

ALESSANDRA GENTILE¹, STEFANO LA MALFA¹

La storia degli agrumi: un viaggio di piante, frutti e geni

¹ Accademia dei Georgofili, Università di Catania

INTRODUZIONE

Gli agrumi costituiscono il comparto frutticolo più importante e più diffuso nel mondo. La loro coltivazione e il loro impiego hanno una storia millenaria e hanno determinato la costituzione di un germoplasma ricchissimo che non ha eguali in altre piante da frutto. A livello più generale le varie specie che compongono il variegato settore degli agrumi sono state oggetto, sin dai tempi più remoti, di diffusione e di spostamento dai luoghi di origine. Esse inoltre hanno attratto l'attenzione non solo a fini produttivi, ma anche ornamentali o di semplice curiosità, dando anche origine a una autonoma branca della più generale pomologia, detta citrologia (Baldini, 1997). Sono pertanto numerosi gli elementi che consentono di investigare la loro storia come un lungo viaggio, nel senso più pieno: non solo viaggio fisico o geografico, quindi, ma anche biologico, genetico e culturale quale percorso di incontro e di contaminazione, di scoperta e di scambio tra civiltà diverse. La loro storia evolutiva e colturale è infatti il risultato, o risulta legata, a spostamenti di uomini, frutti, semi, piante o parti di essa, di "incontri" sfociati in ibridazioni tra specie "originarie", prima, e successivamente, tra specie derivate, loro varietà, e talora tra generi diversi. Ciò è avvenuto anche attraverso interventi umani consapevoli e inconsapevoli, che hanno contribuito a un continuo processo di modificazione genetica e di riassortimento e riarrangiamento dei caratteri. Dall'Asia sud-orientale al bacino del Mediterraneo, fino al Nuovo Mondo, gli agrumi hanno accompagnato la storia delle civiltà, divenendo simboli di potere, bellezza, profumo e identità territoriale.

È oggi acclarato che i centri primari di origine degli agrumi si collocano in un'area compresa tra i 10 e i 25 gradi di latitudine Nord, in particolare nel

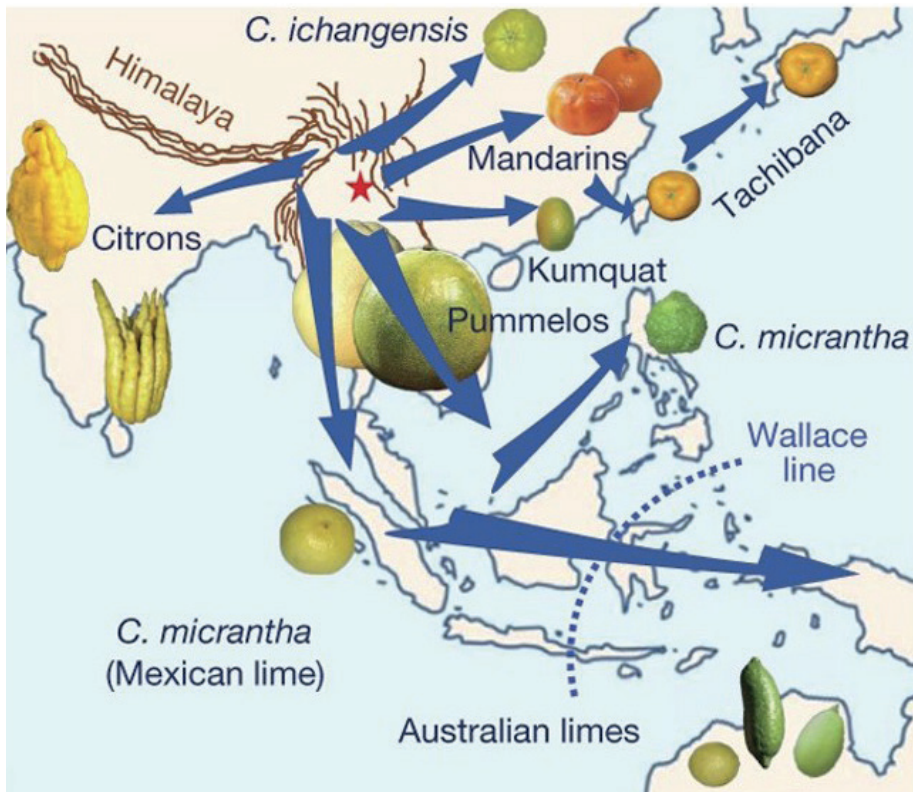


Fig. 1 Rotte primordiali di diffusione delle specie di agrumi a partire dal centro di origine: il triangolo formato dall'India nord-orientale, dal Myanmar settentrionale e dallo Yunnan nord-occidentale. La stella rossa indica la posizione del fossile di «*C. linczangensis*» (modificata da Wu et al., 2018)

Sud-Est asiatico. La loro attuale diffusione planetaria, che si estende fino ai 40 gradi di latitudine Nord e Sud, è invece il risultato di una lunga storia evolutiva e di dispersione. Studi paleobotanici e genomici convergono nell'indicare una fase di radiazione evolutiva nel tardo Miocene, seguita da una diversificazione più recente nel Pliocene, con espansione verso l'Australia (fig. 1) (Wu et al. 2018).

Il ritrovamento del fossile di *Citrus linczangensis* nello Yunnan, risalente al tardo Miocene, rappresenta un punto di riferimento fondamentale per la datazione della speciazione del genere *Citrus* (Xie et al., 2013). A partire da un antenato comune, le linee evolutive degli agrumi si sono differenziate attraverso processi di selezione naturale, isolamento geografico e successivi eventi di unione.

TASSONOMIA, COMPLESSITÀ FILOGENETICA DEL GENERE CITRUS E RUOLO DELLA GENOMICA

La tassonomia degli agrumi è storicamente complessa e dibattuta. Le due principali classificazioni, quella di Swingle e quella di Tanaka, differiscono in modo sostanziale nel numero di specie riconosciute: 16 per Swingle (tra cui 6 *Papeda*; fig. 2), oltre 160 per Tanaka. Questa discrepanza riflette la difficoltà di applicare il concetto classico di specie a un gruppo caratterizzato da elevata interfertilità, frequenti ibridazioni, apomissia nucellare e alta incidenza di mutazioni somatiche. Alla luce delle moderne analisi genomiche, la maggior parte dei generi tradizionalmente separati (con l'eccezione del *Poncirus*) tende oggi a essere ricondotta al genere *Citrus*.

Secondo l'impostazione classica di Barrett e Rhodes (1976), le cosiddette "specie vere" degli agrumi coltivati sono tre: il cedro (*C. medica* L.), il mandarino (*C. reticulata* Blanco) e il pummelo (*C. grandis* (L.) Osbeck). Da queste entità ancestrali, attraverso incroci naturali e selezione, hanno avuto origine la maggior parte delle specie oggi coltivate, come arancio dolce, limone, pompelmo e numerosi ibridi complessi.

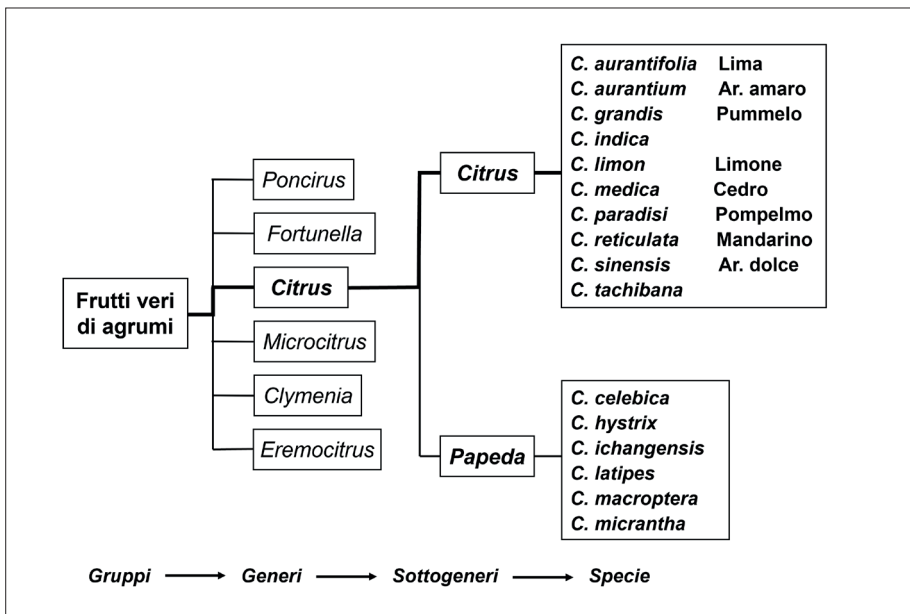


Fig. 2 Posizione tassonomica degli agrumi e principali specie secondo la classificazione proposta da Swingle (1967)

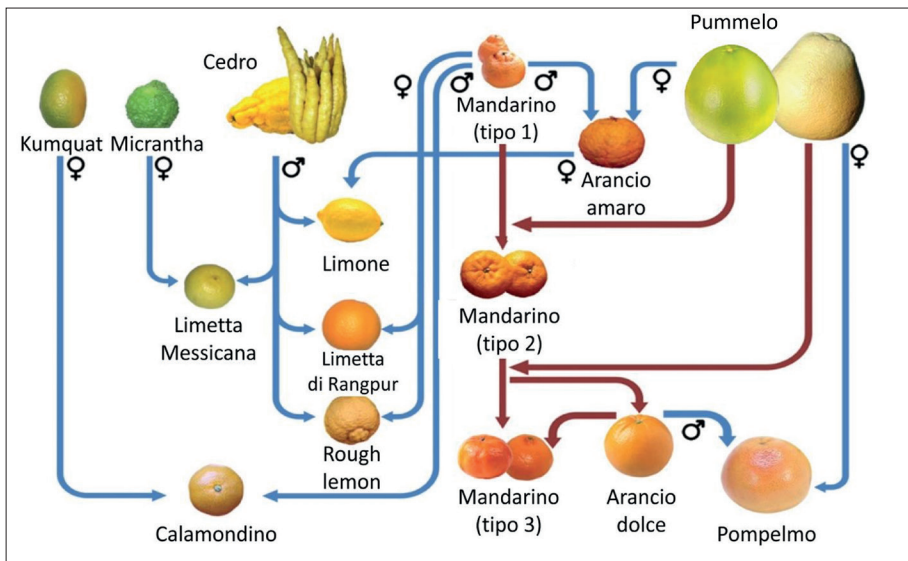


Fig. 3 Schema dell'origine delle principali specie agrumicole a partire dalle specie considerate fondatrici (modificata da Wu et al., 2018)

Le moderne analisi genomiche, come quelle riportate da Wu et al. (2018), ma in continua evoluzione anche alla luce di un sempre crescente numero di genomi sequenziati (Nakandala et al., 2025), hanno confermato e raffinato questo modello, evidenziando il contributo genomico relativo delle specie ancestrali nelle diverse cultivar moderne. Questi studi hanno permesso di chiarire l'origine ibrida di molte specie e di comprendere meglio i meccanismi alla base della loro variabilità. I rapporti intercorrenti tra le specie ancestrali e le principali specie derivate, e in particolare di quelle di interesse agronomico sono schematizzati nella figura 3.

Nel contempo, va ricordato come l'intenso lavoro di genomica sulle diverse specie, con il sequenziamento di alcuni genomi e di specifiche varietà, rende concreta la possibilità di identificare con precisione geni target che possono essere utili per il miglioramento di caratteri di interesse agronomico, o di marcatori molecolari. Questo ambito di ricerca risulta molto utile per la caratterizzazione e gli studi filogenetici, per la gestione efficiente delle risorse genetiche, finalizzate alla conservazione *ex situ* (anche sotto forma di *core collection*), per l'identificazione varietale lungo l'intera filiera anche ai fini della tracciabilità di prodotto, e per la selezione assistita da marcatori per rendere più efficienti i processi di breeding.

LA BIODIVERSITÀ DEGLI AGRUMI, PARTICOLARITÀ ED EVIDENZE SCIENTIFICHE

La principale caratteristica biologica alla base della biodiversità di questo variegato gruppo è rappresentata dalla compatibilità sessuale che caratterizza i diversi generi, *Citrus*, e i principali generi affini (in particolare i generi *Poncirus* e *Fortunella*, qui menzionati per le loro caratteristiche agronomiche). Tale caratteristica ha portato alla costituzione, per via naturale o per mano dell'uomo, di numerosi ibridi, tra i quali meritano di essere menzionati soprattutto i citrange (*C. sinensis* x *P. trifoliata*) il cui utilizzo quali portinnesti è risultato fondamentale nelle principali aree agrumicole del mondo per risolvere il problema della *Tristeza*, malattia da virus particolarmente distruttiva.

A essere interfertili sono anche le specie e le cultivar del genere *Citrus*. Ciò ha dato origine a popolazioni di natura gamica caratterizzate da elevata eterozigosi; la propagazione per seme, di frequente utilizzata, ha quindi da un lato amplificato il livello di variabilità esistente, e dall'altro ha contribuito a complicare il tentativo dei tassonomi, di ieri e di oggi, di una univoca classificazione. Durante il loro sviluppo i semenzali possono peraltro presentare caratteri di giovanilità (spinescenza soprattutto) che ulteriormente aumenta il grado di variabilità. Tale fenomeno riguarda non solo i semenzali di origine zigotica ma anche quelli derivati a seguito dell'estrinsecarsi, all'interno di molte specie, di un fenomeno di apomissia che porta alla formazione, nell'ambito di un unico seme, di embrioni sovrannumerari di origine nucellare (Albertini e Gentile, 2025).

Contribuiscono poi alla biodiversità agrumicola, sia le mutazioni, la cui selezione contribuisce all'assortimento varietale nelle principali specie, arancio dolce *in primis* (fig. 4), sia l'insorgenza di chimere sintetiche o autogene (nel caso di sviluppo di mutazioni settoriali) (fig. 5) (Seminara et al., 2023). Le chimere sintetiche sono piuttosto rare, mentre quelle autogene, più frequenti hanno da sempre attratto la curiosità dei citrologi e sono state spesso raffigurate nelle loro opere.

La variabilità morfologica degli agrumi, soprattutto a livello di variazioni dell'esperidio (nome con il quale si indica la particolare bacca degli agrumi) si esprime poi con numerose forme con frutti digitati, fetiferi o gemelli che si formano con una certa regolarità e possono essere determinate da cause genetiche o da fattori esterni (epigenetici) che, a un occhio inesperto, possono essere tra loro confusi. Ad esempio, è diversa l'origine dei frutti digitati del Cedro "mano di Budda" (fig. 6) che rappresentata una varietà apprezzata in ambito vivaistico ornamentale, da quella dei frutti digitati che compaiono, soprattutto nel limone, a seguito delle infestazioni del cosiddetto acaro delle meraviglie (*Aceria sheldoni* Ewing) (fig. 7). Interessante notare come il Ferrari nel descrivere l'*Aurantium distortum* evidenzia che le "mostruosità" presenti in natura sono tanto apprezzate nei frutti quanto aborrite nel caso riguardino

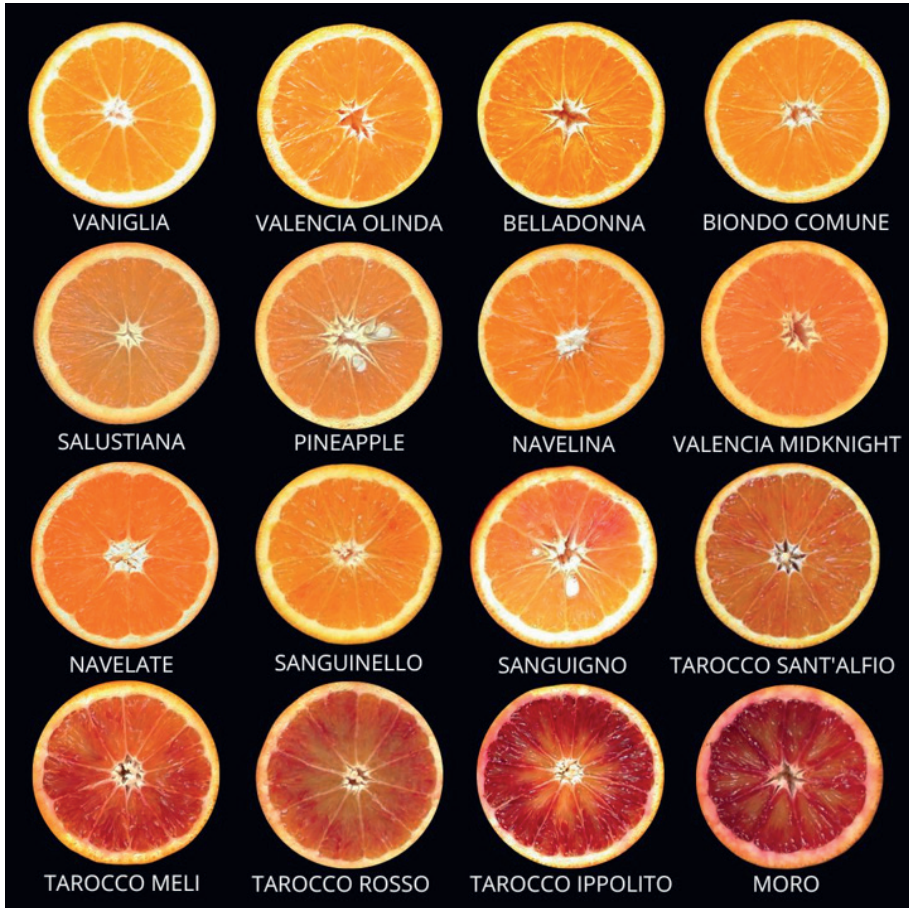


Fig. 4 Variabilità fenotipica nell'arancio dolce (ripresa da Seminara et al. 2023)

gli animali e l'uomo (*abortus et mostra in animantibus plerumque horremus, amamus in pomis*) (Ferrari, 1646).

Con riferimento ai frutti definiti *fetiferi*, questi derivano cioè dallo sviluppo di un secondo ordine di carpelli. Tale fenomeno è spesso poco evidente in quanto la *sincarpia* si limita allo sviluppo di un piccolissimo secondo frutticino (es. in alcuni mandarini), mentre è invece una costante degna di nota nelle arance del gruppo Navel (fig. 8). Una ulteriore fonte di variabilità nella morfologia dei frutti può essere rappresentata dall'epoca di sviluppo degli stessi, che in virtù del più o meno frequente e intenso fenomeno della rifioritura (che porta alla formazione di frutti fuori stagione) può determinare la presenza nella stessa pianta di frutti con caratteristiche differenti, come accade ad



Fig. 5 *Chimera settoriale di arancio dolce*



Fig. 6 *Frutto della varietà di cedro "Mano di Buddha"*



Fig. 7 *Frutto di limone con malformazioni determinate dall'attacco di «Aceria sheldoni»*

esempio nel caso del limone, nella quale alcune cultivar sono particolarmente soggette a questo fenomeno. Dal punto di vista agronomico questa caratteristica viene utilizzata nel limone per la produzione di frutti fuori stagione (i cosiddetti "verdelli") grazie anche a una tecnica agronomica (forzatura) che consiste nell'indurre una fioritura estiva attraverso la temporanea sospensione dell'irrigazione. La rifioritura è un carattere molto apprezzato nella valutazione della attitudine ornamentale delle diverse varietà utilizzate soprattutto per la produzione di agrumi allevati in contenitore. Da questo punto di vista la cultivar di limone Lunario è una delle varietà maggiormente prodotte.



Fig. 8 *Frutti di arancio Washington Navel*



Fig. 9 *Frutti di arancio affetti da HLB (in basso), a confronto con frutti sani*

Negli agrumi la variabilità può dipendere anche dallo stato fitosanitario che può determinare l'insorgenza di "forme" di alterazioni a carico di foglie e di frutti. Emblematici in tal senso sono i sintomi determinati della malattia di origine batterica (ad oggi non presente nel nostro Paese) nota con il termine di Huanlongbing o Greening e che ha causato ingentissimi danni all'agrumicoltura di diversi paesi asiatici e del continente americano (fig. 9).

DIFFUSIONE DEGLI AGRUMI DAL CENTRO DI ORIGINE VERSO IL MEDITERRANEO

La storia di diffusione degli agrumi è ovviamente strettamente interconnessa con quella delle rotte degli uomini. Le conquiste di Alessandro Magno, la Diaspora, l'espansione dell'Islam, le Crociate, e in ultimo l'epoca delle grandi navigazioni e della scoperta dell'America sono solo alcuni dei grandi avvenimenti che occorre tenere a mente per ricostruire, sia pure per sommi capi, la diffusione di queste specie, dal lontano oriente verso altre aree caratterizzate da condizioni ambientali compatibili con il loro sviluppo. L'arrivo di queste specie nel bacino del Mediterraneo, attraverso il Medio Oriente, e successivamente nel continente americano non ha interrotto, e anzi in molti casi ha dato una nuova spinta alla loro evoluzione con introduzioni prima, e scambi "di ritorno" poi, che continua sino ad epoche recenti.

Con riferimento alla introduzione degli agrumi nell'areale mediterraneo occorre però precisare che le motivazioni alla base dell'interesse verso queste piante, le cui virtù sono state considerate fin dai tempi antichi da narratori e scrittori, erano quasi esclusivamente di natura ornamentale e per l'utilizzo in farmacopea. Bisognerà aspettare alcuni secoli prima che gli agrumi dispiegassero il loro potenziale di utilizzo in coltivazione per la produzione di frutti e, successivamente il loro valore a fini alimentari dando vita alle filiere produttive che oggi conosciamo.

Del resto, i primi rapporti commerciali permanenti tra Oriente e Occidente si stabilirono grazie alle conquiste di Alessandro Magno (356-323 a.C.). È interessante notare come, sebbene sia verosimile che il cedro e altri agrumi fossero presenti in alcune regioni sotto il dominio di Alessandro Magno essi non furono considerati interessanti e per questo poco presi in considerazione. Solo il cedro, la cui coltivazione era abbastanza diffusa ed era conosciuto con il nome di "mela della Media" (*malus medica*) o "mela della Persia" (*malus persicae*) venne tenuto in qualche considerazione a quell'epoca e fu introdotto in Grecia da dove si può supporre che a poco a poco abbia raggiunto altre regioni limitrofe.

La figura 10 rappresenta le principali rotte di diffusione degli agrumi verso l'Occidente ed è interessante notare come le prime specie a raggiungere l'areale del mediterraneo (cedro, arancio amaro e limone) lo abbiano fatto attraverso la terraferma; bisogna attingere alle fonti scritte di numerosi autori arabi del Medio Oriente per avere riferimenti più precisi sugli utilizzi del cedro, dell'arancio amaro (utilizzato come febbrifugo e antireumatico) e del limone, in ogni caso mai citati come frutti per il consumo fresco. La diffusione degli agrumi in Occidente procede di pari passo con il consolidamento dell'islamismo, e acquisisce progressiva importanza nelle zone di maggiore influsso della

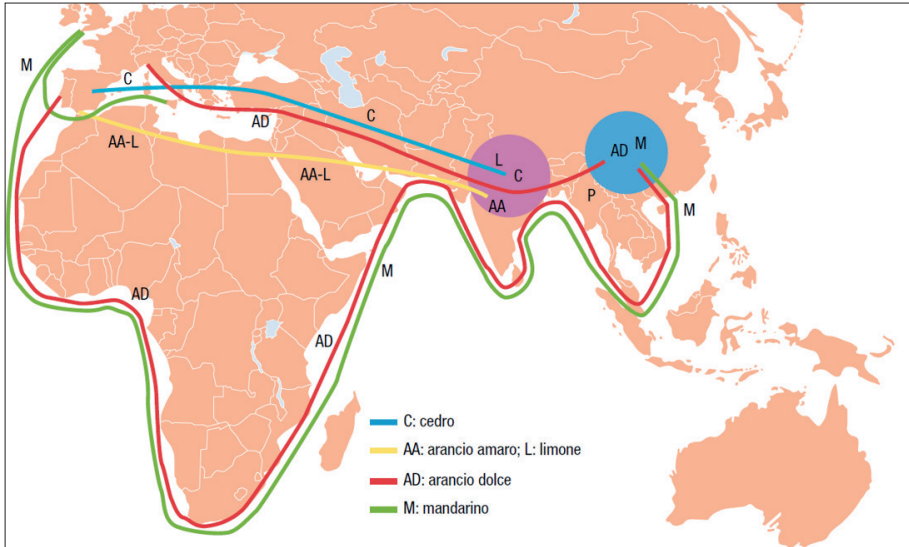


Fig. 10 *Aree di origine delle principali specie agrumicole e loro percorso di diffusione verso il mediterraneo (ripreso da Inglese e Tribulato, 2012)*

dominazione araba, come ad esempio in Andalusia, la zona più lontana dalla loro area di origine dove, seguendo consolidate rotte commerciali l'arancio amaro prima e il limone poi, sarebbero arrivati attraverso il Nord Africa (Barbera, 2023).

L'INTERESSE VERSO GLI AGRUMI NEL TARDO MEDIOEVO E NEL RINASCIMENTO

Per lunghi anni l'interesse verso gli agrumi rimane quindi quello codificato nei trattati di agricoltura degli autori arabi. Riferimenti agli agrumi si trovano poi soprattutto nelle opere che trattano di medicina o di viaggi e geografia. Nel tardo Medioevo, l'interesse verso gli agrumi crebbe in modo significativo in Europa, cominciando lentamente a intrecciare quel connubio tra coltivazione, utilizzo in ambito medico, commercio, arte e simbolismo che accompagnerà il fascino di queste piante e dei loro frutti sino a nostri giorni.

Ambienti elettivi di diffusione divennero i giardini monastici, gli orti e i giardini dei palazzi aristocratici, e le regie corti. Nel pensiero medico medievale, influenzato dalla tradizione greco-araba, gli agrumi erano apprezzati per le loro proprietà rinfrescanti, digestive, antisettiche, mentre in cucina l'uso restava limitato sebbene prestigioso per aromatizzare carni, condimenti e bevande destinate alle élite.

In epoca rinascimentale, l'interesse per gli agrumi muta, si amplia e si difonde. Si iniziarono a studiarne la coltivazione in modo sistematico e, nelle corti italiane, soprattutto a Firenze, gli agrumi divennero simboli di ricchezza e di potere con la creazione di giardini di agrumi e delle prime limonaie, strutture architettoniche pensate per proteggere le piante durante l'inverno.

Nell'arte rinascimentale, gli agrumi compaiono in affreschi, nature morte e decorazioni di giardini con diverse declinazioni simboliche tra le quali l'eternità (per il carattere perenne delle foglie). L'arancio e il limone assurgono a simboli di giardino ideale, spazio ordinato e colto, in contrasto con la natura selvaggia. I frutti di queste piante poi, grazie allo sviluppo dei traffici mediterranei, iniziarono a circolare anche come beni di lusso: frutti freschi, canditi, essenze profumate e acque aromatiche. Possedere e mostrare agrumi era segno di status sociale elevato e di apertura culturale; tutto ciò rappresenta il preludio al ruolo economico che gli agrumi avrebbero assunto nei secoli successivi.

Contributi di altri studiosi, in questo stesso volume, delineano in dettaglio l'opera di molti autori e in particolare di quella di Giovanbattista Ferrari e di Bartolomeo Bimbi. A questi contributi si rimanda per una compiuta analisi delle opere pubblicate nel corso del Rinascimento e fino al XIX secolo. Molte di queste opere, che riproducevano i frutti prodotti nelle collezioni delle ville patrizie, non hanno solo notevole valore artistico, ma anche scientifico nella misura in cui gli autori hanno curato sia la descrizione che l'inquadramento botanico. Una esauriente rassegna di cinque secoli di tassonomia agrumicola è stata pubblicata da Baldini ed evidenzia gli aspetti di biodiversità che hanno prevalentemente interessato i citrologi del passato (Baldini, 2004). In questa sede desideriamo soltanto citare per sommi capi gli autori di alcune importanti opere sugli agrumi e sulla loro variabilità che hanno apportato il loro contributo tra il XVI e il XIX secolo: il già citato Ferrari, autore del primo trattato sugli agrumi in Italia; Cassiano dal Pozzo, naturalista, che ha curato un ricco "museo cartaceo" (Freedberg e Baldini, 1997); Volkamer, autore di una ponderosa opera in tedesco; Bimbi pittore presso la corte dei Medici; Micheli, la cui opera inedita riporta il primo disegno di un'arancia a polpa rossa; Gallesio autore del *Traité du Citrus* (1811) e dell'inedito "atlante citrologico"; Risso e Poiteau che hanno pubblicato l'*Histoire naturelle des oranges* (Risso e Poiteau, 1818); Targioni Tozzetti autore di numerose tavole a colori raffiguranti varietà di agrumi diffuse al tempo (Targioni Tozzetti, 1831).

Oggi la ricca biodiversità degli agrumi continua ad essere sempre più utilizzata con finalità ornamentali, le cui massime espressioni si hanno nella produzione di piante per alberature stradali e, soprattutto, nelle piante in vaso da appartamento o da giardino che alimentano una ragguardevole attività vivai-



Fig. 11 *Coltivazione di agrumi ornamentali in vaso (a) e particolare della produzione della varietà limone Rosso (b)*

stica (fig. 11 a e b). La produzione di piante ornamentali in vaso, un tempo limitata a pochi genotipi, oggi tende ad arricchirsi di nuovi genotipi selezionati per le loro caratteristiche decorative (Crescimanno e Sottile, 2007).

IL BACINO MEDITERRANEO, UN CENTRO DI DIVERSIFICAZIONE SECONDARIA DEGLI AGRUMI

L'arrivo degli agrumi nel bacino del Mediterraneo non ha interrotto il loro processo evolutivo. Al contrario, questa regione ha rappresentato un importante centro di diversificazione secondaria, favorendo la comparsa di nuove specie, varietà e tipicità locali. Il Mediterraneo è divenuto una vera e propria terra di accoglienza, in cui fattori ambientali, culturali e antropologici hanno contribuito alla selezione di agrumi di elevata qualità.

In Italia si concentrano esempi emblematici di questa diversificazione: il bergamotto e il cedro in Calabria, il cedro calabrese, il chinotto ligure, la pompia sarda, le arance pigmentate siciliane e il limone sfusato amalfitano. Queste tipicità rappresentano non solo un patrimonio genetico, ma anche culturale ed economico di grande valore, come testimoniano anche i diversi prodotti a marchio (tab. 1).

Arancia del Gargano IGP
Clementine del Golfo di Taranto IGP
Clementine di Calabria IGP
Limone Femminello del Gargano IGP
Limone Interdonato Messina IGP
Arancia di Ribera DOP
Arancia Rossa di Sicilia IGP
Bergamotto di Reggio Calabria – Olio Essenziale DOP
Limone Costa d'Amalfi IGP
Limone dell'Etna IGP
Limone di Rocca Imperiale IGP
Limone di Siracusa IGP
Limone di Sorrento IGP

Tab. 1 *Elenco dei prodotti a marchio DOP/IGP di agrumi in Italia*

Come detto, il limone, il cedro e l'arancio amaro furono i primi agrumi conosciuti nel Mediterraneo. Non è certo quando l'arancio dolce fece la sua comparsa, ma certamente la sua introduzione si ebbe grazie ai navigatori portoghesi o genovesi. Interessante è comunque notare come un primo riferimento sulla presenza dell'arancio dolce in Sicilia è del 1541, anno in cui viene pubblicato a Napoli il *De agricultura opusculum* di Antonio Venuto da Noto. Rappresenta il primo trattato dedicato esclusivamente agli alberi da frutto, scritto, nella prima edizione, in dialetto siciliano e successivamente tradotto nella *principal lingua toscana*. Venuto tratta di ben 25 specie, diffuse in Sicilia ed elencate in ordine alfabetico. La lunga lista comincia proprio con l'*arangio*, definito da Venuto «principe e signore de tutti arbori», quasi a presagire il successo che questa specie avrebbe riscontrato nei secoli a venire.

IL CLEMENTINE: UN IBRIDO MODERNO DI SUCCESSO

Il clementine costituisce un esempio interessante di innovazione varietale e del potenziale di diversificazione degli agrumi nel bacino del Mediterraneo. Si tratta infatti di un ibrido naturale tra mandarino e arancio dolce, isolato all'inizio del Novecento in Algeria da piante ottenute da una semina "di fortuna". Successivamente riconosciuto come *Citrus clementina*, il clementine è geneticamente instabile e caratterizzato da un'elevata frequenza di mutazioni, che hanno dato origine a numerosi cloni differenziati per epoca di maturazione e caratteristiche qualitative. L'origine di questa specie va ricondotta alla presenza di numerosi agrumi nei giardini e nei frutteti dell'area mediterranea che sono andati incontro a processi di ibridazione. È stato in particolare ricostruito (Curk et al., 2022) che in Algeria, padre Clément (Vincent Rodier, 1839-1904), propagava per seme gli agrumi, in particolare mandarini, sfruttando la poliembrionia nucellare, e ottenendo quindi piante *true to type*. Tuttavia, padre Clément, ottenne anche piante diverse, evidentemente originatesi da embrioni non nucellari, e quindi per fecondazione. In particolare una di queste piante produsse agrumi diversi dal mandarino, caratterizzati da maturazione precoce e con buccia dal deciso colore aranciato man mano che la maturazione progrediva nella stagione invernale. Fu la Società di Orticoltura di Algeri che, agli inizi del '900, chiamò questa varietà "Clementine". Solo successivamente studi filogenetici e filogenomici hanno dimostrato che il clementine deriva dall'ibridazione di *C. reticulata* var. *deliciosa* × *C. × aurantium* var. *sinensis* (Nicolosi et al., 2000; Wu et al., 2014; Curk et al., 2015; Oueslati et al., 2017; Ollitrault et al., 2012). Da

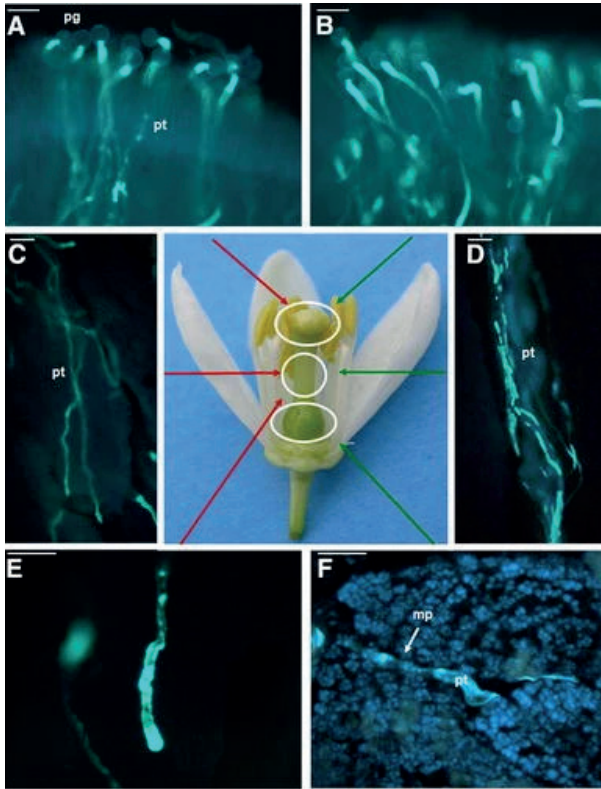


Fig. 12 *Crescita del tubetto pollinico in clementine 'Comune' (autoincompatibile, A, C, E) e 'Monreal' (autocompatibile, B, D, F), 48 ore dopo l'autoimpollinazione. Si nota come la crescita del tubetto pollinico (pt) nella combinazione autoincompatibile è inibita lungo lo stilo a seguito della deposizione di callosio a livello dell'apice (E); al contrario nella combinazione autocompatibile il tubetto pollinico ha attraversato l'apertura del micropilo (mp) dell'ovulo per fecondarlo. Tutte le sezioni sono state colorate con blu di anilina (scala 50 μm). Ripreso da Distefano et al., 2009*

questo ibrido iniziale sono state selezionate numerose cultivar con significativa diversità fenotipica. La principale caratteristica del clementine è la sua sterilità (autoincompatibilità) per cui i frutti, in assenza di polline “estraneo”, si formano per partenocarpia e sono apireni. Questo carattere assume anche importanza per lo studio dei meccanismi di riconoscimento del polline e della sterilità, considerato che l’interesse commerciale per i mandarini risiede principalmente nella assenza di semi nei frutti (*seedlessness*). Analisi istologiche, biochimiche, fenologiche e molecolari hanno consentito di verificare il meccanismo di riconoscimento biochimico polline/pistillo (fig. 12), di identificare regioni genomiche coinvolte nel carattere, e di prevedere la risposta di numerosi genotipi di agrumi anche in condizioni di temperatura non ottimale durante lo sviluppo del fiore (Distefano et al., 2009; 2011; 2012; Bennici et al., 2019). Tale approccio di studio integrato può fornire conoscenze utili per l’applicazione anche di metodi di miglioramento genetico quali le Tecniche di Evoluzione Assistita, TEA (Bennici et al., 2024; 2026).

SCENARIO ATTUALE DELL'AGRUMICOLTURA E SFIDE FUTURE

L'agrumicoltura moderna si confronta con sfide complesse: cambiamento climatico, nuove emergenze fitosanitarie, necessità di sostenibilità economica e ambientale, ampliamento dell'offerta sul mercato e tutela dell'autenticità delle produzioni. Allo stesso tempo, il settore mostra una notevole capacità di innovazione, grazie all'integrazione tra ambiti diversi della ricerca tra i quali la genetica, attraverso utilizzo di biotecnologie, la gestione agronomica, sempre più improntata all'adozione di tecniche di precisione, la gestione in postraccolta del prodotto, l'utilizzo di molti coprodotti anche attraverso approcci di economia circolare, e la valorizzazione del legame dei diversi prodotti con l'ambito territoriale.

A livello globale un problema fitosanitario particolarmente grave è rappresentato dalla malattia nota come Huanglongbing (HLB) o greening, ad oggi non presente in Europa, ma che ha devastato l'agrumicoltura di molti dei principali Paesi agrumicoli (Cina, Stati Uniti, Brasile). Causata da batteri del genere *Candidatus Liberibacter* e trasmessa da insetti vettori come *Diaphorina citri* e *Trioza erytreae*, la malattia causa riduzione della produzione, scadimento della qualità dei frutti ed è di difficile controllo con mezzi chimici o agronomici. In aggiunta l'assenza di fonti di resistenza in specie appartenenti al genere *Citrus* rende complesso lo sviluppo di nuove strategie di miglioramento genetico.

In Italia il settore agrumicolo rappresenta uno dei comparti più rilevanti e identitari dell'agricoltura nazionale, anche per il forte legame con i territori, in particolare mediterranei, ove si concentrano le coltivazioni delle principali specie. Nonostante i punti di forza, molti dei quali strettamente legati alla disponibilità di un ampio germoplasma in grado di assicurare l'ottenimento di prodotti di qualità per le diverse specie, il settore attraversa una fase complessa, caratterizzata da criticità strutturali e competitive. L'elevata frammentazione aziendale, i costi di produzione determinati anche dalla particolare congiuntura economica degli ultimi anni, la concorrenza da parte di altri Paesi sia europei che extraeuropei, il cambiamento climatico con la maggiore incidenza di fenomeni di particolare intensità, l'insorgenza di nuove malattie e la recrudescenza di altre di difficile controllo, rappresentano le principali problematiche. A ciò si aggiunge il fatto che le esigenze del mercato sono sempre più difficili da riscontrare, sia in termini di richiesta di qualità dei frutti, che della disponibilità di prodotto per periodi prolungati. Nel contempo, soprattutto da parte della GDO è sempre più pressante la richiesta di un prodotto che mantenga le caratteristiche organolettiche maggiormente apprezzate dal consumatore (es. dolcezza o pigmentazione). Appare chiaro come l'innovazione

varietale e il miglioramento genetico rappresentino pertanto strumenti indispensabili, attraverso i quali può veramente essere valorizzato il patrimonio di biodiversità che gli agrumi esprimono. Storicamente, infatti, l'agrumicoltura italiana si è avvantaggiata della presenza di un numero piuttosto elevato di cultivar, spesso contraddistinte per adattabilità a specifiche condizioni pedoclimatiche e, nel contempo, per buone caratteristiche qualitative dei frutti. La presenza delle diverse cultivar in aree particolarmente vocate (aree costiere per il limone, la piana di Catania per l'arancia rossa, areale di Ribera (AG) per le arance Navel, aree della Calabria e della Basilicata per il clementine, e altre ancora) è alla base della qualità dei prodotti che oggi viene riconosciuta, quantomeno sul mercato nazionale. Va anche ricordato che la sostenibilità del processo produttivo in agrumicoltura è strettamente legata alla scelta del portinnesto, spesso unico mezzo agronomico per il superamento di avversità o per garantire adattabilità in specifici contesti. Per questo specifico settore le innovazioni genetiche sono giunte soprattutto dall'estero (emblematico il caso dei citrange e degli altri ibridi con il *Poncirus trifoliata*, che hanno consentito di salvare l'agrumicoltura mondiale dal virus della Tristeza degli agrumi), ma è importante che anche l'Italia continui a investire nel miglioramento genetico e nella selezione in campo di nuovi portinnesti, mantenendo anche un raccordo con le analoghe iniziative internazionali.

La condizione di vocazionalità ambientale sopra richiamata comunque non è immutabile, come dimostrano anche le difficoltà determinate di recente da eventi climatici avversi di particolare impatto (siccità ed eventi ciclonici *in primis*) nonché la concreta minaccia legata alla diffusione di malattie, anche emergenti, tra le quali particolare preoccupazione suscita il citato greening (HLB) i cui vettori sono già presenti in Europa. Il settore della ricerca ha oggi piena consapevolezza che la possibilità di fronteggiare questa devastante malattia risiede, oltre che nelle misure di prevenzione che vedono impegnati in primo luogo i Servizi Fitosanitari, per scongiurare l'introduzione di questo e di altri organismi nocivi, nei progressi che il miglioramento genetico potrà fare per l'individuazione e il trasferimento di fonti di resistenza. È per questo motivo, anche al fine di scongiurare il reiterarsi di errori del recente passato, che un notevole impegno viene profuso dal punto di vista della divulgazione delle conoscenze sulla malattia, sui vettori, sulle misure di prevenzione con specifici progetti di ricerca e altre iniziative. Lo scenario dell'agrumicoltura mediterranea si trova oggi di fronte a sfide che travalicano l'impatto sulle singole aree produttive ed è pertanto importante che vi sia una stretta collaborazione tra ricercatori di diversi Paesi. In tale contesto la sedicesima edizione dell'International Citrus Congress, che sarà ospitata in Sicilia a marzo del 2028, sarà l'occasione per un momento di confronto qualificato tra ricercatori

e operatori della filiera e anche il momento per valorizzare l'agrumicoltura del nostro Paese e la multifunzionalità che ha storicamente espresso.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTINI E., GENTILE A. (2025): *Dalla curiosità botanica alla tecnologia agricola del futuro: l'apomissia*, Georgofili INFO. Notiziario di informazione a cura dell'Accademia dei Georgofili, 10 settembre 2025.
- BALDINI E. (2004): *Cinque secoli di Pomologia Italiana*, Bologna.
- BALDINI E. (1997): *Scienza e arte nella citrologia italiana*, Accademia di Scienze, Lettere e Belle Arti degli Zelanti e dei Dafnici. Memorie e Rendiconti, Serie IV, vol. VII.
- BARBERA G. (2023): *Agrumi: Una storia del mondo*, Il Saggiatore.
- BARRETT H.C., RHODES A.M. (1976): *A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives*, Systematic Botany.
- BENNICI S., DISTEFANO G., LAS CASAS G., DI GUARDO M., LANA G., PACINI E., ... & GENTILE A. (2019): *Temperature stress interferes with male reproductive system development in clementine (Citrus clementina Hort. ex Tan.)*, «Annals of Applied Biology», 175(1), pp. 29-41.
- BENNICI S., POLES L., DI GUARDO M., PERCIVAL-ALWYN L., CACCAMO M., LICCIARDELLO C., ... & LA MALFA S. (2024): *The origin and the genetic regulation of the self-compatibility mechanism in clementine (Citrus clementina Hort. ex Tan.)*, «Frontiers in Plant Science», 15, 1360087.
- BENNICI S., ALQUÉZAR B., CARMONA L., DISTEFANO G., GENTILE A., & PEÑA L. (2026): *Silencing of a glycosyltransferase-like protein in citrus reduces male and female fertility impacting seed development in self-pollinated fruit*, «Frontiers in Plant Science», 16, 1629727.
- CRESCIMANNO F., & SOTTILE F. (2007): *Gli agrumi ornamentali tra arte e scienza. In Nuove frontiere dell'arboricoltura italiana* (pp. 407-420), Gruppo Perdisa Editore.
- CURK F., ANCILLO G., OLLITRAULT F., PERRIER X., JACQUEMOUD-COLLET J.P., GARCIA-LOR A., ... & OLLITRAULT P. (2015): *Nuclear species-diagnostic SNP markers mined from 454 amplicon sequencing reveal admixture genomic structure of modern citrus varieties*, «PloS one», 10(5), e0125628.
- CURK F., LURO F., MINUTO G., NIEDDU G. (2022): *Gli agrumi del Nord del Mediterraneo*, Éditions Alain Piazzola, Ajaccio, Francia.
- DISTEFANO G., LAS CASAS G., CARUSO M., TODARO A., RAPISARDA P., LA MALFA S., ... & TRIBULATO E. (2009): *Physiological and molecular analysis of the maturation process in fruits of clementine mandarin and one of its late-ripening mutants*, «Journal of Agricultural and Food Chemistry», 57(17), 7974-7982.
- DISTEFANO G., GENTILE A., & HERRERO M. (2011): *Pollen-pistil interactions and early fruiting in parthenocarpic citrus*, «Annals of Botany», 108(3), pp. 499-509.
- DISTEFANO G., HEDHLY A., LAS CASAS G., LA MALFA S., HERRERO M., & GENTILE A. (2012): *Male-female interaction and temperature variation affect pollen performance in Citrus*, «Scientia Horticulturae», 140, pp. 1-7.
- FERRARI J.B. (1646): *Hesperides sive de malorum aureorum cultura et usu libri quatuor*, Romae, Sumptibus Hermanni Scheus.

- FREEDBERG D., BALDINI E. (1997): *The paper museum of Cassiano Dal Pozzo. Citrus fruit*, Harvey Miller Publishers.
- NAKANDALA U., FURTADO A. & HENRY R.J. (2025): *Citrus genomes: past, present and future*, «Horticulture Research», 12(5), uhaf033.
- NICOLOSI E., DENG Z.N., GENTILE A., LA MALFA S., CONTINELLA G. & TRIBULATO E. (2000): *Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers*, «Theoretical and Applied Genetics», 100(8), pp. 1155-1166.
- OLLITRAULT P., TEROL J., GARCIA-LOR A., BÉRARD A., CHAUVEAU A., FROELICHER Y., ... & TALON M. (2012): *SNP mining in C. clementina BAC end sequences; transferability in the Citrus genus (Rutaceae), phylogenetic inferences and perspectives for genetic mapping*, «BMC genomics», 13(1), 13.
- OUESLATI A., SALHI-HANNACHI A., LURO F., VIGNES H., MOURNET P. & OLLITRAULT P. (2017): *Genotyping by sequencing reveals the interspecific C. maxima/C. reticulata admixture along the genomes of modern citrus varieties of mandarins, tangors, tangelos, orangelos and grapefruits*, «PloS one», 12(10), e0185618.
- RISSE A., POITEAU A. (1818): *Histoire naturelle des oranges*, Paris, Audot Libraire.
- SEMINARA S., BENNICI S., DI GUARDO M., CARUSO M., GENTILE A., LA MALFA S. & DISTEFANO G. (2023): *Sweet orange: evolution, characterization, varieties, and breeding perspectives*, «Agricoltura», 13(2), 264.
- TARGIONI TOZZETTI A. (1831): *Raccolta di fiori, frutti e agrumi*, Calamandrei e Compagni, Firenze.
- TRIBULATO E. & INGLESE, P. (2012): *Agrumi*, Coltura e cultura.
- XIE S., MANCHESTER S.R., LIU K., WANG Y. & SUN B. (2013): *Citrus linczangensis sp. n., a leaf fossil of Rutaceae from the late Miocene of Yunnan, China*, International Journal of Plant Sciences, 174(8), pp. 1201-1207.
- WU G.A., TEROL J., IBANEZ V., LÓPEZ-GARCÍA A., PÉREZ-ROMÁN E., BORREDÁ C., ... & TALON M. (2018): *Genomics of the origin and evolution of Citrus*, «Nature», 554(7692), pp. 311-316.

RIASSUNTO

La storia degli agrumi è molto complessa a causa di diversi motivi che includono la loro articolata origine genetica e la lunga storia di diffusione che ha intersecato le rotte di migrazione degli uomini sino ad epoche recenti. Ciò ha fatto sì che oggi la coltivazione di queste specie riguardi una ampia fascia latitudinale in tutti e cinque i continenti dove gli agrumi forniscono frutti, apprezzati anche per le proprietà salutistiche, ma anche diversi coprodotti. Il fascino di queste piante trova poi riscontro nell'utilizzo ornamentale di molte delle specie, coltivate anche in ambienti diversi da quelli tradizionali, come piante in vaso.

Con il commercio e le migrazioni, gli agrumi hanno quindi attraversato, assieme agli uomini, continenti e civiltà. I mercanti arabi introdussero il cedro e l'arancio amaro nel bacino del Mediterraneo, mentre l'arancio dolce arrivò più tardi, probabilmente grazie agli scambi tra Europa e Oriente nel Medioevo. Le grandi esplorazioni del XV e XVI secolo portarono gli agrumi nel Nuovo Mondo, dove trovarono condizioni ideali per diffondersi ulteriormente.

Ma l'origine di queste specie è davvero molto complessa, poiché dal punto di vista genetico, gli agrumi rappresentano un caso affascinante di ibridazione. Molte specie coltivate non sono "pure", ma il risultato di complessi incroci tra poche specie originarie. Studi genetici recenti hanno permesso di ricostruire queste parentele, chiarendo che la maggior parte di quelle che oggi consideriamo specie derivano in massima parte da incroci spontanei, avvenuti soprattutto nell'areale primordiale di origine (Sud-Est asiatico, tra l'India nord-orientale, la Cina meridionale e l'arcipelago malese), tra specie fondatrici o ancestrali quali il cedro (*Citrus medica*), il pummelo (*C. maxima*) e un mandarino (*C. reticulata*). Da queste poche specie primitive, attraverso incroci naturali e selezioni operate dall'uomo, è nata la grande varietà di agrumi che conosciamo oggi e che ha portato alla selezione di frutti più dolci, profumati e idonei al consumo fresco e alla trasformazione. Raccontare oggi questa storia evolutiva significa ripercorrere tappe fondamentali del legame profondo tra le piante e gli uomini, e indagare i diversi ambiti culturali nei quali questo rapporto si esprime.

ABSTRACT

The history of citrus fruits is very complex due to several factors, including their complex genetic origin and the long history of their spread, which has intersected with human migration routes up to recent times. As a result, the cultivation of these species today spans a wide latitudinal range across all five continents, where citrus fruits provide not only fruit – also appreciated for their health-promoting properties – but also various by-products. The appeal of these plants is further reflected in the ornamental use of many species, which are cultivated even in environments different from their traditional ones, such as potted plants.

Through trade and migration, citrus fruits therefore traveled across continents and civilizations together with humans. Arab merchants introduced citron and bitter orange into the Mediterranean basin, while sweet orange arrived later, probably through exchanges between Europe and the East during the Middle Ages. The great explorations of the 15th and 16th centuries brought citrus fruits to the New World, where they found ideal conditions to spread further.

However, the origin of these species is extremely complex, since from a genetic point of view citrus represents a fascinating case of hybridization. Many cultivated species are not "pure" but rather the result of complex crosses among a few original species. Recent genetic studies have made it possible to reconstruct these relationships, clarifying that most of what we nowadays consider species largely derive from spontaneous crosses, occurring mainly in the primordial area of origin (Southeast Asia, between northeastern India, southern China, and the Malay Archipelago), among ancestral species such as citron (*Citrus medica*), pummelo (*C. maxima*), and one mandarin (*C. reticulata*). From these few primitive species, through natural hybridization and human selection, the great diversity of citrus fruits we know today emerged, leading to the selection of sweeter, more aromatic fruits suitable for fresh consumption and processing. Telling this evolutionary history today means retracing fundamental stages of the deep relationships between plants and humans, and exploring the different cultural contexts in which these relationships are expressed.