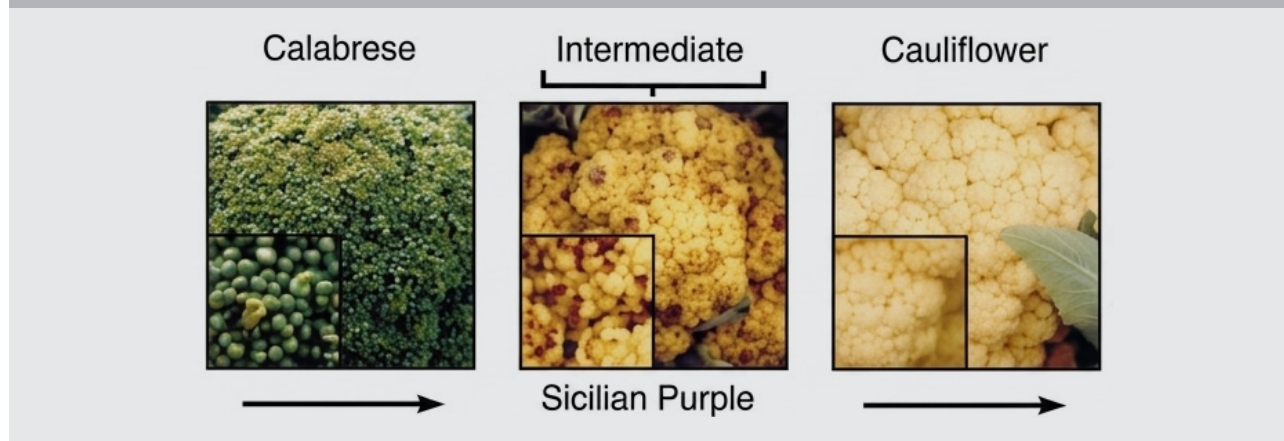
floreali si sviluppano in una collezione di boccioli floreali maturi (**Figura 1**).

La ricostruzione di Smith e King prevede che i cavolfiori primitivi fossero stati generati involontariamente all'interno del pool genetico dei broccoli capitati da una mutazione degli alleli BoCAL-a o BoAPI-a. Un arresto più precoce nello sviluppo delle infiorescenze sarebbe sorto dopo l'introduzione di una copia mutante nel secondo locus, risultante nello sviluppo completo del corimbo. Crisp aggiunge, infine, che la selezione e ritenzione del cavolfiore deve essere stata frutto di una scelta antropica, poiché le piante con corimbo resistono meno all'ambiente naturale rispetto ai broccoli. Una prossimità genetica tra i broccoli e i cavolfiori si nota in alcuni contributi, e.g. Purugganan et al. e Mabry et al. Anche in questo caso ulteriori indagini sono richieste per chiarire i legami parentali esistenti tra queste due varietà.

### Conclusioni

I dati analizzati indicano che l'origine e la domesticazione del cavolfiore siano il risultato di un processo evolutivo complesso, influenzato dalla selezione antropica e da eventi di introgressione e feralizzazione all'interno del genere Brassica. Alcuni studi recenti hanno evidenziato una stretta relazione genetica tra cavolfiore e broccolo, sottolineando che quest'ultimo sia stato domesticato precedentemente e abbia contribuito significativamente all'origine del moderno cavolfiore. La fascia Mediterranea, in particolare l'Italia meridionale, si rivela essere uno dei possibili centri d'origine e diversificazione del cavolfiore. Nonostante l'utilizzo di tecniche sempre più innovative nella ricerca genetica, risulta complicato identificare con certezza un antenato comune selvatico e distinguere tra forme selvatiche e forme ferali. Pertanto, ulteriori indagini sono necessarie e utili per gettar luce su queste dinamiche, ricostruire la storia dell'evoluzione del cavolfiore e valorizzare le produzioni orticole territoriali.

**Figura 1.** Fasi intermedie nella formazione del corimbo. A destra il cavolfiore con arresto precoce nello sviluppo delle infiorescenze, a sinistra il broccolo calabrese con la proliferazione di boccioli floreali quasi del tutto sviluppati. Al centro, il cavolo viola siciliano rappresenta un fenotipo intermedio



---

## BIBLIOGRAFIA

1. Cai, C., J. Bucher, F. T. Bakker, e G. Bonnema. «Evidence for two domestication lineages supporting a Middle-Eastern origin for *Brassica oleracea* crops from diversified kale populations.» *Horticultural Research* (Oxford University Press), n. 9 (2022): 1-15. (<https://academic.oup.com/hr/article/doi/10.1093/hr/uhac033/6532230>)
2. Crisp, P. «The use of an evolutionary scheme for cauliflower in the screening of genetic resources.» *Euphytica*, n. 31 (1982): 725-734. (<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00039211>)
3. Gering, E., D. Incorvaia, R. Hertiksen, J. Conner, T. Getty, e D. Wright. «Getting back to nature: feralization in animals and plants.» *Trends Ecol Evol* 34, n. 12 (2019): 1137-1151. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534719302307>)
4. Gómez-Campo, C. «Morphology and morpho-taxonomy of the tribe Brassiceae.» In *Brassica crops and the wild allies: biology and breeding*, di S. Tsunoda, K. Hinata e C. Gómez-Campo, 3-31. Tokyo: Japan Scientific Society Press, 1980.
5. Hodgkin, T. «Cabbages, kales, etc.» In *Evolution of crop plants*, di J. Smartt e N.W. Simmonds, 76-82. London: Longman, 1995.
6. Kioukis, A., et al. «Intraspecific diversification of the crop wild relative *Brassica cretica* Lam. using demographic model selection.» *BMC Genetics* 21, n. 1 (2020): 48. (<https://link.springer.com/article/10.1186/s12864-019-6439-x>)
7. Mabry, M.E., et al. «The evolutionary history of wild, domesticated, and feral *Brassica oleracea* (Brassicaceae).» *Mol Biol Evol* 38, n. 10 (2021): 4419-4434. (<https://academic.oup.com/mbe/article/38/10/4419/6304875>)
8. Maggioni, L. «Domestication of *Brassica oleracea* L.» PhD thesis: *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 2015. (<https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=67884>)
9. Mei, J., et al. «Genomic relationships between wild and cultivated *Brassica oleracea* L. with emphasis on the origination of cultivated crops.» *Genet Resour Crop Evol*, n. 57 (2010): 687-692. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-009-9504-5>)
10. Mitchell, N.D. «The Status of *Brassica oleracea* L. subsp. *oleracea* (wild cabbage) in the British Isles.» *Watsonia* 11 (1976): 97-103. (<https://archive.bsbi.org.uk/Wats11p97.pdf>)
11. Mizushima, V. «Genome analysis in *Brassica* and allied genera.» In *Brassica crops and wild allies*, di S. Tsunoda, K. Hinata e C. Gomez-Campo, 89-105. Tokyo: Jpn Sci Soc Press, 1980.
12. Prakash, S., e K. Hinata. «Taxonomy, cytogenetics and origin of crop *Brassica*, a review.» *Opera Bot*, n. 55 (1980): 1-57.
13. Purugganan, M. D., A. L. Boyles, e J. I. Suddith. «Variation and selection at the Cauliflower floral homeotic gene accompanying the evolution of domesticated *Brassica oleracea*.» *Genetics Society of America*, n. 155 (June) (2000): 855-862. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10835404/>)
14. Saban, J.M, A.J. Romero, T.H.G. Ezard, e M.A. Shapman. «Extensive crop-wild hybridization during *Brassica* evolution and selection during the domestication and diversification of *Brassica* crops.» *Genetics* 223, n. 4 (2023): 1-15. (<https://academic.oup.com/genetics/article/223/4/iyad027/7050026>)
15. Smith, L.B., e G.J. King. «The distribution of BoCAL-a alleles in *Brassica oleracea* is consistent with a genetic model for curd development and domestication of the cauliflower.» *Molecular Breeding*, n. 6 (2000): 603-613. (<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011370525688>)
16. Smyth, D.R. «Flower development. Origin of the cauliflower.» *Current Biology* 5, n. 4 (1995): 361-363. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7627548/>)
17. Snogerup, S. «The wild forms of the *Brassica oleracea* group (2n=18) and their possible relations to the cultivated ones.» In *Brassica crop and wild allied*, di S. Tsunoda, K. Hlnata e C. Gomez-Campo, 121-132. Tokyo: Jpn Sci Soc Press, 1980.
18. Song, K.M., T.C. Osborn, e P.H. Williams. «*Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). 2. Preliminary analysis of subspecies within *B. rapa* (syn. *campestris*) and *B. oleracea*.» *Theor Appl Genet*, n. 76 (1988b): 593-600. (<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00260914>)
19. Song, K.M., T.C. Osborn, e P.H. Williams. «*Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). 3. Genome relationships in *Brassica* ad related genera and the origin of *B. oleracea* and *B. rapa* (syn. *campestris*).» *Theor Appl Genet* 79, n. 4 (1990): 497-506. (<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00226159>)
20. Song, K.M., T.C. Osborn, e P.H. Williams. «*Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). 1. Genome evolution of diploid and amphidiploid species.» *Theor Appl Genet*, n. 75 (1988a): 784-794. (<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00265606>)
21. Stansel, Z., et al. «Genotyping-by-sequencing of *Brassica oleracea* vegetables reveals unique phylogenetic patterns, population structure and domestication footprints.» *Horticultural Research*, n. 38 (2018): 1-10. (<https://www.nature.com/articles/s41438-018-0040-3>)
22. Thompson, K.F. «Cabbages, kales ect. *Brassica oleracea* (Cruciferae).» In *Evolution of crop plants*, di N.W. Simmonds, 49-52. London: Longman, 1976. (<https://academic.oup.com/hr/article/doi/10.1093/hr/uhac033/6532230>)
23. Wu, J., et al. «Investigation of *Brassica* and its relative genome in the post-genomics era.» *Horticultural Research*, n. 9 (2022): 1-13. (<https://academic.oup.com/hr/article/doi/10.1093/hr/uhac182/6675598>)