

3.  
Perfino i fagioli lo fanno  
Sesso

Gli uccelli lo fanno, le api lo fanno, / anche le  
pulci ammaestrate lo fanno / [...] La gente  
dice che a Boston perfino i fagioli lo fanno.

Cole Porter, *Lets' do it*, 1928

I semi sono il prodotto del sesso. La ragione d'essere del sesso è lo scambio di geni tra individui. Tutte le altre cose che possiamo associarvi – il concetto di maschio e femmina, semi e spermatozoi, pistilli e peni, rose e cenerente a lume di candela – al confronto non sono che orpelli, fronzoli dello sviluppo evolutivo che l'evoluzione si è inventata quando le avanzava un po' di tempo. La grande svolta evolutiva che comportò lo scambio di DNA tra due individui avvenne prestissimo nella storia della vita, ancor prima della diversificazione tra i ruoli di maschio e femmina.<sup>1</sup> Le origini remotissime di tale evento sono il motivo per cui praticamente ogni forma di vita si dedica al sesso. Lo facciamo tutti proprio perché tutti i nostri progenitori lo facevano e, ovviamente, esistiamo per la stessa identica ragione. Ma perché il sesso si è rivelato un mezzo di riproduzione così efficace? Per quale motivo resiste quasi dall'alba della vita? Ecco un vero enigma.

<sup>1</sup> Cfr. Marilee A. Ramesh, Shehre-Banno Malik e John M. Logsdon jr, *A Phylogenomic Inventory of Meiotic Genes. Evidence for Sex in Giardia and an Early Eukaryotic Origin of Meiosis*, in «Current Biology», XV, 2005, pp. 185-91; Jianping Xu, *The Prevalence and Evolution of Sex in Microorganisms*, in «Genome», XLVIII, 2004, pp. 775-80.

L'evoluzione del sesso è un enigma perché, almeno agli occhi dell'osservatore spassionato, appare un mezzo tutt'altro che funzionale per trasmettere i propri geni alle generazioni future. Che senso ha condividere la mia prole con un partner, diluire per metà il mio lascito genetico, quando l'alternativa – la riproduzione asessuata – mi garantirebbe invece tanti perfetti Mini Me? La riproduzione sessuale è stata paragonata a un gioco della roulette in cui i giocatori, a ogni giro, gettano via metà delle loro *fi-ches*. Funziona, ma solo a patto che nessuno imbrogli. Che cosa impedisce ai bari assennati di avere la meglio, garantendo così la vittoria ai giocatori sessuati?

Oltre alle piante, pressoché tutti gli animali si riproducono sessualmente, dunque non si tratta di un dilemma di ordine squisitamente botanico; ma, a differenza della maggior parte degli animali, quasi tutte le piante dispongono di entrambi i mezzi riproduttivi: asessuati e sessuati; è proprio questo a rendere particolarmente strana la persistenza del sesso tra le piante. Se le piante di fragola sono così brave a diffondersi tramite gli stoloni, perché si prendono la briga di produrre anche semi e frutti?

La consapevolezza che le piante si riproducono sessualmente – e i fiori servono proprio a questo – non è antica quanto si potrebbe immaginare. I filosofi greci e romani erano a dir poco reticenti sull'argomento della sessualità delle piante, per non dire completamente ignoranti. Teofrasto scrisse di piante da dattero maschili e femminili, ma se riteneva che le piante in genere avessero una vita sessuale, non vi accennò mai nei numerosi volumi dei suoi due trattati di botanica.<sup>2</sup> Ovidio compose l'*Arte di amare*, un manuale sul sesso in versi, che gli procurò l'esilio da

<sup>2</sup> Cfr. Moshe Negbi, *Male and Female in Theophrastus's Botanical Works*, in «Journal of the History of Biology», XXVIII, 1995, pp. 317-32.

Roma quando l'imperatore Augusto decise una moralizzazione dell'Urbe. Il poeta, nel tentativo di riabilitarsi e di dimostrare quanto in realtà fosse rispettoso della pubblica decenza, scrisse le *Metamorfosi*, l'opera che lo rese più famoso presso i posteri, in cui narra come gli dei punissero divinità e mortali colpevoli di qualche peccato trasformandoli in altre entità. Quando l'amore di una divinità non era corrisposto, l'oggetto del suo desiderio veniva spesso trasformato, per punizione, in una pianta – apparentemente – asessuata: «Se io non posso averti, nessun altro ti avrà!» era l'umanissima motivazione all'origine di una vendetta assai poco divina.

Narciso fu punito in questo modo perché era così innamorato di se stesso da rifiutare le avances della ninfa Eco. Probabilmente né Ovidio né Narciso lo sapevano, ma, come dimostrato dai loro fiori così vistosi, i narcisi (*Narcissus* sp.) hanno una vita sessuale vivacissima,<sup>3</sup> che non avrebbe certo sfigurato nell'*Arte di amare*. Grazie al cimosmo della scienza oggi sappiamo che, alla fine, Narciso da quella metamorfosi ebbe solo da guadagnarci. Giacinto fu la sfortunata vittima della rivalità tra i suoi due spauriti amanti, Apollo e Zefiro; quando morì nel groviglio di questo triangolo amoroso, dal suolo imbevuto del suo sangue spuntarono i fiori che oggi portano il suo nome. Giacinto sarà anche morto vergine, ma la sua reincarnazione botanica produce fiori a profusione.

Apollo, che com'è risaputo bazzicava entrambe le sponde, s'invaghì anche della bellissima Dafne. Lei, spaventata, fuggì «come l'agnello fugge il lupo, o il cervo il leone, o come le colombe volano lontano da un'aquila». Apollo, acceso dal desiderio amoroso, la inseguì, e quando Dafne

<sup>3</sup> Cfr. Sean W. Graham e Spencer C. H. Barrett, *Phylogenetic Reconstruction of the Evolution of Stylar Polymorphisms in «Narcissus» (Amaryllidaceae)*, in «American Journal of Botany», XCI, 2004, pp. 1007-21.

sentì il suo fiato caldo sulla nuca invocò il padre Peneo, dio dei fiumi, chiedendogli di distruggere la sua bellezza, salvandola così dalla bramosia di Apollo. Il padre l'accontentò e Dafne fu trasformata in un'inviolabile pianta. Provate a pensare a lei quando siete avvolti dall'inebriante profumo della *Daphne odora* e vedete gli insetti impollinare i suoi delicati fiorellini rosa.

L'*Arte di amare* di Ovidio offre consigli di ogni genere ai giovani amanti, compresi i luoghi di Roma dov'era più facile fare conoscenze, ma avverte di non sprecare tempo negli afrodisiaci a base di erbe che alcuni invece caldeggiavano:

Vi sono donne che consigliano erbe  
come la satureia: sono dannose;  
per me, altro non sono che veleni;  
o mescolano il pepe con il seme dell'ortica pungente,  
o in vino vecchio giallo e trito piretro.  
Ma la dea che l'alto Erice tiene sotto l'ombra  
dei suoi declivi, non dispensa gioie  
a chi così la sforzi.<sup>4</sup>

In pratica, conclude Ovidio, la bellezza e la giovinezza non hanno bisogno di droghe eccitanti. Le piante dunque non avevano né sesso né proprietà afrodisiache.

Fu soltanto all'alba dell'Illuminismo, nel XVII secolo, che la riproduzione delle piante e degli animali divenne oggetto della ricerca scientifica. Il colpo dello starter fu sparato nel 1651 da William Harvey, scopritore della circolazione sanguigna, che nelle sue *Exercitationes de generatione animalium* affermò il principio secondo cui ogni essere vivente ha origine da un uovo («Omne vivum ex ovo»). Nel 1676, il fisico e botanico Nehemiah Grew tenne pres-

<sup>4</sup> Ovidio, *L'arte di amare*, a cura di Ettore Barrelli, Rizzoli, Milano 2007, pp. 83-84.

so la Royal Society di Londra una conferenza sull'anatomia dei fiori in cui identificò negli stami la fonte degli spermatozoi delle piante. In seguito a ulteriori studi sull'anatomia vegetale, che pubblicò nel 1683, Grew parlò del «feto o vero seme».<sup>5</sup>

La prova sperimentale delle funzioni sessuali delle varie componenti del fiore arrivò poco tempo dopo, nel 1694, quando il botanico tedesco Rudolf Jakob Camerarius pubblicò la sua *De sexu plantarum epistola*. Tra diversi altri esiti sperimentali, Camerarius riferì che la rimozione dalle pannocchie di granoturco delle sete femminili – le cosiddette barbe – impediva la formazione dei semi. James Logan, giudice e presidente della Corte di giustizia della Pennsylvania, probabilmente condusse il primo esperimento quantitativo di questo genere e lo descrisse nel 1735 in una lettera spedita da Philadelphia a un membro della Royal Society di Londra. Fu pubblicata con il titolo *Some Experiments Concerning the Impregnation of the Seeds of Plants*; e vi si raccontava che quando l'autore rimuoveva una metà, un quarto o un ottavo delle barbe, otteneva pannocchie con l'identica proporzione di semi in meno: metà, un quarto o un ottavo.<sup>6</sup>

Quando Linneo, che in seguito sarebbe stato soprannominato «principe dei botanici», si iscrisse all'Università di Uppsala, alla fine del 1728, la sessualità dei fiori non era ancora ampiamente riconosciuta. Linneo studiò quanto era stato scritto sull'argomento e raccolse le proprie ri-

<sup>5</sup> Cf. *Review: The Anatomy of Plants. With an Idea of a Philosophical History of Plants; and Several Other Lectures. Read before the Royal Society by Nehemiah Grew M. D. Fellow of the Royal Society, and of the College of Physicians by Nehemiah Grew*, in «Philosophical Transactions of the Royal Society», XIII, 1683, pp. 303-10.

<sup>6</sup> Cf. James Logan, *Some Experiments Concerning the Impregnation of the Seeds of Plants*, in «Philosophical Transactions of the Royal Society», XXXIX, 1735, pp. 192-95.

flessioni in un saggio che sottopose al professore come augurio per il nuovo anno, il 1730. Era usanza che gli studenti scrivessero in versi questi componimenti d'augurio, ma Linneo si scusò: «Non sono nato poeta, ma in qualche misura botanico, perciò vi presento un frutto del piccolo raccolto che Dio ha voluto concedermi quest'anno [...] In queste poche pagine viene trattata la grande analogia che si può osservare tra piante e animali, in quanto accrescono la loro famiglia nel medesimo modo»,<sup>7</sup> e proseguiva così:

Il petalo del fiore di per se stesso non contribuisce in alcun modo alla procreazione, ma funge da letto nuziale, che il Grande Creatore ha allestito con tale grazia e bellezza, adornato di così preziosi drappaggi e profumato con le più inebrianti fragranze affinché lo sposo e la sposa vi possano celebrare il rito nuziale con la più grande solennità. Quando il talamo è stato così preparato, giunge il momento che lo sposo abbracci la sua adorata sposa, e in lei si perda [...] Osservate con me come un fiore si sprigiona da un calice e un altro da un bocciuolo! Osservate poi come piante di ogni sorta (per dimensione, forma e aspetto) possano presentare infinite affinità e differenze! [...] Non senza ragione i poeti affermano che molte piante sono gemogliate dal sangue degli immortali.<sup>8</sup>

Le «affinità e differenze» tra gli organi sessuali dei fiori sarebbero diventati il criterio organizzativo della classificazione botanica compiuta da Linneo e inclusa nel suo trattato *Systema naturae*, pubblicato per la prima volta nel 1735. L'opera – che oltre a quello vegetale trattava anche il mondo animale – ebbe un tale successo che le quattordici pagine della prima edizione lievitatarono a duemilatrecento raccolte in tre volumi, quando poco più di trent'an-

<sup>7</sup> Cit. in Norah Goultie, *The Prince of Botanists. Carl Linnaeus*, H. F. & G. Withenby, London 1953, p. 28.

<sup>8</sup> *Ibid.*, pp. 30-31.

ni dopo fu data alle stampe la dodicesima edizione. In Inghilterra, Erasmus Darwin ebbe un grande successo con *Gli amori delle piante*, versione in forma di poema della tassonomia linneana, pubblicato per la prima volta nel 1789.

Oggi Linneo è ricordato soprattutto per aver reso la classificazione degli esseri viventi una scienza rigorosa, per la nomenclatura binomia utilizzata nella designazione scientifica delle specie (per esempio *Daphne odora*, *Narcissus pseudonarcissus*) e per le innumerevoli specie alle quali diede un nome, più che per la sua classificazione sessuale delle piante. Secondo i botanici il sistema di classificazione sessuale proposto da Linneo non coglieva le connessioni naturali tra le piante che emersero invece con chiarezza ancor prima che ne fosse individuata l'origine evolutiva. Paradossalmente, da questo punto di vista il principe dei botanici fornì un contributo assai più significativo in materia di mondo animale, identificando correttamente le balene e i pipistrelli come mammiferi e gli esseri umani come primati.

Sebbene alla metà del XVIII secolo la sessualità delle piante fosse un dato ormai assodato, all'epoca si discuteva ancora sui rispettivi ruoli di ovuli e spermatozoi nella produzione dell'embrione. Per un certo periodo si fronteggiarono due schieramenti opposti. Da una parte gli ovisti, secondo i quali gli spermatozoi avevano soltanto la funzione di stimolare l'ovulo a generare l'embrione e non apportavano alcun contributo ereditario sostanziale. Nel 1727 Henry Baker sintetizzò in versi tale posizione:

Ogni Seme racchiude una pianta,  
e quella Pianta, a propria volta,  
di nuovi Semi ha la sua scorta;  
pure questi, e non è un caso,  
racchiudono Piante come un vaso:  
ciascuna di Esse nasconde un tesoro

di Semi che un giorno saran come Loro.

Perciò, in ogni Bacca che io conosco,  
di sue Sorelle si cela un bosco.

La concezione opposta era portata avanti dagli spermisti, o animalculisti, tra i quali spicca l'olandese Antoni Van Leeuwenhoek, che fu il primo a osservare gli spermatozoi attraverso la lente di un microscopio.<sup>9</sup> Gli spermisti vedevano l'ovulo come un nero ricettacolo nonché fonte di nutrimento per l'embrione, che secondo loro era in realtà trasmesso dallo spermatozoo. Quest'idea si ritrova già nel pensiero greco. Nelle *Eumenidi* di Eschilo, il dio Apollo difende Oreste dall'accusa di matricidio affermando, come se si trattasse di una verità inconfutabile, che «non la madre è la genitrice di quello che è chiamato figlio: ella è la nutrice del germe in lei seminato. Il generatore è colui che la feconda: e lei, straniera a straniero, salva il germe».<sup>10</sup>

Lo spermista olandese Nicolas Hartsoeker era addirittura certo di poter distinguere una minuscola forma umana rannicchiata nella testa dello spermatozoo, tanto che nel 1694 pubblicò perfino un disegno di questo *homunculus*. La fazione degli spermisti ebbe vita breve (proprio come gli spermatozoi), ma il suo corrispettivo botanico, il pollinismo, durò un po' di più. Tra i suoi sostenitori c'era sir John Hill, un personaggio straordinario che forse solo la Londra settecentesca poteva generare: erborista, medico, giornalista prolifico, traduttore di testi scientifici, drammaturgo, astronomo, geologo, microscopista, botanico e attore. Pare che, con un *nom de plume*, abbia anche

<sup>9</sup> Cit. John Farley, *Gametes and Spores. Ideas about Sexual Reproduction 1750-1914*, Johns Hopkins University Press, Baltimore 1982.

<sup>10</sup> Eschilo, *Eumenidi*, in Id., *Agamemnone, Coefore, Eumenidi*, a cura di Dario Del Corral, Mondadori, Milano 1995, p. 247.

scritto un libro di ricette: *Mrs Glasse's Cookery*. L'infessa operosità di Hill era tuttavia minata dalla sua smania di questionare con ogni persona in vista, in particolare con i suoi ex amici. Uno di quelli con cui aveva tagliato i ponti era l'attore e direttore teatrale David Garrick, che a Hill e alle sue opere dedicò questi versi: «Di romice, valeriana e salvia essenza pura, / insetto infestante, del nostro tempo sciagura; / la peggior punizione per quanto hai combinato / è leggere i trattati e le rime di cui ti sei macchiato».<sup>11</sup>

Tra le sessantasei pubblicazioni che Hill partorì nel corso della vita ci fu anche un'opera in ventisei volumi, con milleseicento incisioni su rame, intitolata *The Vegetable System*: l'autore vi esprimeva la concezione pollinista secondo cui il seme era un ricettacolo per l'embrione, che vi veniva deposto dal granulo di polline. Ovviamente Hill su questo fronte si sbagliava, proprio come gli ovisiti. Un uomo con metà del suo talento - ma non così rissoso o pieno di sé - sarebbe stato facilmente eletto membro della Royal Society; Hill, però, non veniva preso sul serio neppure quando aveva ragione. La Royal Society lo rifiutò nel modo classico, ovvero attraverso la pubblicazione di testi satirici che mettevano in ridicolo i membri o gli aspiranti tali. Uno di questi si intitolava «*Lacine sine concubitu*», una lettera univocamente indirizzata alla Royal Society; nella quale viene dimostrato, attraverso la più incontrovertibile delle prove, ottenuta tramite il ragionamento e la pratica, che una donna può concepire, ed essere portata a letto, senza aver alcun commercio carnale con l'uomo.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Cit. in Lorande L. Woodruff, *The Versatile Sir John Hill, M. D.*, in «*American Naturalist*», LX, 1926, pp. 417-22.

<sup>12</sup> Clark Emery, «*Sir*» John Hill versus the Royal Society, in «*Isis*», XIII, 1942, pp. 16-20.

Nei circa duecentocinquanta anni trascorsi da quando John Hill snobbò la Royal Society, e da essa fu snobbato, la scienza ci ha svelato meraviglie in ogni branca del sapere, ma gli scienziati sono diventati più scialbi e incolore rispetto a quelli di un tempo, almeno quando si tratta di scrivere. Una volta mi è capitato di leggere una lettera privata indirizzata da un consulente esterno all'editor di una rivista scientifica; nel valutare l'articolo – basato su solite giorni di osservazioni sul campo – il consulente ipotizzava che, dei nove autori, «metà fossero rimasti per tutto il tempo in un pub di campagna, a scolarsi pinte di birra e lanciare occhiate lubriche alle giovani figlie dei contadini». Ma questa è la più divertente tra tutte le valutazioni che ho letto in vent'anni. Non posso nemmeno rivelare il nome di chi l'ha scritta perché, se un giorno finisse nel pub sbagliato, sarebbero in nove contro uno, e non vorrei mai averlo sulla coscienza.

Visto che ci è negata la discutibile soddisfazione dei colpi bassi della satira del XVIII secolo, dovremo accontentarci dell'ironia del XXI. È senza dubbio ironico che oggi sappiamo dell'esistenza di piante che restano per così dire incinte senza aver alcun «commercio» con un maschio. E, ironia dell'ironia, ci sono alcuni casi noti di quello che sembra a tutti gli effetti spermismo, ma senza l'*homunculus*. Dunque Royal Society-John Hill uno a uno? Non proprio. A onor del vero, esiste un unico caso riconosciuto di spermismo nelle piante o, per utilizzare il suo nome scientifico corretto, di «androgenesi», ovvero «nascita da un maschio». È stato scoperto piuttosto di recente nel rarissimo cipresso del Sahara *Cupressus dupreziana*, una delle piante più a rischio d'estinzione del pianeta.<sup>13</sup> L'intera

<sup>13</sup> Cfr. Fatma Abdoun e Muhammad Beddafi, «*Cupressus dupreziana*» A. *Annus. Distribution, Decline and Regeneration on the Tassili n'Ajjer, Central Sahara*, in «Comptes Rendus Biologies», CCCXXV, 2002, pp. 617-27.

specie è composta soltanto da duecentotrenta esemplari, sparpagliati in una manciata di oasi nel Sahara algerino. Il primo segnale che potesse esserci qualcosa di strano in questo cipresso fu la scoperta che la cellula spermatica contenuta nei suoi granuli di polline presentava un doppio set di cromosomi, non quello singolo che si riscontra di solito. Le impronte digitali genetiche dei semi rivelarono poi che l'embrione al loro interno non sembrava imparentato con l'albero sul quale erano stati prodotti. Si è scoperto così che l'embrione racchiuso nei semi del cipresso del Sahara è un clone del padre che non presenta alcuna relazione genetica con il portatore, l'albero madre. È esattamente la situazione descritta da Eschilo: «non la madre è la genitrice di quello che è chiamato figlio: ella è la nutrice del germe in lei seminato. Il generatore è colui che la feconda». In effetti, le abitudini riproduttive del cipresso del Sahara hanno conseguenze degne di una tragedia greca.

Quando il polline del *Cupressus dupreziana* fu poi utilizzato per fecondare un'altra specie di *Cupressus*, la prole risultò identica al *dupreziana*, e non un ibrido delle due specie come ci si sarebbe potuto legittimamente aspettare.<sup>14</sup> Questo è il primo caso osservato di maternità surrogata nel regno botanico. In qualche modo, lo spermatozoo del *Cupressus dupreziana* è in grado di soppiantare i cromosomi materni nella cellula uovo dell'ovulo, perciò l'embrione diventa un clone del padre. Si tratta di una forma di parassitismo genetico più simile alla pirateria informatica che al gesto filantropico cui il termine «maternità surrogata» potrebbe far pensare.

Vale la pena chiedersi se ci sia una relazione tra l'estrema rarità del cipresso del Sahara e le sue particolari abi-

<sup>14</sup> Cfr. Christian Pichot, Mohamed El Maâtaoui, Sabrina Raddi e Paolo Raddi, *Surrogate Mother for Endangered «Cupressus»*, in «Nature», CDXII, 2001, p. 39.

tudini riproduttive, e che cosa ciò potrebbe significare per il futuro della specie. Soltanto il 10 per cento dei suoi semi ospita un embrione vitale. Sebbene alcuni granuli pollinici contengano cellule spermatiche con una dotazione cromosomica due volte superiore al normale, in grado di produrre embrioni per androgenesi, altri granuli pollinici risultano ancora più anomali e dunque sterili.<sup>15</sup> Se non vengono prodotti spermatozoi normali, non possono neppure comparire semi normali.

Il cipresso del Sahara potrebbe sopravvivere affidandosi esclusivamente alla riproduzione per via androgenetica? Se nel suo habitat nativo si riuscissero a trovare madri surrogate appartenenti ad altre specie di cipresso, forse questi alberi potrebbe diventare una sorta di cuculo del deserto e sopravvivere sfruttando altre specie per allevare la propria discendenza, ma purtroppo queste madri surrogate non ci sono. Per quanto tempo ancora potrà sopravvivere, isolato com'è? I cipressi, come altre conifere, producono sullo stesso albero coni sia maschi sia femminili, ma la loro produzione ha costi alti ed è probabile che ci sia una proporzione inversa nel numero di coni di ciascun sesso prodotti. Se un esemplare desse meno coni femminili, potrebbe garantire un maggior numero di quelli maschili.

Dato che per quest'albero l'unico mezzo di riproduzione è l'androgenesi, nel corso delle generazioni l'evoluzione favorirà notevolmente gli esemplari che producono più coni maschili e meno coni femminili. Con la graduale diminuzione di questi ultimi, anche il numero di semi prodotti è destinato a scemare, spingendo la popolazione sempre più vicino al baratro dell'estinzione.<sup>16</sup> In realtà,

<sup>15</sup> Cfr. Mohamed El Maatoui e Christian Pichot, *Microsporoogenesis in the Endangered Species «Cypripedium pubescens» A. Camus. Evidence for Meiotic Defects*

*Yielding Unreduced and Abortive Pollen*, in «Plantas», CCXIII, 2001, pp. 543-49.

<sup>16</sup> Cfr. Mark J. McKone e Stacey L. Halpern, *The Evolution of Androgenesis*, in «American Naturalist», CLXI, 2003, pp. 641-56.

ciò potrebbe spiegare perché questi cipressi si trovino già a un passo dal baratro, anche se gli uomini hanno sicuramente aggravato la situazione abbattendoli per ottenere legname.

Se potessimo far risorgere sir John Hill e parlargli dell'androgenesi, magari per lui sarebbe una magra consolazione, ma almeno potremmo risepellirlo con onore in una bara di cipresso quasi estinto. Forse saprebbe apprezzare l'ironia, dato che, calcando le scene del teatro di Garrick, senz'altro conosceva bene la canzone di Feste, il buffone della *Dodicesima notte* di Shakespeare: «Vieni ormai, vieni ormai, morrei! / Solo un triste cipresso mi vegli; / vola via, vola via, vital! / Una bella crudele mi uccide».<sup>17</sup>

Il triste cipresso del Sahara è quasi ucciso non da una bella crudele, ma da un gene egoista. Forse vi state domandando com'è possibile che l'evoluzione – che nella lotta darwiniana per la sopravvivenza favorisce chi sopravvive – porti una specie all'orlo dell'estinzione. Come potrebbe mettere a repentaglio una specie? La risposta illustra un principio evolutivo fondamentale: la selezione naturale opera per il bene del singolo, non per quello della specie. Di solito, tutto ciò che accresce il numero di discendenti di un individuo farà anche aumentare, o almeno manterrà, la quota complessiva di individui in una popolazione; perciò non siamo abituati all'idea controintuitiva che l'evoluzione possa mettere a repentaglio la sopravvivenza stessa di una specie provocando il calo di un'intera popolazione. Eppure, considerata l'anomalia della situazione in cui versa il cipresso del Sahara, ciò non soltanto è possibile, ma forse inevitabile.

<sup>17</sup> William Shakespeare, *La dodicesima notte*, in Id., *Teatro completo*, a cura di Giorgio Melchioni, II: *Le commedie romantiche*, Mondadori, Milano 1995, atto II, scena 4, pp. 721 e 723.

Il problema dipende dal fatto che nell'androgenesi tutti i discendenti hanno origine dal polline; sebbene gli ovuli siano ancora necessari per la formazione dei semi, non propagano i geni dell'albero che li ha prodotti. Anche se le conifere, come la maggioranza delle piante, sono ermafrodite, dunque dotate di organi sia maschili sia femminili, non possono autoimpollinarsi. Perciò, quando in una popolazione si fa largo l'androgenesi nessun albero potrà accrescere il numero di discendenti portatori dei suoi geni tramite la produzione di coni femminili. Solamente i coni maschili che producono il polline possono farlo, quindi ogni gene che favorisca la produzione di coni maschili avrà la meglio. In virtù della compensazione tra coni maschili e femminili, la conseguenza di un maggior numero di coni maschili sarà una minor produzione di quelli femminili. Meno coni femminili significano meno semi, dunque meno alberi in futuro.

Una delle ragioni per cui una situazione del genere ci appare tanto anomala è che noi, in quanto animali sociali, possiamo contare su una via d'uscita per frangenti simili alla spada di Damocle che oggi pende sulla testa di quei cipressi egoisti. Gli animali sociali possono essere ricompensati per i loro atti apparentemente altruistici – come quello di allevare i figli di qualcun altro – vedendosi ricambiare la cortesia. E la strategia «una mano lava l'altra». Essendo sprovvisto di un qualsivoglia sistema sociale, il cipresso del Sahara non può dire: «Io produrrò dei coni femminili per tirar su il tuo polline se tu farai lo stesso per me», anche se una strategia di questo tipo sarebbe in linea con la selezione naturale e potrebbe salvare la specie sahariana. Alcuni pesci ermafroditi lo fanno.

Non c'è futuro evolutivo nell'essere maschi se non esistono femmine, mentre popolazioni interamente femminili sono del tutto funzionali. In effetti, sono piuttosto

numerosi i casi di piante che producono semi senza fecondazione. Il comunissimo tarassaco (*Taraxacum officinale*) – noto anche come dente di leone o soffione – ha popolazioni che producono semi per via asessuata, e lo stesso si osserva nelle piante di rovo (*Rubus* spp.), nel sorbo montano (*Sorbus* spp.), nel biancospino (*Crataegus* spp.) e in molti altri gruppi. La produzione asessuata di semi è chiamata «apomissia», e i suoi prodotti presentano un doppio set di cromosomi materni al posto del classico corredo diploide dove un set deriva dal genitore maschio e l'altro dal genitore femmina. Giusto per confondere ancor di più le idee ai botanici, alcune piante apomittiche richiedono comunque l'impollinazione per stimolare lo sviluppo dei semi, ma gli spermatozoi di fatto non contribuiscono mai al patrimonio genetico del seme stesso.

Tutti i semi prodotti da una pianta apomittica sono geneticamente identici alla madre; alla luce di questo sarebbe lecito aspettarsi un'uniformità genetica in intere popolazioni di dente di leone, ma questo evento si verifica di rado. È come se l'apomittico tarassaco di tanto in tanto si imbatte nella sessualità, dando origine a nuove linee clonali, che a loro volta produrranno copie identiche. Talvolta quasi un'intera specie, come il lampone *Rubus nescensis* nativo dell'Europa settentrionale, sembra appartenere a un singolo clone apomittico, ma si tratta di un caso rarissimo.<sup>18</sup> Per qualche motivo, anche le piante apomittiche fanno fatica a dire addio al sesso una volta per tutte.

L'apomissia dimostra che l'evoluzione tenta ripetutamente di far abbandonare alle piante l'abitudine del sesso, ma sono tentativi che non vanno mai del tutto a buon fine. Anche se è facile capire perché l'androgenesi sia una

<sup>18</sup> Cfr. Hilde Nybom, *Biometry and DNA Fingerprinting Detect Limited Genetic Differentiation among Populations of the Apomictic Blackberry «Rubus nescensis» (Rosaceae)*, in «Nordic Journal of Botany», XVIII, 1998, pp. 323-33.

strategia senza speranza se conti di riprodurti per via asessuata, resta un mistero il motivo per cui l'apomissia non sia diventata la norma nelle piante una volta che la dipendenza dall'impollinazione è saltata. Qualche indizio di quanto potrebbe andare storto per le piante a riproduzione asessuata si può ricavare esaminando il corredo genetico di popolazioni di piante che, come la fragola, possono riprodursi sia clonalmente sia sessualmente. Poiché queste piante hanno a disposizione entrambe le opzioni, ci si potrebbe domandare se esistano particolari ambienti o determinate circostanze che favoriscano il sesso rispetto alla clonazione.

Prima di tutto, però, come si fa a stabilire se una popolazione ha avuto origine prevalentemente per riproduzione sessuata o clonale? La risposta sta nelle impronte digitali genetiche di un individuo, il cosiddetto «genotipo». Discendenti prodotti per via sessuata solitamente presentano genotipi diversi, mentre i cloni sono geneticamente identici. Dunque, se si analizza il genotipo di un centinaio di individui e si scopre che sono tutti diversi, significa che ciascuno di loro ha avuto origine da un seme differente, prodotto per via sessuata. D'altro canto, se un campione di cento piante presenta il medesimo genotipo, quella specifica popolazione deve essere derivata da una riproduzione asessuata (clonale). Percentuali intermedie di genotipi sono indici della compresenza di riproduzione sessuata e asessuata. Quali sono i pattern osservabili in natura?

Ho analizzato i risultati di centinaia di studi sulla composizione genetica di piante in grado di riprodursi per via sessuata e asessuata, e i dati mostravano alcuni pattern sorprendentemente chiari.<sup>19</sup> Prima di tutto, popolazioni

<sup>19</sup> Cfr. Jonathan Silvertown, *The Evolutionary Maintenance of Sex. Evidence from the Ecological Distribution of Asexual Reproduction in Clonal Plants*, in «International Journal of Plant Sciences», CLXIX, 2008, pp. 157-68.

caratterizzate da un unico genotipo – segno che nella loro crescita la riproduzione sessuata non ha giocato alcun ruolo, oppure che tale ruolo è stato minimo – sono molto insolite tra le piante terrestri, fatta eccezione per le specie rare o a rischio di estinzione. Una popolazione poco numerosa, caratteristica tipica di molte piante rare o a rischio, porta all'incrocio o *inbreeding* (incrocio tra organismi geneticamente affini), e questo ha spesso un impatto negativo sulla produzione di semi. Dunque è possibile che il motivo per cui tali specie sono rare dipenda dal fatto che sono fallimentari sul piano sessuale e che si aggrappano all'esistenza affidandosi esclusivamente alla capacità di riprodursi tramite polloni o altri mezzi vegetativi. In altre parole, la dipendenza dalla riproduzione asessuata in popolazioni di piante a rischio di estinzione è un indice di fiasco sessuale più che di successo asessuale.

Diverso è il caso delle piante acquatiche, tra le quali, rispetto a quelle terrestri, è più facile trovare popolazioni nate per via esclusivamente asessuata. La spiegazione potrebbe dipendere dal fatto che nell'acqua i frammenti vegetativi riescono a percorrere lunghe distanze e a diventare così fondatori di nuove popolazioni, che a quel punto potranno moltiplicarsi asessualmente. Sulla terraferma, invece, i frammenti non si disperdono con la stessa facilità: ecco che allora i semi dotati di ali o paracadute, o che ricorrono all'aiuto degli animali, sono più efficaci nella dispersione. Poiché di norma i semi sono prodotti sessualmente, il loro maggior potere di dispersione fa sì che anche nuove popolazioni terrestri presentino più genotipi.

Le altre piante che dipendono più del normale dalla riproduzione asessuata sono quelle aliene, non autoctone. La capacità di riprodursi senza un compagno potrebbe rendere la riproduzione asessuata particolarmente utile per queste specie invasive. Il poligono del Giappone *Rey-*

*nourtria japonica* è un esempio eccellente: tutte le popolazioni di questa specie presenti in Inghilterra, Europa continentale e Stati Uniti sono costituite da un clone originato a sessualmente.<sup>20</sup>

I semi apomittici, come quelli del tarassaco o delle piante di rovo, hanno gli stessi mezzi di dispersione di cui dispongono le controparti sessuali da cui si sono evoluti, perciò non sorprende che non abbiano alcun problema ad andarsene in giro e che le popolazioni nate per via asessuata presentino in confronto un numero minore di genotipi. Come abbiamo già visto, però, le piante apomittiche ogni tanto fanno sesso, quindi anche le popolazioni di tarassaco solitamente presentano più di un singolo genotipo. Le popolazioni apomittiche sono particolarmente comuni agli estremi del range di specie. Ancora una volta, questo potrebbe essere un segno di fallimento sessuale in condizioni sfavorevoli.

Nel complesso, questi pattern suggeriscono che una pianta che avesse successo nell'impresa di riprodursi esclusivamente e definitivamente per via asessuata sarebbe una pianta apomittica rara, aliena e acquatica insediata in un habitat geograficamente marginale. Non esiste una sola specie che corrisponda a questo identikit, fosse soltanto perché per definizione le piante aliene che hanno successo non sono rare, ma il ritratto che abbiamo tratteggiato induce a pensare che la riproduzione asessuata prenda piede soltanto in determinate e particolarissime circostanze ecologiche. Un'ulteriore conferma che è il sesso il vero successo universale. Ma perché?

Sono state avanzate decine di teorie per spiegare come il sesso riesca a superare il proprio handicap apparente

<sup>20</sup> Cfr. Michelle L. Hollingsworth e John P. Bailey, *Evidence for Massive Clonal Growth in the Invasive Weed «Fallopia japonica» (Japanese Knotweed)*, in «Botanical Journal of the Linnean Society», CXXXIII, 2000, pp. 463-72.

nella roulette della vita. La maggior parte di tali teorie ha incontrato un ostacolo: non hanno un carattere sufficientemente generale da rendere ragione dell'universalità del sesso. Questo problema ha perfino portato alcuni scienziati a dubitare che possa esistere una spiegazione generale e a concludere che devono per forza esserci svariate risposte a quest'unico, grande quesito. Sebbene non ci sia ancora un consenso unanime, i dati raccolti sembrano convergere verso due teorie in particolare. Ironicamente, una di esse è in pratica il corrispettivo della primissima idea sull'argomento, esposta da Thomas Hunt Morgan - Nobel per la medicina nel 1933 - in una conferenza sull'evoluzione del sesso tenuta presso la Columbia University a New York nel 1913.<sup>21</sup>

A quell'epoca il termine «gene» non era ancora di uso corrente ma, per dirla in termini moderni, Morgan ipotizzò che il vantaggio della riproduzione sessuata rispetto a quella asessuata dipendesse dal fatto che gli individui prodotti con il primo sistema possono ereditare e accumulare geni benefici da un ampio bacino di progenitori, mentre quelli ottenuti con il secondo dispongono soltanto del patrimonio genetico ereditato dalla madre. Copie di mutazioni genetiche benefiche vengono moltiplicate tramite la selezione naturale e, nel corso delle generazioni, si accumulano.<sup>22</sup> Attraverso la riproduzione sessuata, possono combinarsi con altre mutazioni benefiche e concentrarsi sempre più nei discendenti. Una prole prodotta per via sessuata ha due genitori, quattro nonni, otto bisnonni, sedici bis-bisnonni e così via, risalendo fino al più lon-

<sup>21</sup> Cfr. Thomas H. Morgan, *Heredity and Sex*, Columbia University Press, New York 1913, pp. 13-14.

<sup>22</sup> Cfr. Guillaume Martin, Sarah P. Otto e Thomas Lenormand, *Selection for Recombination in Structured Populations*, in «Genetics», CLXXII, 2006, pp. 593-609.

tano passato. Questa rete sempre più ampia di antenati è una sorta di imbuto incredibilmente profondo attraverso il quale tutti i geni favorevoli sorti nel passato vengono riuniti e trasmessi alla generazione più recente. I collegamenti nella rete di progenitori vengono forgiati dal sesso.

Senza il sesso non può sussistere neppure questa copia di geni benefici incanalati in ogni nuova generazione. Gli individui originati per via asessuata non possono contare su una rete di progenitori, ma su un solo lignaggio, come un'unica fila di cloni identici che si perde nel passato. Hanno un solo genitore, un nonno, un bisnonno e così via fino a risalire a quell'unico, remoto progenitore che rinunciò per primo all'antica abitudine del sesso. Questi individui possono avere successo sul breve periodo, di fatto – come dimostrano le popolazioni aliene di polligono del Giappone –, avere una diffusione enorme, ma manca loro la materia prima dell'evoluzione: la variazione genetica. Senza quest'ultima, il cambiamento evolutivo è destinato a un vicolo cieco: prima o poi si presenteranno situazioni che richiedono un adattamento, impresa semplicemente impossibile per una popolazione sorta per via asessuata.

Il pericolo più grande che queste popolazioni possono correre sono probabilmente le malattie. Negli anni settanta del xx secolo una malattia fungina trasmessa dallo scolorite dell'olmo decimò gli olmi di tutta l'Europa e dell'America del Nord. L'epidemia fu provocata da un nuovo ceppo di fungo, probabilmente diffuso da esemplari importati. Alcuni olmi furono colpiti più gravemente di altri, a riprova che la variazione genetica tra le specie aveva giocato un ruolo nella suscettibilità alla malattia. In Inghilterra la specie che ne risentì di più fu l'*Ulmus procera*, o olmo inglese. Questa specie è stata a lungo un mistero, perché non produce semi e si diffonde soltanto attraverso

so polloni sotterranei. Recenti analisi genetiche hanno scoperto che l'intera specie era di fatto un unico clone che i romani portarono in Inghilterra duemila anni fa come sostegno delle viti e che in seguito propagarono per talea.<sup>23</sup> Poiché l'*Ulmus procera* era di origine completamente clonale, non disponeva di alcuna variazione genetica che gli permettesse di resistere alla malattia fungina, ragione per cui quasi tutti gli esemplari furono distrutti.

La seconda teoria che sembra promettere una soluzione universale al problema del sesso è complementare alla prima. In base alla teoria di Morgan, gli individui originati per via asessuata non possono beneficiare del patrimonio di mutazioni benefiche accumulato poiché sono geneticamente isolati da tutti i lignaggi tranne il loro. Questo significa che non possono evolversi e adattarsi. In base alla seconda teoria, delineata nel 1964 da Hermann Joseph Muller, tale isolamento genetico implica anche che all'interno di un medesimo lignaggio clonale si possono accumulare mutazioni deleterie.<sup>24</sup> In una popolazione ottenuta sessualmente la selezione naturale può eliminare gli individui che presentano un carico troppo ingombrante di mutazioni, così che la discendenza venga portata avanti dagli individui non deteriorati. Nelle popolazioni ottenute per via asessuata, invece, gli individui portatori di mutazioni accumulate nel tempo esistono in svariate copie, perciò la selezione naturale non può epurare le mutazioni deleterie semplicemente eliminando i soggetti più colpiti: deve epurare l'intera linea clonale.

<sup>23</sup> Cfr. Luis Gil, Pablo Fuentes-Urtila, Álvaro Soto, María Teresa Cervera e Carmen Collada, *English Elm is a 2,000-year-old Roman Clone*, in «Nature», CDXXXI, 2004, p. 1053.

<sup>24</sup> Cfr. J. Arjan G. M. de Visser e Santiago F. Elena, *The Evolution of Sex: Empirical Insights into the Roles of Epistasis and Drift*, in «Nature Reviews Genetics», VIII, 2007, pp. 139-49.

In effetti, poiché la mortalità non sempre è indotta dalla selezione naturale ma può dipendere da eventi fortuiti, anche linee clonali che presentino poche mutazioni deleterie moriranno, incrementando di conseguenza la quantità media di mutazioni nella popolazione rimasta. Il processo attraverso cui un carico sempre più pesante di mutazioni si accumula in popolazioni originate asessualmente viene chiamato *Muller's ratchet* – ingranaggio o arpionismo di Muller – perché, come quell'ingranaggio che consente la rotazione sempre più stretta in una sola direzione, il carico di mutazioni può proseguire soltanto in un senso, ovvero aumentare.

Nel momento in cui una popolazione inizia a riprodursi asessualmente potrebbe dunque ritrovarsi su una china pericolosa, e l'accumulo di mutazioni deleterie potrebbe farle anche perdere del tutto la capacità di riprodursi sessualmente. Forse è quanto è accaduto alle popolazioni del *Decodon verticillatus* nordamericano, che risulta sessualmente sterile in molte popolazioni diffuse ai margini della sua area geografica.<sup>25</sup> In questo caso specifico sembra che la selezione naturale abbia aiutato le specie a passare alla riproduzione asessuata poiché la crescita vegetativa risulta più vigorosa nelle piante sterili che in quelle fertili. Questa compensazione tra riproduzione sessuata e asessuata avrebbe favorito il passaggio alla seconda opzione in una popolazione che poteva produrre pochi semi perché si trovava ai margini della zona climatica cui si era adattata.

Nonostante ci siano buoni motivi per sperare che il problema evolutivo del sesso trovi presto una soluzione, non

<sup>25</sup> Cf. Marcel E. Dorken, Kathryn J. Neville e Christopher G. Eckert, *Evolutionary Vestigialization of Sex in a Clonal Plant. Selection versus Neutral Mutation in Geographically Peripheral Populations*, in «Proceedings of the Royal Society of London. Series B – Biological Sciences», CCLXXI, 2004, pp. 2375-80.

sembra esserci il rischio che perda il suo fascino o il suo mistero, in particolare per chiunque sia interessato al mondo vegetale. C'è maggior varietà sessuale nelle modalità con cui le piante producono i semi di quanta se ne possa trovare nelle pagine della *Groia del sesso* o nelle posizioni del *Kamasutra*. Come dice il poeta E. B. White: «Prima del seme giunge il pensiero del fiore», ed è proprio ad alcuni fiori affascinanti che rivolgeremo ora i nostri pensieri.

#### Letture

Sono pochi i testi divulgativi che affrontano la questione del perché esista il sesso; tra questi, posso consigliarvi *Mendel's Demon. Gene Justice and the Complexity of Life* di Mark Ridley, Weidenfeld & Nicolson, London 2000. Com'era facile prevedere, i fiori ricevono molta più attenzione, come per esempio nel saggio di Peter Bernhardt, *The Rose's Kiss. A Natural History of Flowers*, University of Chicago Press, Chicago 2002.