

ALESSANDRO MINELLI\*

## Uomo, natura e agricoltura. Una visione evoluzionistica nel bicentenario darwiniano

Lettura tenuta il 17 dicembre 2009

### INTRODUZIONE

Il secondo centenario della nascita di Charles Darwin, che ricorre nel 2009 assieme al 150° anniversario della pubblicazione della prima edizione dell'*Origin of Species*, offre una preziosa occasione per rivisitare il fecondo scambio di esperienze e di stimoli che le scienze agrarie e la biologia evoluzionistica hanno conosciuto fin dalla prima formulazione di una visione evoluzionistica del mondo vivente e che continua fruttuosamente ai nostri giorni.

Va riconosciuto, peraltro, che gli animali domestici e le piante coltivate sono rimasti largamente nell'ombra, in questo anno denso di celebrazioni, di tavole rotonde, di mostre e di altri eventi, quasi che la teoria dell'evoluzione si applichi in maniera legittima solo agli esseri viventi rimasti allo stato di natura, ammesso – e non concesso – che una distinzione netta si possa tracciare fra il mondo della “natura naturale” e quello della natura manipolata dall'uomo.

Certo, nella formazione del pensiero di Darwin va riconosciuto il ruolo prioritario delle esperienze da lui raccolte nel corso del lungo viaggio di circumnavigazione della Terra compiuto fra il 27 dicembre 1831 e il 2 ottobre 1836, esperienze che riguardavano quasi esclusivamente faune e flore di paesi lontani, come le isole Galápagos e le pendici della catena andina. Da queste esperienze presero origine molte delle pagine più importanti dei taccuini sulla trasmutazione delle specie che Darwin riempì di note e riflessioni appena rientrato in patria – compreso quel famoso taccuino B, in una pagina del quale – scritta nel luglio 1837 – compare una schematica sagoma di albero (o forse, piuttosto, di corallo o di alga corallina, come vuole Bredekamp, 2005), testi-

\* Dipartimento di Biologia, Università di Padova

moniano come nella mente di Darwin avesse ormai preso forma l'idea che una pluralità di specie differenti possa essere derivata, nel corso del tempo, da un comune antenato.

Ma in quegli stessi anni Darwin si sposa con la cugina Emma Wedgwood e va con lei ad abitare in quella casa di Down, nel Kent, dove trascorrerà tutto il resto della sua vita, prendendo presto le abitudini del gentiluomo di campagna che non ama recarsi spesso in città, preferendo a questa la tranquillità dei suoi studi, delle metodiche passeggiate nel giardino o nei dintorni di casa, e della cura dei piccoli animali domestici. Come i colombi, ad esempio, specie della quale diviene esperto e dalla quale trarrà molte osservazioni e riflessioni che riporterà, più tardi, nelle sue opere maggiori.

Opere, peraltro, che tardano a maturare. All'inizio degli anni '40, Darwin conosce Joseph Dalton Hooker, giovane botanico figlio del direttore dei giardini di Kew (e futuro direttore di questi egli stesso, a partire dal 1865) e con lui si confida a riguardo della sua teoria della trasmutazione delle specie. È proprio a seguito degli scambi con Hooker che Darwin si decide, attorno al 1844, a mettere in ordine i suoi già voluminosi appunti sull'argomento, ma per molti anni non procede oltre. Si dedica invece alla stesura della sua ponderosa monografia dei Cirripedi attuali e fossili (Darwin 1851a, 1851b, 1854a, 1854b). Ma il 18 giugno del 1858 gli arriva una lettera dalla lontana Ternate, nelle Molucche, a firma di Alfred Russel Wallace. Da questa lettera Darwin apprende che Wallace è arrivato a formulare una visione evoluzionistica molto simile alla sua, basata proprio su quel principio della selezione naturale che rappresentava la chiave di volta della teoria darwiniana e l'elemento più originale di quello che poteva essere il suo rivoluzionario contributo al progresso delle scienze della vita. Lo sarebbe stato, ma non lo era ancora, ed era ben possibile che Wallace, a dispetto degli impedimenti dovuti alla lontananza dalla patria, arrivasse a pubblicare prima di lui.

Hooker, con il quale Darwin si confida a proposito di questo spinoso problema, trova però una soluzione: due brevi memorie sull'argomento, una di Darwin e una di Wallace, vengono presentate in parallelo il 1° luglio 1858, nel corso di una seduta della Linnean Society a Londra. Questo evento, con la successiva pubblicazione dei due testi nei *Proceedings* della Società, è sufficiente a risolvere il problema della priorità, ma questo non basta per rendere l'intero mondo scientifico consapevole della natura e della portata della nuova visione del mondo vivente. L'argomento è così importante, e così complesso, da richiedere di essere trattato in un libro. E questo libro, l'*Origin of Species*, esce finalmente, presso l'editore Murray, il 24 novembre 1859.

Ed è qui, finalmente, che abbiamo la prova della straordinaria importanza che ha avuto, per Darwin, la sua profonda conoscenza degli animali domestici e, subordinatamente, delle piante coltivate.

#### CHARLES DARWIN: SELEZIONE ARTIFICIALE E SELEZIONE NATURALE

Proprio agli animali domestici e alle piante coltivate Darwin dedica infatti il primo capitolo della sua opera maggiore, identificando nella storia della domesticazione i tre elementi fondamentali del suo modello, cioè la variabilità intraspecifica, l'ereditabilità di molte variazioni e l'efficacia della selezione (da parte dell'uomo, in questo caso) nel determinare precise e durature modificazioni nelle specie viventi.

Quando, nel capitolo seguente, Darwin sposta la sua attenzione sulle specie in condizioni naturali, il suo obiettivo dichiarato è quello di dimostrare che le cose vanno anche qui allo stesso modo.

Innanzitutto, mostra che anche le piante e gli animali allo stato di natura sono sempre soggetti a variazioni, spesso ereditabili. Ma Darwin non si contenta di documentare una situazione che qualunque attento naturalista sarebbe stato in grado di osservare: questo, invece, è solo l'inizio del suo ragionamento ed è insieme il punto in cui l'esempio tratto dagli animali domestici e dalle piante coltivate può mostrare tutto il suo valore euristico.

Variabilità e trasmissibilità ereditaria dei caratteri non sono sufficienti, in effetti, a determinare un cambiamento. Nel caso delle piante coltivate e degli animali allo stato domestico, le variazioni ereditarie sono il materiale sul quale l'uomo può operare una selezione, individuando ad ogni generazione gli individui destinati alla riproduzione, negata invece agli individui che non sono portatori delle caratteristiche che interessano all'allevatore o all'agricoltore.

C'è forse, in natura, un meccanismo capace di portare a risultati simili a quelli ai quali conduce la selezione artificiale operata dall'uomo? La grandezza di Darwin sta in larga misura nell'aver formulato questa domanda e nell'aver dato a essa una risposta adeguata. Ma per portare il suo lettore a tale risultato, con adeguata discussione e senza salti logici, Darwin ha bisogno di altri due capitoli.

Nel primo di questi egli si richiama al "principio di popolazione" del reverendo Malthus, che nel 1798 aveva mostrato la causa delle periodiche crisi demografiche che colpiscono la specie umana, dovute al fatto che la popolazione tende a crescere più rapidamente di quanto possano crescere le risorse (alimentari, soprattutto) a sua disposizione. Ma, se questo è vero per la specie

umana, dove i figli generati da una coppia si contano in genere in poche unità, quanto più sarà vero, questo principio, per quelle specie di piante o di animali un individuo delle quali è capace di produrre milioni di uova o di semi!

Darwin, tuttavia, dopo aver messo in evidenza l'universale applicabilità del principio di Malthus, osserva pure la rarità delle esplosioni numeriche nelle popolazioni naturali, un fatto che dimostra l'esistenza, e l'efficacia, di un meccanismo che tiene costantemente a freno la crescita delle popolazioni. Osservazione molto interessante, ma che è solo la premessa per la domanda cruciale: dal momento che gli individui di una qualsiasi popolazione non sono mai tutti uguali tra loro, c'è una relazione, si chiede, fra l'essere portatore di certe caratteristiche piuttosto che di altre, e la probabilità di sopravvivere e di riprodursi in un mondo dove non c'è posto per tutti? La risposta affermativa a questa domanda equivale all'applicazione al mondo naturale, da parte di Darwin, di quanto egli aveva messo già in evidenza, nel primo capitolo dell'*Origin*, a riguardo degli animali domestici e delle piante coltivate. Siamo giunti infatti all'idea di "lotta per l'esistenza" o di "sopravvivenza del più adatto" – in altre parole, all'introduzione della nozione di selezione naturale, il più originale e più importante contributo di Charles Darwin al progresso della biologia.

Fra l'estate del 1858 e i primi mesi dell'anno seguente, Darwin scrisse l'*Origin of Species*, attingendo all'enorme massa di appunti che era venuto raccogliendo sull'argomento in oltre vent'anni. Questi appunti contenevano peraltro una grande mole di informazioni, e abbozzi di idee, che non poterono trovare posto nell'*Origin*, ma che meritavano in ogni caso di essere ordinati, completati e pubblicati.

Fra questi materiali, un rilievo del tutto speciale avevano proprio quelli relativi alle piante coltivate e agli animali domestici, argomento al quale Darwin dedicò poi la corposa monografia dal titolo *The variation of animals and plants under domestication*, pubblicata in due volumi nel 1868.

Il mondo delle zolle, infine, continuò ad attrarre l'attenzione di Darwin anche negli anni successivi, quando egli era oramai massicciamente impegnato a perfezionare la sua teoria dell'evoluzione e a rispondere alle obiezioni dei colleghi che, pur accettandone alcuni aspetti, erano tuttavia pronti a segnalarne l'incompletezza, o le difficoltà che incontrava talvolta la sua applicazione, ad esempio nel caso della specie umana o dell'origine delle strutture anatomiche più complesse, o della possibile modificabilità degli istinti. Le zolle del giardino dietro casa, toccate dal *sand walk* che egli ripercorreva ogni giorno nelle sue passeggiate, quelle zolle furono il teatro dei suoi studi sulla pro-

duzione dell'humus a opera dei lombrichi, argomento dell'ultimo suo libro, pubblicato nel 1881.

#### PIANTE AGRARIE, GENETICA ED EVOLUZIONE

Nei decenni immediatamente successivi alla scomparsa di Charles Darwin, la discussione in materia di evoluzione biologica rimase largamente centrata attorno ad alcune questioni come lo scottante problema dell'origine dell'uomo, o la possibilità di leggere una direzionalità precisa, se non un autentico finalismo, nella successione storica degli eventi evolutivi. Un posto di rilievo ebbero, in tali dibattiti, le scoperte della paleontologia, incluse quelle relative all'uomo fossile, nonché la decifrazione dei cicli di sviluppo di molte specie animali differenti, le cui larve, o i cui embrioni, suggerivano parentele che l'aspetto dei rispettivi adulti non avrebbe mai indicato.

Nel frattempo, però, proprio da una ricerca condotta su una specie di piante coltivate venivano i dati sperimentali che avrebbero condotto alla nascita di una disciplina, la genetica, destinata a rivoluzionare non solo la biologia nel suo complesso ma anche, specificamente, la visione evoluzionistica del vivente. Ma i piselli di Mendel passarono largamente inosservati, all'epoca in cui furono pubblicati i *Versuche über Pflanzenhybriden* (Mendel, 1866). E nel 1900, all'epoca della loro "riscoperta", l'attenzione dei primi genetisti sarà pronta a spostarsi su altri modelli sperimentali, primo fra tutti la drosofila. La variabilità intraspecifica all'interno delle piante agrarie (e, per implicazione, le basi genetiche dell'opera di selezione effettuata dall'uomo sui loro antenati selvatici prima, e sulle forme domestiche poi) era però destinata a emergere presto come argomento del massimo interesse, ma anche di inattesi, fortissimi contrasti ideologici, e delle loro tragiche conseguenze. Il riferimento, naturalmente, va agli studi di Nikolaj Ivanovic Vavilov sull'origine delle piante coltivate e sui parallelismi spesso riconoscibili fra la variazione intraspecifica dell'una e dell'altra specie (Vavilov, 1922), e agli sforzi, purtroppo ben riusciti, da parte di Trofim Lysenko per far tacere la sua voce, nel nome di una scienza agraria che rifiutava la genetica mendeliana, e le idee evoluzionistiche, per semplici, forzate e forse anche malintese ragioni ideologiche.

A dispetto di ciò (e degli enormi progressi che la scienza del vivente veniva nel frattempo compiendo, affacciandosi ormai nell'era della biologia molecolare), lo studio delle piante coltivate avrebbe ancora contribuito in forma clamorosa alla conoscenza dei meccanismi attraverso i qua-

li possono evolversi gli organismi. Il riferimento va, in particolare, alla scoperta degli elementi genici mobili (trasposoni), compiuta da Barbara McClintock (1955) nel corso delle sue ricerche genetiche sul mais. E infine, per giungere fino ai nostri giorni, si potrebbero aggiungere gli studi, di portata rapidamente crescente negli ultimi anni, che hanno dimostrato la diffusione, fino a pochi anni fa largamente insospettata, dei fenomeni epigenetici, riconducibili alla stabilità temporale e alla riproducibilità di stati molecolari responsabili di specifiche caratteristiche di un individuo, ma non riconducibili esclusivamente alla struttura dei suoi geni (Finnegan e Jaligot, 2005).

#### PRINCIPI EVOLUZIONISTICI NELLE MODERNE PRATICHE AGRARIE

Riconosciuto così il ruolo determinante che lo studio delle piante coltivate e degli animali domestici ha avuto nella nascita e nei successivi progressi della biologia evoluzionistica, ci si può chiedere ora se e in quale misura la biologia evoluzionistica abbia ricambiato il favore contribuendo a sua volta, con nozioni di base o con indicazioni operative, allo sviluppo delle scienze agrarie (Cleveland e Soleri, 2007; Pickersgill, 2009). Una risposta a questa domanda non può essere che positiva, e non solo ricordando che l'oggetto delle pratiche agrarie sono specie scelte di esseri viventi e che, come affermava Dobzhanski (1973), si può legittimamente affermare che nello studio dei viventi nulla ha senso compiuto se non lo si considera dal punto di vista dell'evoluzione.

È anche vero, però, che una seria e documentata discussione su questo punto deve essere condotta da chi alle piante coltivate o agli animali domestici ha dedicato almeno una parte significativa della propria attività professionale, e non da chi, come lo scrivente, ha sempre dedicato le sue attenzioni a qualche gruppo di animali allo stato di natura. Non è difficile mostrare, tuttavia, quanto sia rilevante riconoscere anche nella nostra realtà quotidiana l'inesorabile e spesso inconsciamente favorita (Heiser, 1988) opera della selezione. Una selezione che sarebbe forse inutile e che è comunque arbitrario classificare, di volta in volta, come artificiale o naturale, ma che comunque incide, con i suoi chiari effetti, sulla vita degli organismi con i quali abbiamo interazioni quotidiane e pertanto, presto o tardi, sulla nostra stessa esistenza.

L'esempio che ci tocca più da vicino è forse quello delle conseguenze a lungo termine dell'applicazione indiscriminata di un antibiotico, all'azione del quale prima o poi finiscono per dimostrarsi inattaccabili alcuni batteri,

subito pronti a sferrare un attacco che si voleva credere prevenuto per sempre. Prova, questa, dell'esistenza, all'interno della popolazione batterica contro la quale si intendeva lottare, di una variabilità nella sensibilità all'antibiotico, variabilità che viene messa in evidenza, con tutte le sue conseguenze, proprio dall'uso prolungato dell'arma molecolare con la quale si intendeva debellarlo.

In altre situazioni, molte delle quali interessano appieno la realtà agraria, il problema nasce invece, all'opposto, proprio dalla mancanza di variabilità all'interno di una popolazione. È, questa, una condizione che in natura si realizza solo in condizioni estreme, ma che nel caso delle piante coltivate è il facile e spesso intenzionale risultato di un'opera molto spinta di selezione, seguita ad esempio da propagazione clonale. Una condizione capace di garantire una preziosa omogeneità alla produzione, ma che comporta dei rischi. A breve termine, quello di offrire potenzialmente il terreno a una rapidissima propagazione di un patogeno, come nel famigerato episodio del dilagante attacco, da parte di un ceppo di *Helminthosporium maydis*, a vastissime estensioni a coltura di mais negli Stati Uniti, nell'ormai lontano 1970 (Tatum, 1971). A lungo termine, quello di ridurre le riserve di variabilità utilizzabili sia per l'intrinseco valore che potrebbero avere alcune cultivar meno richieste al momento, sia in vista dell'eventuale produzione di nuove cultivar, per incrocio o con altre pratiche. È questa, naturalmente, la logica che sottende all'istituzione delle banche di germoplasma.

#### LE ALTRE AGRICOLTURE

Ma è bene ch'io lasci lo sviluppo di questo tema a chi ne è esperto, per ritornare invece alla biologia evoluzionistica, che ha in effetti molto da dire in materia di evoluzione dell'agricoltura, dal momento che quest'ultima, nel corso dei millenni, è stata "scoperta" molte volte, e non solo all'interno della linea evolutiva dell'uomo.

Molti casi di agricoltura praticata da animali riguardano gli insetti (Muel-ler et al., 2005; Vega e Blackwell, 2005). Un primo esempio è fornito dagli insetti tipografi (Coleotteri Scolitidi o meglio, seguendo una scelta prevalente oggi nelle classificazioni, Coleotteri Curculionidi Scolitini). Di questi insetti sono a tutti note le gallerie, spesso alquanto regolari nel loro disegno, che essi scavano tra gli strati più interni della corteccia di molti alberi e i livelli più superficiali del legno sottostante. Queste gallerie sono il risultato dell'azione di scavo compiuta da individui di due generazioni: una madre realizza la galleria principale, di regola rettilinea, e da questa si dipartono, regolarmente spazia-

te tutt'attorno, le gallerie scavate dalle larve sue figlie. Il materiale all'interno del quale sono scavate queste gallerie larvali è il frutto di una sorta di pratica agricolturale effettuata dalla madre. Durante lo scavo della galleria principale, infatti, essa distribuisce, passo dopo passo, spore fungine che conservava in apposite tasche del cavo boccale, spore dalle quali prende origine un micelio che attacca e degrada le pareti della galleria e che rappresenterà per le larve l'effettiva o principale fonte di nutrimento (Paine et al., 1997; Farrell et al., 2001).

La coltura dei funghi non è, dunque, esclusivo (e piuttosto recente) aspetto dell'agricoltura praticata dall'uomo. Si potrebbe invece osservare che la coltivazione dei funghi è forse più facile della coltivazione di una pianta, per lo meno se l'agricoltore ha le dimensioni di un piccolo coleottero, o di una termite, o di una formica.

Formiche (Chapela et al., 1994; Mueller et al., 2001) e termiti (Aanen et al., 2002; Korb e Aanen, 2003), in effetti, sono altri due gruppi di insetti presso i quali si è evoluta la coltivazione a scopo alimentare di funghi. Quest'ultimi vengono mantenuti da diverse specie di questi insetti sociali in camerette speciali, all'interno dei loro nidi, e sono regolarmente disseminati e potati, e talvolta difesi dai competitori. Una delle forme più complesse di pratica agraria osservabile presso gli insetti è quella delle formiche tagliafoglie (genere *Atta*) americane, le quali predispongono e continuamente rimpinguano un materasso di frammenti masticati di foglie, a spese del quale si sviluppano i funghi dei loro "giardini" sotterranei.

Molto meno note, rispetto alle pratiche agricole degli insetti, sono quelle messe in opera da alcuni animali marini. Fra questi, la situazione meglio documentata è quella dei pesci indopacifici del genere *Stegastes*, abitatori dei fondali corallini poco profondi, i quali si nutrono di alghe rosse del genere *Polysiphonia* a riguardo delle quali mettono in opera le azioni fondamentali dell'agricoltore: la disseminazione, il taglio periodico, l'eliminazione delle infestanti (Cardona e Clayton, 1999; Hata e Kato, 2002, 2003, 2004, 2006). Meno note, ma probabilmente non dissimili, sono le colture di alghe curate da alcune patelle (Branch, 1981; Silliman e Newell, 2003).

#### MANIPOLAZIONI GENETICHE

Ritorniamo, per alcune considerazioni finali, all'agricoltura praticata dall'uomo.

In una prospettiva evolucionistica, il rapporto che si instaura fra l'animale (*Homo sapiens*, nel nostro caso) che esercita l'agricoltura e le specie oggetto



delle sue pratiche colturali si trasforma, presto o tardi, in un rapporto di interdipendenza che comporta forme, più o meno evidenti, di coevoluzione. Il legame con il campo coltivato trasforma l'uomo, in precedenza errabondo raccoglitore e cacciatore, in animale sedentario, fornendogli così occasione per sviluppare nuovi rapporti, più ricchi e complessi, con i propri simili – singolare parallelismo con la situazione di quegli altri costruttori di insediamenti fissi, e che spesso danno vita a colonie assai popolate, quali sono le termiti e le formiche, presso le quali, come ho ricordato, si è pure evoluta l'agricoltura.

Interessante, anche se a molti potrà sembrare troppo ardito, è anche il parallelismo fra le recenti pratiche di ingegneria genetica e alcuni eventi, più antichi e più recenti, della storia evolutiva. Il trasferimento di materiale genetico fra cromosomi (o strutture geneticamente equivalenti) di organismi anche molto diversi tra loro non è, infatti, una novità introdotta dalle moderne tecnologie. È, invece, una possibilità che si è riproposta più volte, nella storia evolutiva, e della quale si può dire che ogni cellula animale (e, soprattutto, vegetale) porti le lontane conseguenze. I cloroplasti delle cellule vegetali, così come i mitocondri che esse condividono con le cellule animali sono, infatti, il frutto di antichissimi rapporti di endosimbiosi che non si sono limitati al raggiungimento di un equilibrio funzionale fra la cellula ospitante e i suoi minuscoli ospiti, ma hanno visto altresì il trasferimento di intere frazioni di genoma da quello che era in origine il cromosoma batterico del futuro mitocondrio o cloroplasto ai cromosomi del nucleo della composta cellula eucariote risultante. Ma questo trasferimento, lungi dall'essere un fatto confinato ai tempi remoti della nascita delle cellule eucarioti, è una vicenda pronta a ripetersi ancor oggi, come è dimostrato dall'analogo trasferimento al nucleo della cellula ospite di geni provenienti dal cromosoma di alcuni batteri parassiti degli insetti (Dunning Hotopp et al., 2007). Non sono forse, questi, degli esempi di autentica (e riuscita) ingegneria genetica?

#### RIASSUNTO

Il secondo centenario della nascita di Charles Darwin offre un'occasione per rivisitare le relazioni tra le scienze agrarie e la biologia evoluzionistica. Alle variazioni degli animali domestici e delle piante coltivate Darwin dedicò il primo capitolo della sua opera maggiore. Dopo di lui, animali e piante di interesse agrario hanno continuato a fornire preziosi modelli per la comprensione dei processi evolutivi. Ne è esempio la scoperta nel mais degli elementi genetici mobili da parte di Barbara McClintock. Di rimando, l'agricoltura ha tratto e continua a trarre spunti operativi dalle nozioni di base della biologia evoluzionistica: vedi il caso della conservazione del germoplasma, soprattutto come strategia pre-

ventiva nei confronti della continua evoluzione dei patogeni. Va ricordato, infine, che le pratiche agrarie non sono una conquista esclusiva dell'uomo: forme diverse di agricoltura o di zootecnia si sono evolute anche presso le formiche, le termiti e altri animali.

#### ABSTRACT

The second centenary of Charles Darwin's birth provides a timely opportunity to revisit the relationships between agricultural sciences and evolutionary biology. Darwin devoted the first chapter of his major book to the variations in domestic animals and cultivated plants. Thereafter, plants and animals of agricultural interest have steadily provided precious models to improve our understanding of evolutionary processes. A case in point is Barbara McClintock's discovery of mobile genetic elements in maize. On the other hand, agriculture has derived and is still deriving useful suggestions from the basic principles of evolutionary biology, as in the case of germplasm banks, especially when developed as a resource to prevent problems from the steadily evolution of pathogens. Finally, agriculture is not an exclusive conquest of the human species, as a diversity of agricultural and farming practices have also evolved in ants, termites and other animals.

#### BIBLIOGRAFIA

- AANEN D.K., EGGLETON P., ROULAND-LEFÈVRE C., GULDBERG-FRESLEV T., ROSENDAHL S., BOOMSMA J.J. (2002): *The evolution of fungus-growing termites and their mutualistic fungal symbionts*, «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 99, pp. 14887-14892.
- BRANCH G.M. (1981): *The biology of limpets: physical factors, energy flow, and ecological interactions*, «Oceanography and Marine Biology Annual Review», 19, pp. 235-380.
- BREDEKAMP H. (2005): *Darwins Korallen. Frühe Evolutionsmodelle und die Tradition der Naturgeschichte*, Wagenbach, Berlin.
- CARDONA M., CLAYTON W. (1999): *The algal community of the farmer damselfish, Stegastes fasciolatus, at three sites in Fiji and the Kingdom of Tonga*, «Bios», 70, pp. 71-75.
- CHAPELA I.H., REHNER S.A., SCHULTZ T.R., MUELLER U.G. (1994): *Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi*, «Science», 266, pp. 1691-1694.
- CLEVELAND D.A., SOLERI D. (2007): *Extending Darwin's analogy: bridging differences in concepts of selection between farmers, biologists and plant breeders*, «Economic Botany», 61, pp. 121-136.
- DARWIN C. (1851a): *A monograph of the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. The Lepadidae; or, pedunculated cirripedes*, Ray Society, London.
- DARWIN C. (1851b): *A monograph on the fossil Lepadidae, or, pedunculated cirripedes of Great Britain*, Ray Society, London.
- DARWIN C. (1854a): *A monograph of the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. The Balanidae, (or sessile cirripedes); the Verrucidae*, Ray Society, London.
- DARWIN C. (1854b): *A monograph on the fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain*, Ray Society, London.

- DARWIN C. (1859): *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*, John Murray, London.
- DARWIN C. (1868): *The variation of animals and plants under domestication*, John Murray, London.
- DARWIN C. (1881): *The formation of vegetable mould, through the action of worms*, John Murray, London.
- DARWIN C.R., WALLACE A.R. (1858): *On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection*, «Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London. Zoology», 3, pp. 46-50.
- DOBZHANSKY T. (1973): *Nothing in biology makes sense except in the light of evolution*, «The American Biology Teacher», 35, pp. 125-129.
- DUNNING HOTOPP J.C., CLARK M.E., OLIVEIRA D.C.S.G., FOSTER J.M., FISCHER P., MUÑOZ TORRES M.C., GIEBEL J.D., KUMAR N., ISHMAEL N., WANG S., INGRAM J., NENE R.V., SHEPARD J., TOMKINS J., RICHARDS S., SPIRO D.J., GHEDIN E., SLATKO B.E., TETTELIN H., WERREN J.H. (2007): *Widespread lateral gene transfer from intracellular bacteria to multicellular eukaryotes*, «Science», pp. 1753-1756.
- FARRELL B.D., SEQUEIRA A.S.O., O'MEARA B., NORMARK B.B., CHUNG J., JORDAL B.H. (2001): *The evolution of agriculture in beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae)*, «Evolution», 55, 2011-2027.
- FINNENEGAN E.J., JALIGOT E. (2005): *Epigenetic variation and phenotypic diversity*, «Encyclopedia of Plant and Crop Science», DOI: 10.1081/E-EPCS-120021675.
- HATA H., KATO M. (2002): *Weeding by the herbivorous damselfish Stegastes nigricans in nearly monocultural algae farms*, «Marine Ecology Progress Series», 237, pp. 227-231.
- HATA H., KATO M. (2003): *Demise of monocultural algal-farms by exclusion of territorial damselfish*, «Marine Ecology Progress Series», 263, pp. 159-167.
- HATA H., KATO M. (2004): *Monoculture and mixed-species algal farms on a coral reef are maintained through intensive and extensive management by damselfishes*, «Journal of Experimental Marine Biology and Ecology», 313, pp. 285-296.
- HATA H., KATO M. (2006): *A novel obligate cultivation mutualism between damselfish and Polysiphonia algae*, «Biology Letters», 2, pp. 593-596.
- HEISER C.B. (1988): *Aspects of unconscious selection and the evolution of domesticated plants*, «Euphytica», 37, pp. 77-81.
- KORB J., AANEN D.K. (2003): *The evolution of uniparental transmission of fungal symbionts in fungus-growing termites (Macrotermitinae)*, «Behavioural Ecology and Sociobiology», 53, 65-71.
- MALTHUS R. (1798): *An Essay on the Principle of Population*, J. Johnson, London.
- MCCLINTOCK B. (1955): *Spread of mutational change along the chromosome*, «Maize Genetics Cooperation News Letter», 29, p. 9.
- MENDEL G. (1866): *Versuche über Pflanzenhybriden*, «Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn», 4 (1865), pp. [3]-47.
- MUELLER U.G., GERARDO N.M., AANEN D.K., SIX D.L., SCHULTZ T.R. (2005): *The evolution of agriculture in insects*, «Annual Review of Ecology Evolution and Systematics», 36, pp. 563-595.
- MUELLER U.G., SCHULTZ T.R., CURRIE C.R., ADAMS R.M.M., MALLOCH D. (2001): *The origin of the attine ant-fungus mutualism*, «Quarterly Review of Biology», 76, pp. 169-197.
- PAINE T.D., RAFFA K.F., HARRINGTON T.C. (1997): *Interactions between scolytid bark beetles, their associated fungi and live host conifers*, «Annual Review of Entomology», 42, pp. 179-206.

- PICKERSGILL B. (2009): *Domestication of plants revisited – Darwin to the present day*, «Botanical Journal of the Linnean Society», 161, pp. 203-212.
- SILLIMAN B.R., NEWELL S.Y. (2003): *Fungal farming in a snail*, «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 100, pp. 15643-15648.
- TATUM L.A. (1971): *The Southern corn leaf blight epidemic*, «Science», 171, pp. 1113-1116.
- VAVILOV N.I. (1922): *The law of homologous series in variation*, «Journal of Genetics», 12, pp. 47-87.
- VEGA F.E., BLACKWELL M. (2005): *Insect-fungal associations: ecology and evolution*, Oxford University Press, Oxford.