

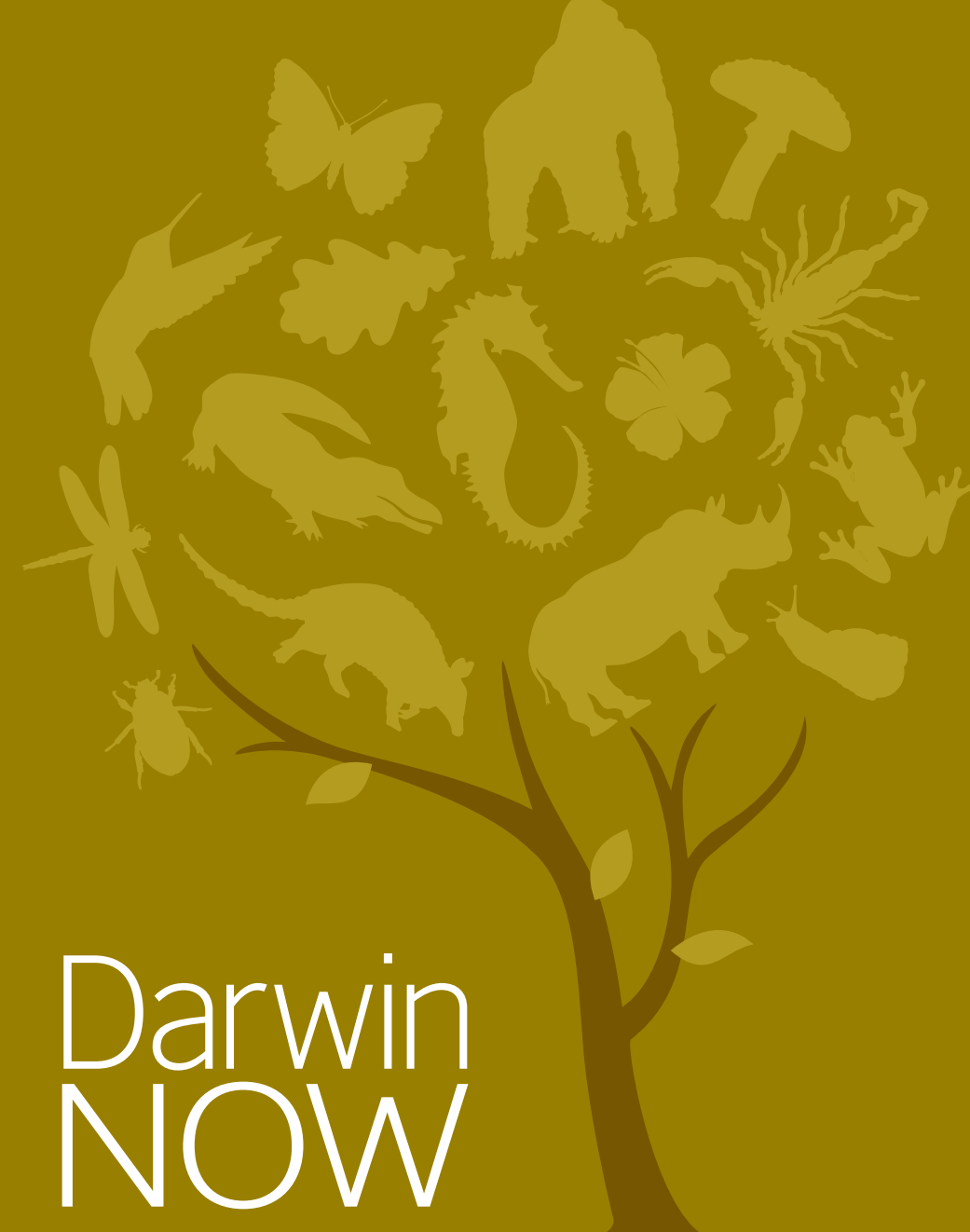


Η έκθεση «Ο Δαρβίνος ΣΗΜΕΡΑ» είναι η συμβολή του Βρετανικού Συμβουλίου στο διεθνή εορτασμό της διπλής επετείου των 200 χρόνων από τη γέννηση του Δαρβίνου και των 150 χρόνων από τη δημοσίευση του έργου του «Η Καταγωγή των Ειδών».

Οι μελέτες του Κάρολου Δαρβίνου συνεχίζουν να επηρεάζουν τόσο τη Βιολογία όσο και άλλους κλάδους της Επιστήμης μέχρι σήμερα. Το έργο του μας «ανοίγει» μια νέα προοπτική όσον αφορά μερικά από τα σημαντικότερα ερωτήματα του 21ου αιώνα.

Το διεθνές πρόγραμμα δραστηριοτήτων του Βρετανικού Συμβουλίου απασχολεί ανθρώπους από όλο τον κόσμο και παρέχει την ευκαιρία να ερευνηθεί η σχέση μεταξύ της εξέλιξης και της θρησκείας με έναν απροκατάληπτο και «ανοικτό» τρόπο.

BRITISH COUNCIL | 75 YEARS OF CULTURAL RELATIONS



Darwin
NOW

Ο Δαρβίνος ΣΗΜΕΡΑ

«ΈΝΑΣ ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΠΟΥ ΤΟΛΜΑ ΝΑ ΣΠΑΤΑΛΗΣΕΙ ΜΙΑ ΩΡΑ ΑΠΟ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΤΟΥ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙ ΤΗΝ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ»

Κάρολος Δαρβίνος

Κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα υπήρξε μια αλλαγή στον τρόπο σκέψης, της οποίας η απήχηση διαρκεί μέχρι σήμερα. Οι λειτουργίες της φύσης και η ποικιλία της ζωής επαναπροσδιορίστηκαν ώστε να αποτελούν τη βάση της σύγχρονης βιολογίας. Οι ευρείες συνέπειες των ιδεών αυτών προκαλούν ακόμα αντιπαράθεσεις.

Ένας άνθρωπος και ένα βιβλίο, κατέληξαν να συμβολίζουν τη νέα βιολογία της εξέλιξης. Ο Κάρολος Δαρβίνος, γεννηθείς το 1809, ήταν 50 ετών όταν δημοσίευσε το πιο διάσημο ίσως επιστημονικό έργο που γράφτηκε ποτέ. Ως εκ τούτου, το 2009 σηματοδοτεί, τόσο τα 200 χρόνια από τη γέννησή του όσο και τα 150 χρόνια από την πρώτη εμφάνιση του βιβλίου του «Η Καταγωγή των Ειδών». Η έκθεση αυτή ερευνά τις αρχές του βιβλίου του Δαρβίνου, υπογραμμίζει τις κεντρικές του ιδέες και εξηγεί πώς αυτές εξακολουθούν να αποτελούν τον πυρήνα της σύγχρονης έρευνας στη Βιολογία και την Ιατρική.

1

ΠΟΙΟΣ ΗΤΑΝ Ο ΔΑΡΒΙΝΟΣ;

Ο Κάρολος Δαρβίνος ήταν γιος ενός επιτυχημένου γιατρού της επαρχίας Σρούσμπερι, στη μεγάλη αγροτική κομητεία Σροπσάιρ του Ηνωμένου Βασιλείου. Ως παιδί αγαπούσε τη ζωή στη φύση αλλά είχε δυσκολία να αποφασίσει για θέματα καριέρας. Άφησε την Ιατρική σχολή στο Εδιμβούργο και πήγε στο Πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ για να γίνει κληρικός.

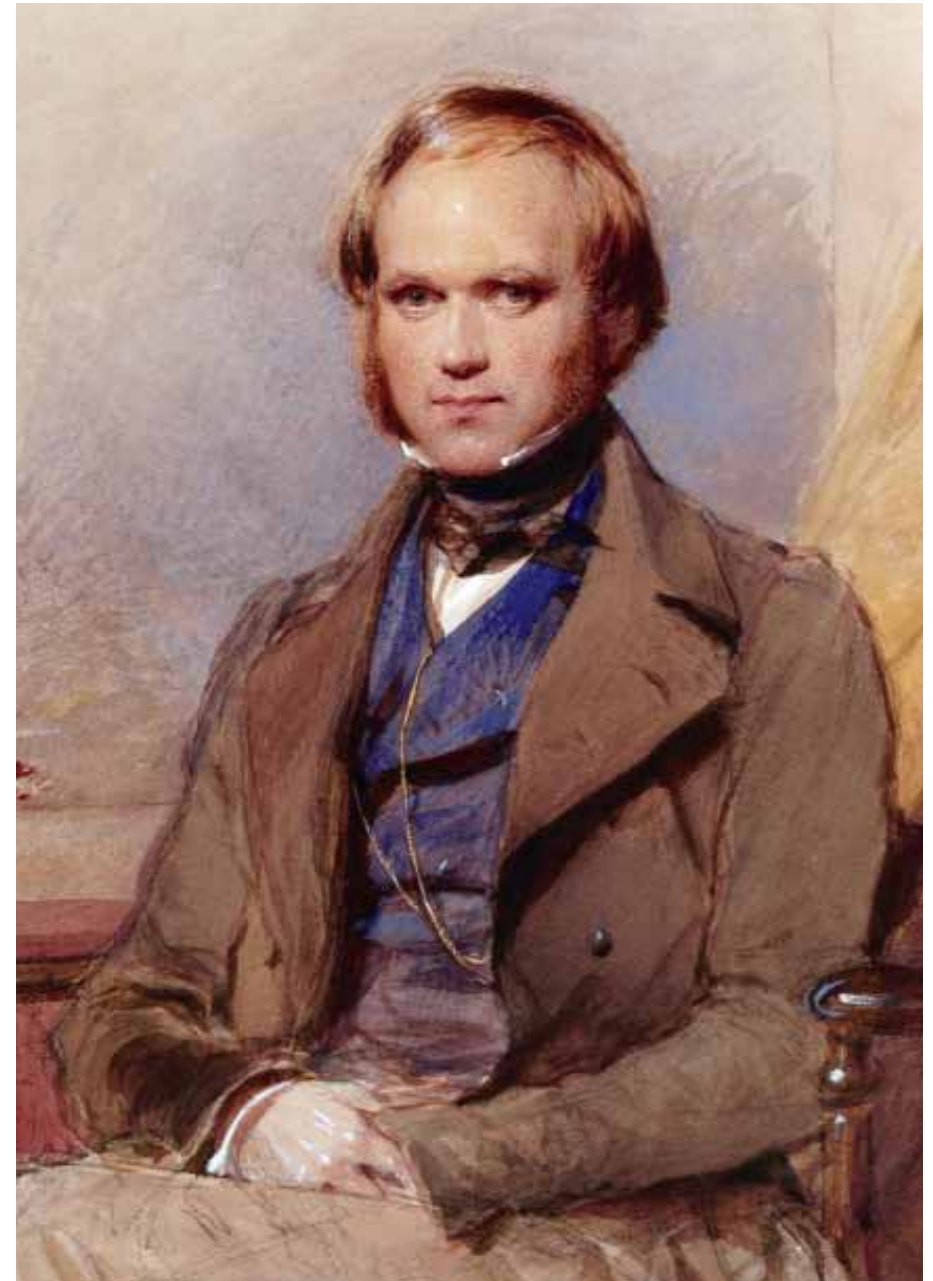
Στο πανεπιστήμιο ο Δαρβίνος γνώρισε κάποιους από τους πιο λαμπρούς φυσιοδίφες της εποχής και το 1831 απέκτησε μια θέση στο εξερευνητικό πλοίο HMS Beagle, το οποίο θα ταξίδευε στον κόσμο. Κατά τη διάρκεια του πενταετούς ταξιδιού, ο Δαρβίνος κρατούσε επιστημονικό ημερολόγιο με θέματα βιολογίας, γεωλογίας και ανθρωπολογίας με λεπτομερείς σημειώσεις και παρατηρήσεις πάνω σε ζώα, φυτά, πτηνά και έντομα των περιοχών που επισκεπτόταν – μεταξύ άλλων και Βραζιλία, Χιλή, Περού, αρχιπέλαγος Γκαλαπάγκος, Ταϊτή, Νέα Ζηλανδία και Αυστραλία.

Όταν επέστρεψε στο Λονδίνο, και αργότερα στο νέο του σπίτι στο Down House στο Κεντ, άρχισε σταδιακά να αντιλαμβάνεται πώς μπορούν να

αλλάζουν τα είδη, πώς μπορεί να λειτουργεί η εξέλιξη – παρόλο που χρειάστηκε πάνω από 20 χρόνια για να δημοσιεύσει τις ιδέες του.

Κατά την υπόλοιπη ζωή του συνέχισε να εργάζεται – για να υπερασπιστεί τη θεωρία του και να καταλάβει τις επιπτώσεις της, και δημοσίευσε κι άλλα βιβλία – μεταξύ άλλων για ορχιδέες, γαιοσκώληκες και για την έκφραση των συναισθημάτων.

Ο Δαρβίνος έγινε ερμηίτης, υπήρξε φιλάσθενος μεσήλικας και πέθανε το 1882. Όμως, στη ζωή του υπήρχε μία σταθερά: η μεγάλη του περιέργεια για τον φυσικό κόσμο.



Πορτραίτο του Κάρολου Δαρβίνου με μελάνι και ακουαρέλα από τον George Richmond το 1840.

© Βιβλιοθήκη English Heritage Photo Library



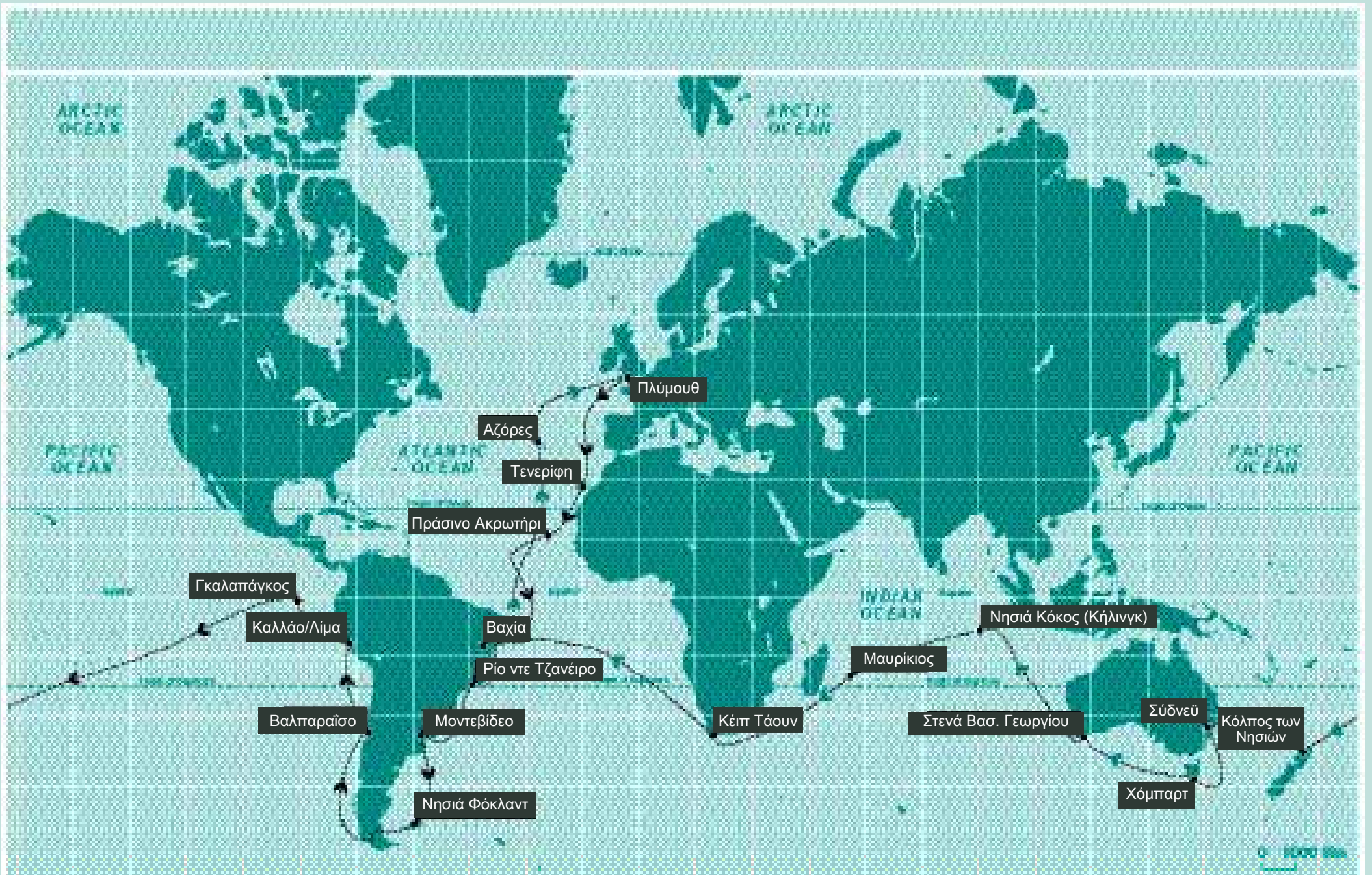
Τζον Στήβενς Χένσλοου, Καθηγητής Βοτανολογίας στο Πανεπιστήμιο Κέιμπριτζ, 1825-61. Ο Χένσλοου πρότεινε τον Δαρβίνο για την θέση του φυσιοδίφη στο πλοίο HMS Beagle.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).



Φόντο: Τροπικό δάσος στο Μπελίξε.

© Nigel Tucker.



Ο χάρτης του ταξιδιού του Δαρβίνου με το πλοίο HMS Beagle.

2

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΙΚΤΥΩΣΗ

Ο Δαρβίνος δεν ταξίδεψε ξανά μετά από την ερευνητική εκστρατεία με το Beagle. Ωστόσο, σε όλη του τη ζωή υπήρξε σπουδαίος επιστολογράφος. Με αυτό τον τρόπο διατηρούσε τις επιστημονικές του φιλίες, επιδίωκε συνεργασίες και συνέλεγε παρατηρήσεις.

Με «το ζήτημα των ειδών» να τον βασανίζει, ο Δαρβίνος ήταν πεπεισμένος ότι τα διάφορα είδη μπορούσαν να αρχίσουν από μια πρώτη ποικιλία και να αλλάξουν σε μια άλλη – να μεταλλαχθούν. Αλλά πώς;

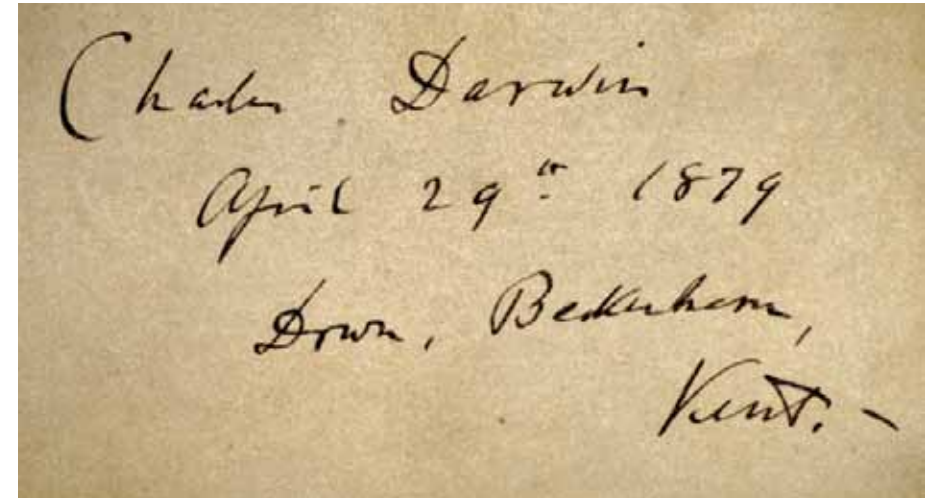
Μελέτησε δείγματα, εκθέματα σε μουσεία και ζωολογικούς κήπους και τη δουλειά των εκτροφέων ζώων και φυτών. Και διάβαζε – Γεωλογία, Φυσική Ιστορία και Φιλοσοφία.

Καθώς μελετούσε, αλληλογραφούσε με τους συναδέλφους του στον υπόλοιπο κόσμο – τη Βραζιλία, την Ινδία, την Κίνα, τη Βόρεια και Νότια Αμερική, τη Νέα Ζηλανδία και την Τζαμάικα – περιγράφοντας τις ιδέες του, επιχειρηματολογώντας για την υπόθεσή του και ζητώντας πληροφορίες και νέα δείγματα.

Όταν είχε ένα περίγραμμα της θεωρίας του, συμβουλευόταν διπλωμάτες, αξιωματικούς του στρατού και άποικους, κηπουρούς, εκτροφείς αλόγων, αγρότες, παγιδευτές-κυνηγούς γούνας και φύλακες του ζωολογικού κήπου καθώς επίσης και βοτανολόγους και φυσιολόγους.

Οι επιστολές τον κρατούσαν επίσης σε επαφή με τον ταξιδιώτη φυσιολόγο Άλφρεντ Ράσελ Γουάλας, ο οποίος είχε διατυπώσει παρόμοιες ιδέες. Μια επιστολή του Γουάλας ώθησε τελικά τον Δαρβίνο να δημοσιεύσει τη θεωρία του.

Όταν εμφανίστηκε το βιβλίο του «Η Καταγωγή των Ειδών» το 1859, η επιστολογραφία έφερε νέες πληροφορίες για ενημέρωση του έργου και για νέες εργασίες. Επίσης, επηρέασε τον τρόπο υποδοχής των ριζοσπαστικών του ιδεών.



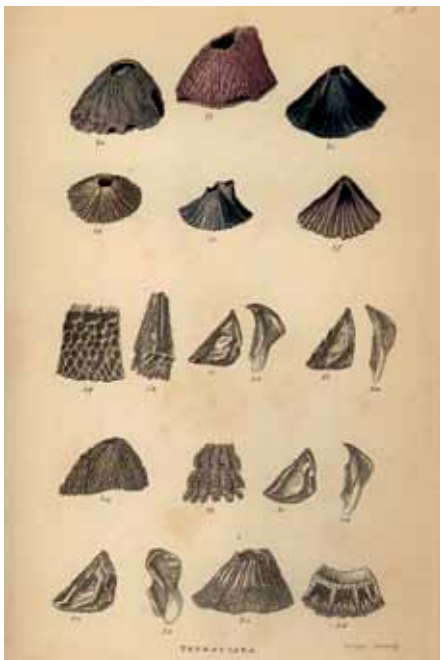
Μετά την έκδοση του βιβλίου «Η Καταγωγή των Ειδών» ο Δαρβίνος έγινε διάσημος και οι συλλέκτες αυτογράφων διάσημων προσώπων του έγραφαν για να ζητήσουν την υπογραφή του.

© George Beccaloni.



Ο περίπατος στην άμμο ή αλλιώς το «μονοπάτι της σκέψης» στο Down House, φωτογραφημένο περίπου το 1909. Ο Δαρβίνος περπατούσε εδώ καθημερινά όταν βρισκόταν στο Down και εκμεταλλευόταν τον χρόνο για να συλλογιστεί τις παρατηρήσεις του και να αναπτύξει τις θεωρίες του.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).



Ο Δαρβίνος μελετούσε πεταλίδες για οκτώ χρόνια και η προσφορά του ήταν μεγάλη στην κατανόησή τους.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).



Ο Άλφρεντ Ράσελ Γουάλας (1823–1913) διατύπωσε παρόμοιες ιδέες με εκείνες του Δαρβίνου για την καταγωγή των ειδών. Η διατριβή του Γουάλας παρουσιάστηκε παράλληλα με το έργο του Δαρβίνου στην Linnean Society το 1858.

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



Φανταχτερές φυλές περιστερών παρόμοιες με εκείνες που μελετήθηκαν από το Δαρβίνο για την ανάπτυξη των θεωριών της εξέλιξης και της φυσικής επιλογής. Ο Δαρβίνος συνέκρινε τη μέθοδο της «τεχνητής επιλογής» που χρησιμοποιούν οι κτηνοτρόφοι με αυτό που παρατηρείται στη φύση «φυσική επιλογή».

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Η βιβλιοθήκη του Δαρβίνου στο Down House αμέσως μετά το θάνατό του το 1882. Γκραβούρα του Acel H. Haig.

Ανατύπωση με άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).



Φόντο: Βάλανοι (*Semibalanus balanoides*).

© David and Katie Urry/www.ardea.com.

3 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΔΑΡΒΙΝΟΥ: ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ, ΠΑΡΑΛΛΑΓΗ, ΕΠΙΛΟΓΗ

Ο λόγος για την επιβίωση της θεωρίας του Δαρβίνου στο χρόνο είναι η απλότητά της. Η θεωρία της εξέλιξης δια της φυσικής επιλογής έχει τρία ουσιαστικά μέρη:

- Όταν τα άτομα σε έναν πληθυσμό αναπαράγονται, η νέα γενιά πρέπει να μοιάζει με τους γονείς της.
- Η ομοιότητα μεταξύ των γενεών πρέπει να είναι μεγάλη, αλλά όχι απόλυτη, έτσι ώστε κάθε γενιά να περιλαμβάνει νέες παραλλαγές στα χαρακτηριστικά.
- Πρέπει να υπάρχει μια σύνδεση ανάμεσα σε κάποιες από αυτές τις νέες παραλλαγές και πιθανότητες ώστε το άτομο να μπορεί να επιβιώσει και να αναπαραχθεί καλύτερα.

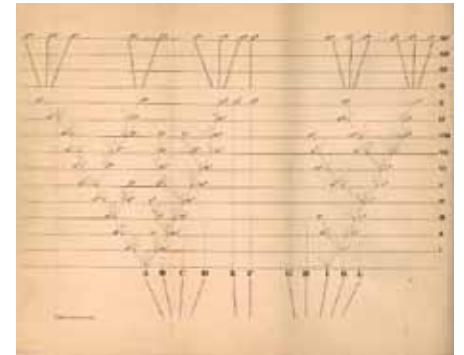
Οι παραλλαγές, και οι επιρροές τους, μπορεί να είναι πολύ μικρές. Αν ο κύκλος επαναληφθεί χιλιάδες φορές, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι δραματικά. Εν συντομία: Αυτό που χρειάζεται η εξέλιξη είναι η κληρονομικότητα, η παραλλαγή και η επιλογή.

Στο βιβλίο του «Η Καταγωγή των Ειδών» ο Δαρβίνος παρουσίασε άφθονες αποδείξεις για την εξέλιξη. Όμως, υπήρχαν κενά στην ιστορία του. Ένα από αυτά, το οποίο δεν κατανοείται εύκολα ακόμα και σήμερα, ήταν η προέλευση της ζωής. Ένα άλλο ήταν ότι δεν είχε πειστικές ιδέες για το πώς μεταβιβάζονταν από γενιά σε γενιά οι παραλλαγές στα χαρακτηριστικά.

Οι πρόσφατες επιστημονικές ανακαλύψεις έχουν δώσει κάποιες λεπτομέρειες για τον μηχανισμό της κληρονομικότητας. Κάθε είδος μπορεί να καθοριστεί από τις πληροφορίες των γονιδίων του. Υπάρχουν μηνύματα γραμμένα στην αλληλουχία των χημικών γραμμάτων στο μόριο του DNA.

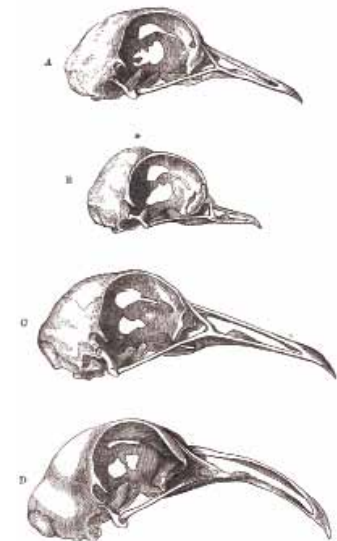
Τα γονίδια αντιγράφονται και μεταβιβάζονται στους απογόνους κάθε είδους. Αλλά η διαδικασία της αντιγραφής μπορεί να έχει μικρά λάθη, τα οποία οδηγούν σε τυχαίες αλλαγές στην πληροφορία του DNA. Αυτές οι αλλαγές είναι οι μεταλλάξεις που οδηγούν στις παραλλαγές των πληθυσμών.

Μερικές μεταλλάξεις φέρουν πλεονεκτήματα, τα οποία κάνουν την αναπαραγωγή πιο πιθανή σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Έτσι, και πάλι, υπάρχει κληρονομικότητα, παραλλαγή και επιλογή αλλά αυτή τη φορά μεταξύ των μορίων.



Εικονογράφηση από την πρώτη έκδοση του βιβλίου «Η Καταγωγή των Ειδών» που απεικονίζει αποδείξεις περί του ότι η ύπαρξη των διαφόρων ειδών με κοινά χαρακτηριστικά μπορεί να εξηγηθεί από την ύπαρξη κοινών προγόνων.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).



Διαγράμματα από κρανία περιστεριών που δείχνουν πώς η εξημέρωση και η επιλογή οδήγησαν σε παραλλαγές εντός του είδους.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).

4

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Οι αναγνώστες του Δαρβίνου είχαν έντονες αν και διαφορετικές απόψεις για το βιβλίο του στα πρώτα χρόνια κυκλοφορίας του.

«Πόσο απίστευτα ανόητο να μην το έχει σκεφτεί κανείς αυτό!»

Thomas Huxley, φυσιοδίφης

«Άνοιξε το δρόμο για μια έρευνα γεμάτη υποσχέσεις, τα αποτελέσματα της οποίας δεν μπορεί κανείς να προβλέψει».

John Stuart Mill, φιλόσοφος

«Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα σημεία του βιβλίου του κ. Δαρβίνου είναι εκείνο στο οποίο καθιερώνει το νόμο της φυσικής επιλογής. Και λέμε «καθιερώνει» επειδή – επαναλαμβάνουμε ότι διαφέρομε από εκείνον ως προς τα όρια εφαρμογής του νόμου – δεν αμφιβάλουμε για την ύπαρξη ή τη σημασία του ίδιου του νόμου».

Επίσκοπος Samuel Wilberforce

«Είναι εκπληκτικό το πώς ο Δαρβίνος ανακαλύπτει εκ νέου, ανάμεσα στα ζώα και στα φυτά, την κοινωνία της Αγγλίας με τον καταμερισμό της εργασίας, το άνοιγμα νέων αγορών, τις "εφευρέσεις" και την Μαλθουσιανή "πάλη για την ύπαρξη"».

Καρλ Μαρξ, πολιτικός θεωρητικός



Σύγχρονη γελοιογραφία του Τόμας Χένρι Χάξλεϊ (1825-95).

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.

«Οι πιο σημαντικές αρχικές παρατηρήσεις, που καταγράφηκαν στο βιβλίο του 1859, είναι για εμάς το πραγματικό του επίτευγμα – είναι πράγματι λίγες και ξεχωριστές, αφήνοντας τον καθορισμό της καταγωγής των ειδών πολύ κοντά στο σημείο όπου τη βρήκε ο συγγραφέας.»

Sir Richard Owen, φυσιοδίφης

Τι άλλο μπορούμε να πιστέψουμε από το ότι η θεωρία του Δαρβίνου αποτελεί εξαιρετική και πειστική υπόθεση, στην οποία θα επιστρέφουν οι μελλοντικοί φυσιολόγοι με το είδος του θαυμασμού που τρέφουμε για τα άτομα του Λουκρήτιου, ή τις κρυστάλλινες σφαίρες του Εύδοξου, και περιέχει όπως και οι προαναφερθείσες θεωρίες αμυδρές ελπίδες, σηματοδοτώντας ευθύς εξαρχής την άγνοια της εποχής και την ικανότητα του φιλοσόφου.»

Henry Charles Fleeming Jenkin, μηχανικός

«Διάβασα το βιβλίο σας περισσότερο νιώθοντας πόνο παρά ευχαρίστηση.

Κάποια σημεία του τα θαύμασα, με κάποια άλλα σημεία του ξεκαρδίστηκα στα γέλια, άλλα σημεία τα διάβασα με απόλυτη λύπη επειδή πιστεύω ότι είναι εντελώς λανθασμένα και σοβαρά επιβλαβή.»

Adam Sedgwick, γεωλόγος

Είχαμε μια σημαντική συνάντηση στο Norwich και ο αγαπητός και ηλικιωμένος Hooker βγήκε έξω με τόση φόρα όπως κάνει συνήθως σε περιπτώσεις ανάγκης. Το μόνο λάθος ήταν ο απαίσιος Δαρβινισμός, ο οποίος διαδόθηκε στο τμήμα μας και εμφανιζόταν όταν δεν το περίμενες, ακόμα και στην διάλεξη του Φέργκιουσον για τους «Ναούς του Βούδα». Θα χαρούμε να δούμε τις ιδέες σας να θριαμβεύουν όσο ζείτε.»

Thomas Huxley, φυσιοδίφης



Sir Richard Owen (1804–92).

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Adam Sedgwick (1785–1873).

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



Henry Charles Fleeming Jenkin (1833–85).

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



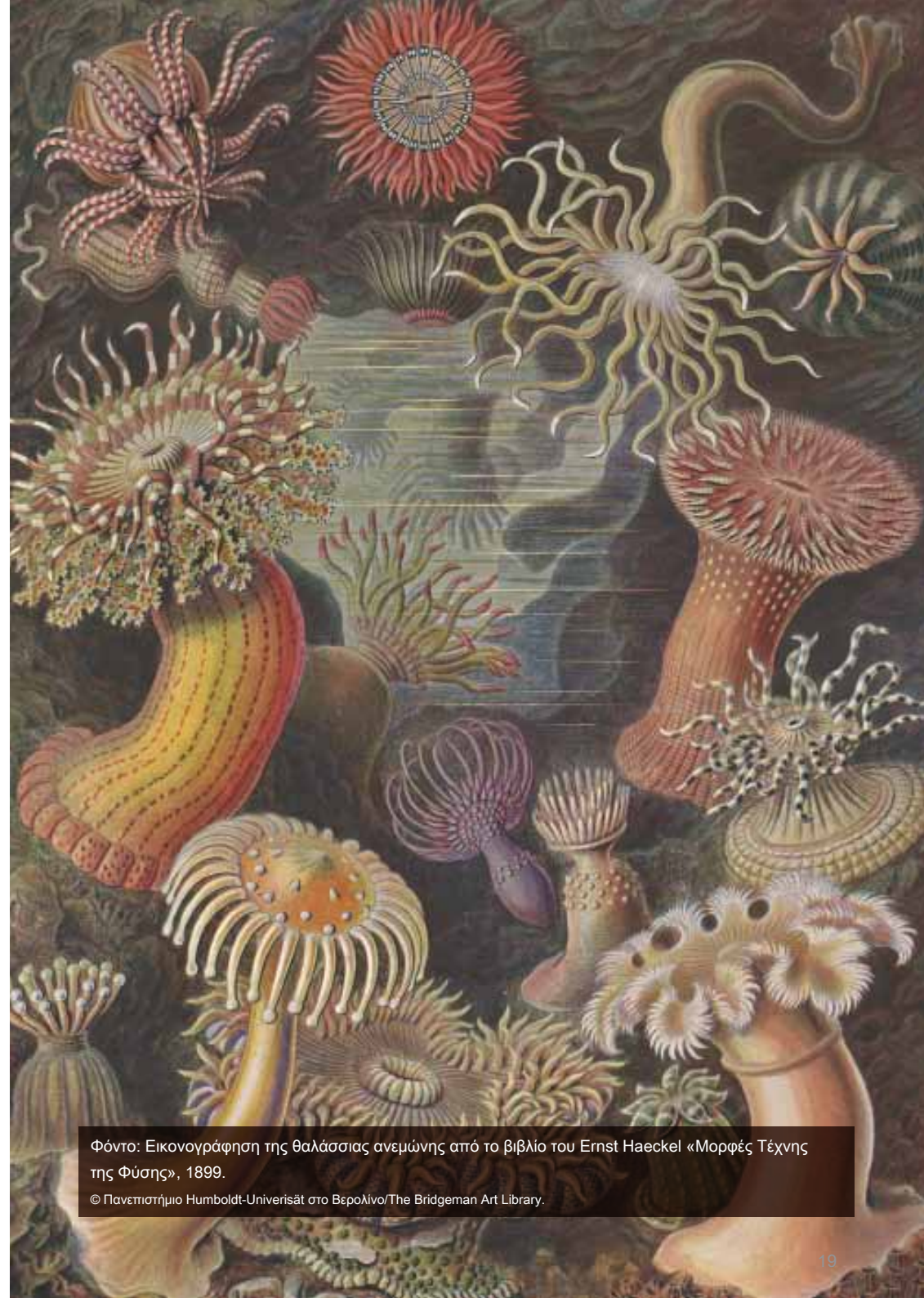
Επίσκοπος Samuel Wilberforce (1805–73).

© Julia Margaret Cameron, βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



Λιθογραφία του Καρλ Μαρξ (1818–83).

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



Φόντο: Εικονογράφηση της θαλάσσιας ανεμώνης από το βιβλίο του Ernst Haeckel «Μορφές Τέχνης της Φύσης», 1899.

© Πανεπιστήμιο Humboldt-Universität στο Βερολίνο/The Bridgeman Art Library.

5

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ - ΤΟΤΕ

Η «Καταγωγή των Ειδών» έπεισε πολλούς αναγνώστες ότι η εξέλιξη υφίσταται επειδή ο Δαρβίνος ανέπτυξε επιχειρήματα, υπέρ και κατά, με μεγάλη ακρίβεια. Επίσης, τα παρουσίασε παραθέτοντας μια πληθώρα διαφορετικών στοιχείων.

Ο Δαρβίνος παρουσίασε την τεράστια ποικιλία των έμβιων οργανισμών. Περιέγραψε την εξίσου εκπληκτική παραλλαγή εντός των μεμονωμένων ειδών που προκλήθηκε από τους ανθρώπους που ήλεγχαν την εκτροφή σκύλων, αλόγων, περιστεριών ή βοοειδών. Επίσης, μίλησε για την βραδεία εμφάνιση – και εξαφάνιση – των ειδών όπως προκύπτει από την αποτύπωση των απολιθωμάτων στους βράχους.

Τα σημαντικά στοιχεία προέκυψαν από προσεκτικές συγκρίσεις. Η σύγκριση απολιθωμάτων διαφόρων περιόδων έδειξε τη σταδιακή αλλαγή με το πέρασμα του χρόνου. Η σύγκριση των σχεδίων του σώματος και της μορφολογίας των οστών των διάφορων έμβιων οργανισμών έδειξε πώς συνδέονται χάρη στην κοινή προέλευση. Η σύγκριση αναπτυσσόμενων εμβρύων έδειξε πόσο όμοια φαίνονταν είδη που εξ όψεως έδειχναν διαφορετικά όταν βρίσκονταν στα πρώιμα

στάδια ανάπτυξης.

Υπήρξε επίσης μια ακόμα σειρά στοιχείων, που απασχολούσε πολύ τον Δαρβίνο γιατί του θύμιζε πράγματα που είχε δει με τα ίδια του τα μάτια στα νεανικά του ταξίδια. Η κατανομή των ειδών από διάφορες κατηγορίες, σε πολλές χώρες, ταίριαζαν στη νέα του άποψη για την μακρά ιστορία της Γης και στη δύναμη της παραλλαγής να δημιουργεί βραδείες αλλαγές των έμβιων οργανισμών.

Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο σε αυτό το σημείο ήταν η ζωή στα νησιά, όπως στο Αρχιπέλαγος Γκαλαπάγκος. Τα είδη που βρέθηκαν σε ίδια περιβάλλοντα στην ηπειρωτική χώρα και μπορούσαν να αναπτυχθούν σε νησιά συνήθως δεν υπήρχαν – αυτό παρέπεμπε στο ότι τα είδη που έμεναν στα νησιά δεν δημιουργήθηκαν εκεί, αλλά με κάποιο τρόπο στο παρελθόν κατάφεραν να αποικίσουν τα νησιά από την ηπειρωτική χώρα.



Η orchidea (*Angraecum sesquipedale*) από τη Μαδαγασκάρη έχει ένα μίσχο 25-30 εκ. Ο Δαρβίνος θεωρούσε ότι ο επικονιαστής πρέπει να έχει μια προβοσκίδα τόσο μακριά ώστε να φτάνει το νέκταρ. Η νυχτοπεταλούδα ταυτολογήθηκε πάνω από 40 χρόνια μετά το θάνατο του Δαρβίνου.

© Peter Whitehead and Colin Keates, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Εικονογράφηση της γνάθου των βραχύποδων (*Mylodon darwini*). Όταν ήταν στη Βραζιλία, ο Δαρβίνος ανακάλυψε το απολιθώμα των βραχυπόδων – το οποίο εξαφανίστηκε πριν από 10000 χρόνια περίπου.

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Σπάνιο απολιθώμα του Αρχαιοπτερυγα (*Archaeopteryx lithographica*), της πιο πρώιμης και πιο πρωτόγονης γνωστής μορφής πτηνού. Το 1868 ο Τόμας Χάξλεϋ, «το μπουλντόγκ του Δαρβίνου», ήταν ο πρώτος που είπε ότι τα πτηνά αποτελούσαν εξέλιξη των δεινοσαύρων.

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Εικονογράφηση της νυχτοπεταλούδας (*Xanthopan morgani praedicta*) που τρέφεται από την orchidea (*Angraecum sesquipedale*) της Μαδαγασκάρης.

© Εικονογράφηση από την Emily Damstra. Προσφορά του Ιδρύματος Smithsonian Institution.



Κουτί που περιέχει απολιθώματα που συλλέχθηκαν από το Δαρβίνο κατά τη διάρκεια των ταξιδιών του με το HMS Beagle.

© Μουσείο των Επιστημών της Γης Sedgwick, Πανεπιστήμιο του Καίμπριτζ. Άδεια αναπαραγωγής.



Φόντο: Λεπτομερής απεικόνιση του κέντρου ενός αμμωνίτη.

© Helen Cowdy, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.

6

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ - ΤΩΡΑ

«Όταν συλλάβουμε ότι κάθε δημιουργήμα της φύσης έχει πίσω του μια ιστορία, όταν αντιληφθούμε κάθε σύνθετη δομή και ένστικτο ως σύνοψη πολλών επινοήσεων, η κάθε μια χρήσιμη στον κάτοχό της, σχεδόν με τον ίδιο τρόπο όπως όταν εξετάζουμε οποιαδήποτε μεγάλη μηχανολογική εφεύρεση, ως τη σύνοψη του μόχθου, της πείρας, της λογικής, ακόμα και των λαθών των πολλών εργατών που δούλεψαν γι' αυτή, όταν λοιπόν αντιμετωπίσουμε κάθε οργανική ύπαρξη κατ' αυτό τον τρόπο, πόσο πιο ενδιαφέρουσα, και μιλάω εκ πείρας, θα γίνει η μελέτη της φυσικής ιστορίας!»

Η καταγωγή των ειδών, Κεφάλαιο 14.

Τα ψάρια-ζέβρες (*Danio rerio*) χρησιμοποιούνται πλέον ως οργανισμός-μοντέλο από τους γενετιστές για να εξετάσουν τις θεωρίες τους περί κληρονομικότητας και λειτουργίας των γονιδίων.

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



Όμως, υπάρχουν ακόμα πιο εντυπωσιακά στοιχεία για την εξέλιξη, που προκύπτουν από τις σύγχρονες βιολογικές ανακαλύψεις, τα οποία ο Δαρβίνος αγνοούσε. Τα περισσότερα από αυτά προέρχονται από την μελέτη του δεσοξυριβονουκλεϊκού οξέως ή DNA, του υλικού που είναι υπεύθυνο για την κληρονομικότητα και συνεπώς την πρώτη ύλη για την εξέλιξη.

Μια προσεκτική εξέταση του DNA αποκαλύπτει νέα στοιχεία για το πώς συνδέονται τα διάφορα είδη. Τα γονίδια ως βασικά συστατικά στοιχεία των κυττάρων έχουν διατηρηθεί στο πέρασμα του χρόνου – οι περισσότερες παραλλαγές έχουν αποκλειστεί εξαιτίας της φυσικής επιλογής καθώς είναι επιβλαβείς. Η αλληλουχία του ίδιου γονιδίου σε πολλά είδη αποκαλύπτει ότι υπάρχει ένα σαφές πρότυπο προέλευσης που τροποποιείται. Όσο μεγαλύτερο είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο δύο είδη είχαν κοινό πρόγονο, τόσο περισσότερες θα είναι οι μικρές διαφορές στα γονίδιά τους. Έτσι, λοιπόν, η ανθρωπίνη εκδοχή ενός

γονιδίου θα μοιάζει περισσότερο με την εκδοχή ενός χιμπατζή από αυτήν του ποντικού ή του ψαριού, η εκδοχή του ποντικού θα μοιάζει περισσότερο με αυτή του αρουραίου.

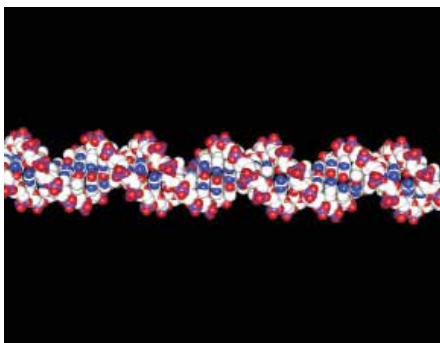
Τα ίχνη αυτά των παρελθοντικών αλλαγών μπορούν σήμερα να χαρτογραφηθούν λεπτομερώς. Επιπλέον, η εξέλιξη είναι ακόμα και σήμερα σε περίοπτη θέση.

Η εξάπλωση των βακτηριδίων που μπορούν να αντισταθούν στα αντιβιοτικά είναι ένα καλό παράδειγμα πραγματοποίησης της εξέλιξης. Όταν επιδρούν οι χημικές ουσίες, τα βακτήρια που μπορούν να επιβιώσουν από την επίδρασή τους θα αναπαραχθούν όταν πεθάνουν τα άλλα βακτήρια. Καθώς τα βακτηρίδια αναπαραγονται γρήγορα και διαθέτουν επιπλέον μεθόδους για να μεταδώσουν τα γονίδια μεταξύ τους, η αντίσταση μπορεί εύκολα να μεταδοθεί γρηγορότερα από το να φτιάξουν οι επιστήμονες καινούρια αντιβακτηριδιακά φάρμακα.



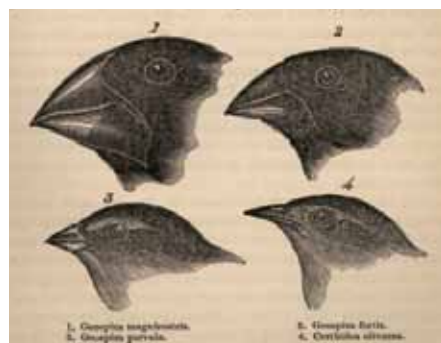
Το άγριο είδος της μύγας των φρούτων (*Drosophila melanogaster*) – αυτή η μύγα χρησιμοποιείται από τις αρχές του 20ου αιώνα ως πειραματικό μοντέλο οργανισμού από τους γενετιστές.

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



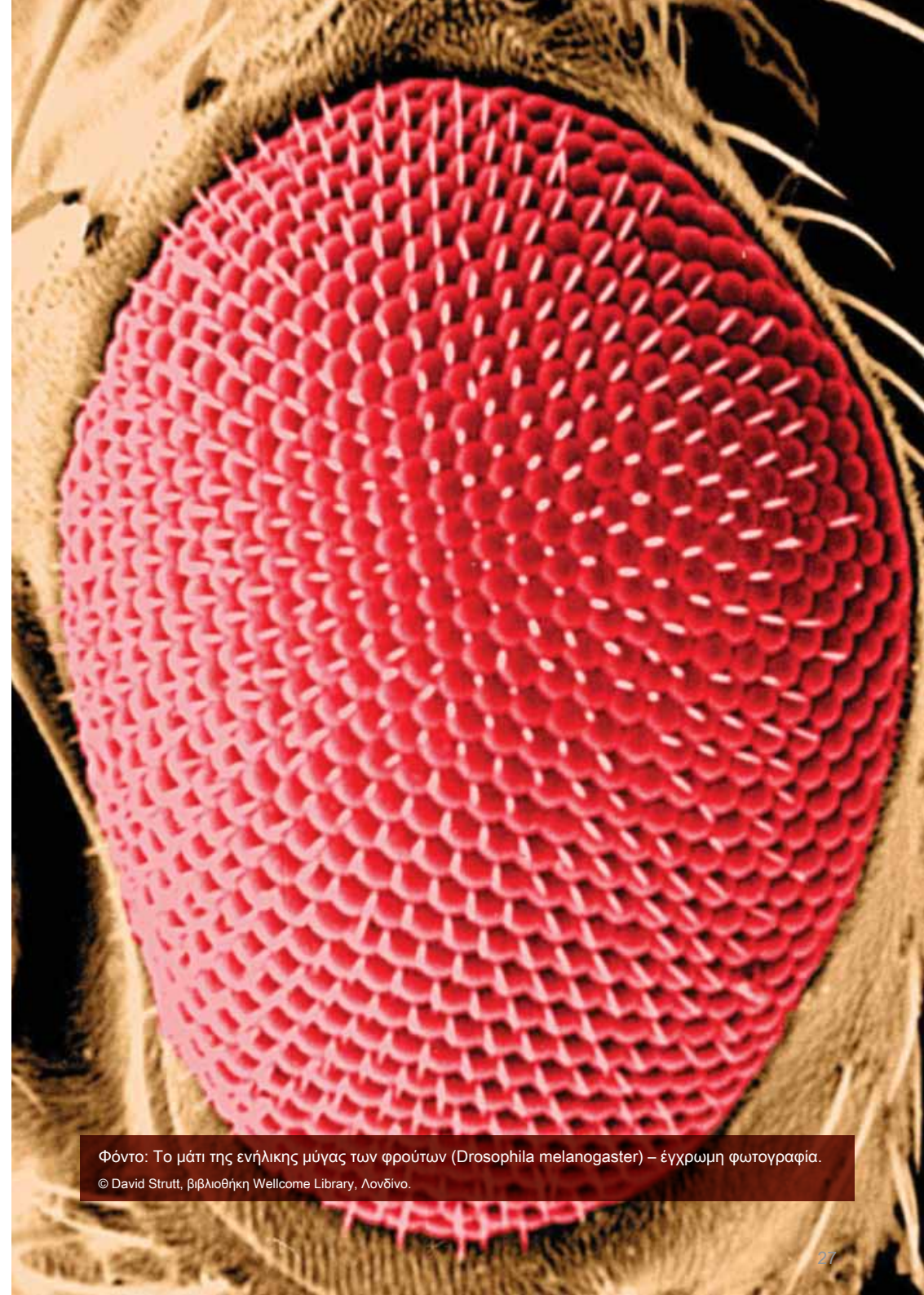
Μοριακό μοντέλο μιας μικρής αλυσίδας DNA διπλής έλικας που παρήχθη από τα δεδομένα περιθλασης ακτίνων Χ.

© Βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.



Τέσσερα είδη σπίνων των Νησιών Γκαλαπάγκος με διαφορετικά ράμφη από το “Journal of Researches” (1839) του Δαρβίνου.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).



Φόντο: Το μάτι της ενήλικης μύγας των φρούτων (*Drosophila melanogaster*) – έγχρωμη φωτογραφία.

© David Strutt, βιβλιοθήκη Wellcome Library, Λονδίνο.

7

ΠΩΣ ΠΡΟΚΑΛΕΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗ ΘΡΗΣΚΕΙΑ;

Το επικό σάρωμα της εξελικτικής ιστορίας της ζωής αποτελεί έμπνευση για πολλούς. Όπως το θέτει ο Βρετανός παλαιοντολόγος Simon Conway Morris: «Η εξέλιξη ανακαλύπτει το τραγούδι της δημιουργίας».

Ο Conway Morris είναι επιστήμονας και Χριστιανός και πιστεύει ότι η κάθε άποψη εμπλουτίζει την άλλη. Η αφοσίωσή του στο Δαρβινισμό τονίζει την πεποίθησή του ότι η αντίθεση που υπάρχει ανάμεσα στην επιστήμη και τη θρησκεία δεν είναι απλή.

Η ιδέα ότι η θεωρία του Δαρβίνου διαψεύδει τη θρησκεία προέκυψε επειδή, εν μέρει, αποτέλεσε την επιστημονική απάντηση σε κάποια ερωτήματα – όπως το πώς εμφανίστηκαν τα είδη – τα οποία κατά παράδοση είχαν αναλυθεί με θρησκευτικές ερμηνείες.

Η επιστήμη και η θρησκεία είναι δυναμικά σύνολα ιδεών. Καθεμιά σέβεται τα βασικά κείμενα. Όπως

συμβαίνει με όλα τα βιβλία, τα κείμενα αυτά μπορούν να αναγνωστούν με διαφορετικό τρόπο. Οι πεποιθήσεις που προκύπτουν από αυτά ίσως να παρουσιάζονται αντιφατικά κατά καιρούς αλλά, σε ένα βαθμό, αυτό εξαρτάται από το πώς ερμηνεύονται.

Μερικοί Βικτωριανοί που διάβασαν τη θεωρία του Δαρβίνου, για παράδειγμα, προσβλήθηκαν επειδή η τελευταία καταργούσε το ρόλο του Δημιουργού στη γένεση των μεμονωμένων ειδών. Οι άνθρωποι που εξακολουθούν να πιστεύουν ότι οι έμβιοι οργανισμοί προέρχονται από συγκεκριμένες πράξεις θεϊκής δημιουργίας δυσκολεύονται να πιστέψουν τις νέες εκδοχές της θεωρίας της εξέλιξης.

Ωστόσο, αυτό αποτελεί μόνο μια ερμηνεία του ρόλου του Δημιουργού στον κόσμο. Η θεωρία του Δαρβίνου για τα είδη δεν μιλάει για την πρώτη εμφάνιση της ζωής – ή για την προέλευση του σύμπαντος. Είναι απόλυτα πειστικό να υποστηρίξει κανείς μια επιστημονική άποψη για το πώς οι φυσικοί νόμοι επέτρεψαν στο σύμπαν και τη ζωή να αναπτυχθεί και να πιστεύει ότι μια θεότητα θέσπισε αυτούς τους νόμους.

Ο πιο ένθερμος υποστηρικτής του Δαρβίνου, ο επιστήμονας Τόμας Χένρι Χάξλεϋ, δημιούργησε τη λέξη «αγνωστικισμός». Περιέγραφε τη δική του άποψη ότι, όταν φτάνει κανείς τα όρια της λογικής, η καλύτερη προσέγγιση για τα αναπάντητα

ερωτήματα είναι να έχει κανείς ανοιχτό μυαλό.

Ακόμα και χωρίς την επίσημη θρησκευτική πεποίθηση, οποιοσδήποτε σκεφτεί τι αποκαλύπτει η επιστήμη για την ποικιλία και την περιπλοκότητα της ζωής είναι βέβαιο ότι θα νιώσει τη δύναμη μιας από τις παγκόσμιες πηγές πνευματικότητας – την αίσθηση του θαύματος.

8

ΠΩΣ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΤΑ ΝΕΑ ΕΙΔΗ;



Πλάκα που δείχνει τέσσερις μορφές *Heliconius numata*, δύο μορφές *Heliconius melipotene* και τις δύο αντίστοιχες μιμητικές μορφές *Heliconius erato* τονίζοντας την ποικιλία στα σχέδια και την μίμηση στις πεταλούδες *Heliconius*.

© Αυτή η εικόνα δημοσιεύθηκε στη Δημόσια Βιβλιοθήκη του περιοδικού Science.

Ο Δαρβίνος προσέφερε μια θεωρία για να εξηγήσει πώς αλλάζει το ένα είδος σε ένα άλλο είδος. Αυτό σημαίνει εξέλιξη. Η αποδοχή της θεωρίας του σήμαινε την ανατροπή των παλαιότερων απόψεων που θεωρούσαν τα είδη ως μεμονωμένες κατηγορίες που παραμένουν για πάντα ίδιες. Παρόλο που η θεωρία του έπεισε τους βιολόγους ανά τον κόσμο, ήγειρε επίσης ερωτήματα που ακόμα εξετάζονται.

Ένα από αυτά τα ζωτικά για τους βιολόγους ερωτήματα ήταν το πώς ακριβώς η αλλαγή εντός ενός πληθυσμού οδηγεί σε αναγνωρίσιμα διαφορετικά είδη.

Ένας πιθανός λόγος είναι ο διαχωρισμός. Όταν για παράδειγμα διαχωρίζεται ένα μέρος του πληθυσμού – ας πούμε με μια οροσειρά, ένα ποτάμι ή ένα θαλάσσιο κανάλι – και αν το εμπόδιο διατηρηθεί για αρκετό χρονικό διάστημα, οι δύο πληθυσμοί θα αλλάξουν τόσο ώστε να μην μπορούν να διασταυρωθούν. Αυτό θεωρείται συχνά ως απαραίτητη προϋπόθεση ώστε δύο πληθυσμοί παρόμοιων ειδών να ταξινομηθούν ως διαφορετικά είδη. Ωστόσο, δεν είναι η μόνη και δεν ισχύει πάντα.

Μια άλλη πιθανότητα, η οποία έχει τραβήξει την προσοχή τις τελευταίες δύο ή τρεις δεκαετίες, είναι ότι οι υποπληθυσμοί, οι οποίοι δεν διακρίνονται φυσικά, μπορούν με άλλους τρόπους να απομακρυνθούν από βιολογική άποψη.

Οι γενετικές αλλαγές δημιουργούν μικρές διαφορές στη συμπεριφορά – όπως για παράδειγμα διατροφικές συνήθειες ή προτιμήσεις για το ζευγάριμα – που μπορούν να αυξηθούν. Με το πέρασμα του χρόνου, αυτό οδηγεί σε αποκλίνοντες τρόπους ζωής χωρίς φυσικό διαχωρισμό.

Ο Καθηγητής Jim Mallet από το Πανεπιστημιακό Κολλέγιο του Λονδίνου ερευνά πώς αυτό μπορεί να ισχύσει σε μια σειρά ιδιαίτερα συναφών ειδών της τροπικής πεταλούδας *Heliconius*. Τα χρώματα και τα σχήματα στα φτερά της πεταλούδας αλλάζουν εύκολα. Αυτό από μόνο του δεν οδηγεί στη δημιουργία νέων ειδών. Μερικές πεταλούδες εκκρίνουν χημικές ουσίες με αποκρουστική γεύση για τα πουλιά που τρώνε πεταλούδες. Επίσης, ανακάλυψε ότι οι αρσενικές πεταλούδες προτιμούν περισσότερο τις θηλυκές που έχουν παρόμοια φτερά με τα δικά τους. Με την επίδραση των χαρακτηριστικών αυτών προκύπτουν νέα είδη που δεν μπορούν πλέον να διασταυρωθούν μεταξύ τους.

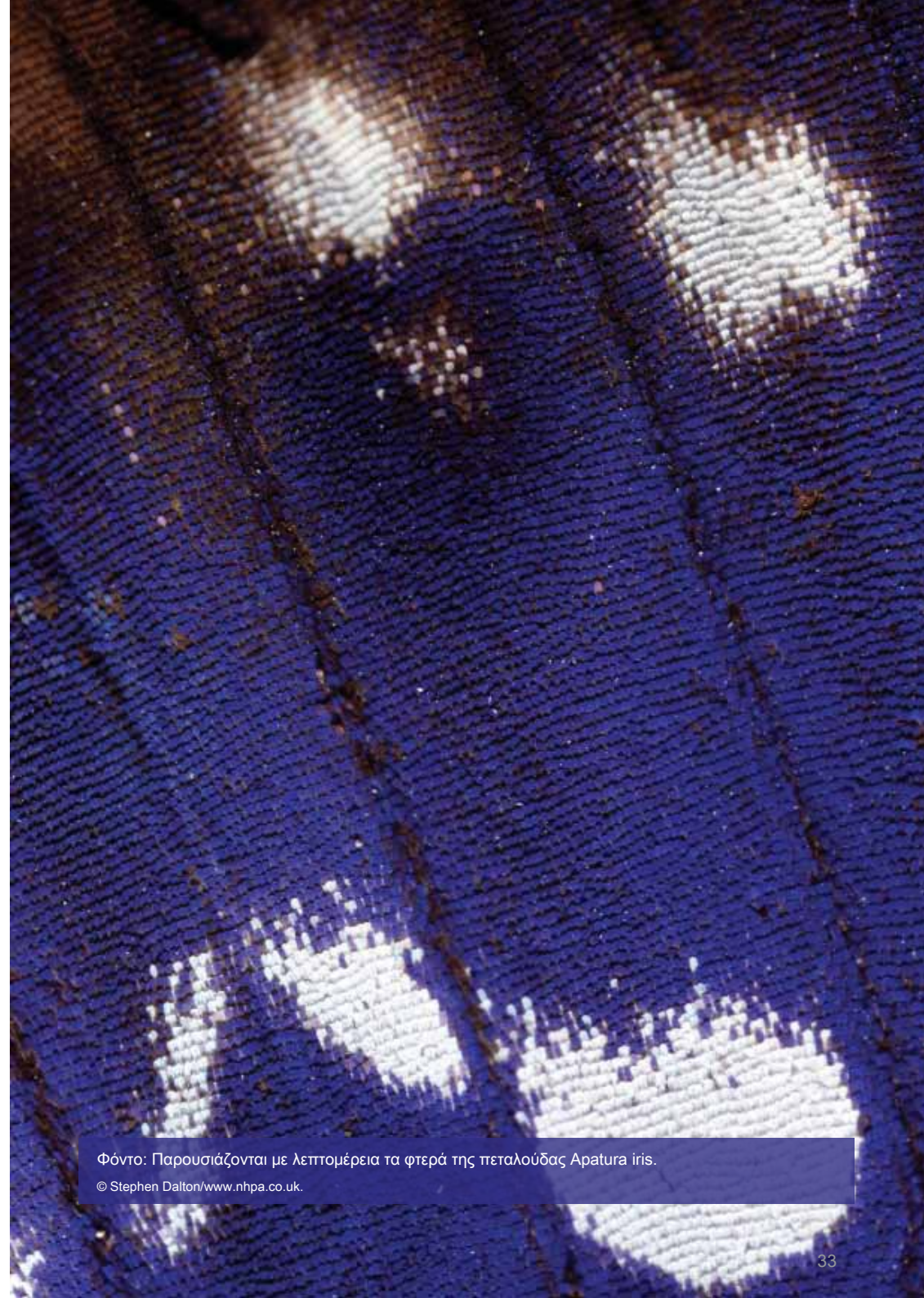


Αριστερά: Εικονογράφηση του κότσυφα (*Mimus melatonicus*) στα νησιά Γκαλαπάγκος. Παραλλαγές ανάμεσα στους κότσυφες στο Αρχιπέλαγος Γκαλαπάγκος τράβηξαν την προσοχή του Δαρβίνου για την κατανομή των ειδών στο νησί.

Ανατύπωση με την άδεια του εκδότη John van Wyhe, Το Πλήρες Έργο του Κάρολου Δαρβίνου στο Διαδίκτυο (<http://darwin-online.org.uk>).

Κάτω: Το Αρχιπέλαγος Γκαλαπάγκος.

© Alexander Deursen.



Φόντο: Παρουσιάζονται με λεπτομέρεια τα φτερά της πεταλούδας *Aratura iris*.

© Stephen Dalton/www.nhpa.co.uk.

9

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ

Η θεωρία του Δαρβίνου περί κοινής καταγωγής είχε μια εκπληκτική εφαρμογή: «Οι άνθρωποι δεν διαχωρίζονται από την υπόλοιπη φύση. Κι όμως είμαστε εμφανώς τόσο διαφορετικοί από άλλα είδη. Η εξελικτική θεωρία είναι προϊόν του ανθρώπινου πολιτισμού, γεγονός που από μόνο του αποτελεί ένδειξη αυτής της διαφοράς».

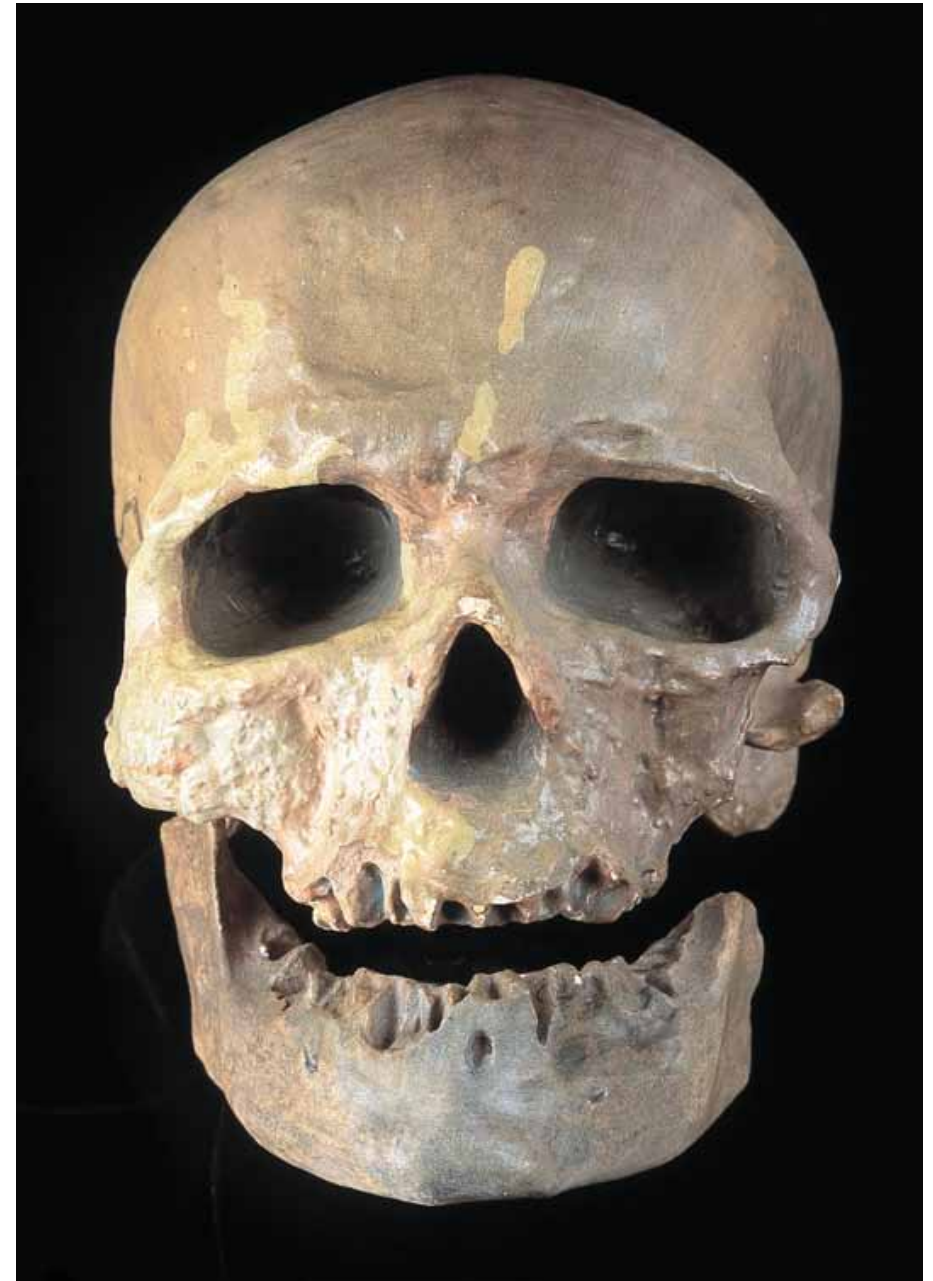
Η ερμηνεία της εμφάνισης της ανθρωπίνης συνείδησης και του πολιτισμού αποτελεί ακόμα πρόκληση για τους ερευνητές σε πολλούς τομείς. Τώρα μπορούμε να συγκρίνουμε ολόκληρες τις αλληλουχίες των ανθρώπων και των στενών εν ζωή συγγενών μας, των χιμπατζήδων. Αυτό δίνει στοιχεία για τα οποία οι αλλαγές στο DNA ήταν σημαντικές για την παραγωγή προεξαρχόντων ανθρωπίνων χαρακτηριστικών. Ο μεγενθυμένος μας εγκέφαλος, το στητό περπάτημα και η χρήση της γλώσσας θα πρέπει να άρχισαν με γενετικές μεταλλάξεις που δεν έχουν αποσαφηνιστεί ακόμα.

Αυτές οι γενετικές μελέτες συνδυάζονται με αναλύσεις από άλλα ίχνη από το παρελθόν για να δώσουν μια εικόνα των πιο σύγχρονων εξελίξεων στον ανθρώπινο πολιτισμό – όπως για παράδειγμα, την κατασκευή εργαλείων.

Η λεπτομερής εξέταση των λίθινων εργαλείων από πολλούς αρχαιολογικούς χώρους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χαρτογράφηση μίας νέου είδους σταδιακής

αλλαγής – την πολιτιστικής εξέλιξης. Ο Robert Foley, Διευθυντής του Leverhulme Centre for Human Evolutionary Studies στο πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ, τονίζει ότι οι αλλαγές στα εργαλεία μπορούν να εξηγηθούν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Καταρχήν, ίσως να ήταν ένα αρχείο για την εξέλιξη και την μετανάστευση των ομάδων που χρησιμοποιούσαν διάφορες τεχνικές για να φτιάξουν γλυπτά από τους πυρόλιθους τους. Κατά δεύτερον, οι διαφορές μπορεί να αφορούν περισσότερο στις απαντήσεις των ομάδων με παρόμοιες δεξιότητες σε διαφορετικά περιβάλλοντα ή στο είδος των πετρωμάτων που μπορούσαν να βρουν. «Τόσο η ιστορία όσο και η οικολογία είναι σημαντικές, καθώς συμβαίνει με τα πιο εξελικτικά προβλήματα», λέει.

Μετά ακολουθεί ένα πιο θεωρητικό τμήμα της ιστορίας – ο καθορισμός του τι υπονοεί η χρήση αυτών των τεχνικών για τις νοητικές διεργασίες των διαφόρων χρηστών των εργαλείων και των συστημάτων σχεδιασμού, συνεργασίας και επικοινωνίας.



Πρόσθια θέα μιας κάστας κρανίου που ανήκε στον Homo sapiens Le Vieillard, ενήλικα άντρα 45 περίπου χρονών.

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Αριστερά: Τσεκούρι από πυριτόλιθο της όψιμης Παλαιολιθικής περιόδου στην Αγγλία.

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.

Κάτω: Από τα αριστερά προς τα δεξιά:
Australopithecus africanus; *Homo rudolfensis*;
Homo erectus; *Homo heidelbergensis*;
Homo neanderthalensis; και *Homo sapiens*.
Ταξινομημένα με χρονολογική σειρά αυτά τα δείγματα (κάστες) εικονογραφούν την ανθρώπινη εξέλιξη.

© Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο.



Φόντο: Ένας χιμπατζής χρησιμοποιεί ένα μίσχο από το γρασίδι ως εργαλείο για να ψαρέψει τερμίτες.

© Clive Bromhall/www.osfimages.com.

10

ΠΩΣ ΕΞΕΛΙΧΘΗΚΕ Η ΜΟΥΣΙΚΗ;

Όπου υπάρχουν άνθρωποι, υπάρχει μουσική. Αλλά πώς εξελίχθηκε η δημιουργία της μουσικής; Ο Δαρβίνος έθεσε το ερώτημα αλλά δεν βρήκε απάντηση. Η δυσκολία ήταν στο να καθορίσει το ωφέλιμο που έχει ο ίδιος ο δημιουργός της μουσικής από το δημιούργημά του.



Καμπάνες στο πόδι ενός κλασικού Ινδιάνου χορευτή.

© Francois Boutemy.

Ο λόγος και η μουσική περιλαμβάνουν ήχο. Ποιο εμφανίστηκε πρώτο – η μουσική ή η γλώσσα – παραμένει ασαφές. Οι επιστήμονες μπορούν να μελετούν τις αλλαγές στη φωνητική οδό καθώς εξελίσσονταν οι πρώτοι άνθρωποι αλλά οι ήχοι που έβγαζαν δεν αφήνουν σημάδια. Οι μελέτες στον σύγχρονο εγκέφαλο δείχνουν ότι μερικές περιοχές του εμπλέκονται τόσο στην κατανόηση της γλώσσας όσο και στην ερμηνεία της μουσικής. Παρόλα αυτά, υπάρχουν άνθρωποι που δεν μπορούν να διακρίνουν διαφορές στους μουσικούς τόνους και μιλούν συνεχώς.

Κάποιοι θεωρητικοί του Δαρβινισμού, όπως ο ψυχολόγος από το Χάρβαρντ Steven Pinker, έδειξαν ότι η μουσική είναι ένα τυχαίο συμβάν, όχι προσαρμογή. Ικανοποιεί τα αυτιά μας με τον ίδιο τρόπο που ικανοποιεί τη γεύση μας ένα κομμάτι κέικ.

Άλλοι, οπαδοί του Δαρβίνου, πιστεύουν ότι η φυλετική επιλογή είναι σημαντική. Ο Geoffrey Miller από το Πανεπιστήμιο του Νέου Μεξικού θεωρεί ότι η μουσική καθοδηγείται από

την επιλογή για ζευγάρωμα. Απλά, η μουσική παράσταση είναι σαν την ερωτοτροπία που παρατηρείται σε πολλά άλλα είδη.

Ο Steven Mithen από το Πανεπιστήμιο του Reading της Αγγλίας πρόβαλλε πρόσφατα μια διαφορετική άποψη. Χρησιμοποιώντας την αρχαιολογία, στοιχεία από απολιθώματα και μελέτες του εγκεφάλου, των γονιδίων, της γλώσσας και της μουσικής σε πολλούς πολιτισμούς θεωρεί ότι η μουσική και η γλώσσα προέκυψαν από κάποιον κοινό πρόδρομο – μια χρήση του ήχου που έμοιαζε με μουσική – την οποία χρησιμοποιούσαν οι πρόγονοί μας για να επικοινωνήσουν. Αυτές οι περίπλοκες κραυγές μπορεί να χρησιμοποιούνταν σε παιδικά νανουρίσματα ή ως μέρος πανηγυρισμών της ομάδας. Θεωρεί επίσης ότι οι ομάδες που δημιούργησαν αυτή τη χρήση του ήχου είχαν περισσότερους απογόνους και γι' αυτό υπάρχει και σήμερα η δημιουργία της μουσικής. Ωστόσο, αυτός ο τρόπος παραγωγικής επιτυχίας είναι πολύ πιο σύνθετος από την απλή επιλογή ζευγαρώματος.



Πάνω αριστερά: Μουσικός από το Μπενίν με φλάουτο και ένα μικρό κρουστό όργανο.

© Peeter Viisimaa.

Πάνω: Ναυτική ορχήστρα που παίζει γκάντες.

© Joseph Luoman.

Αριστερά: Κορίτσια που παίζουν κινέζικα ντραμς.

© Jorge Delgado.

Κάτω: Γυναίκες που παίζουν το παραδοσιακό ιαπωνικό όργανο, το *κατο*.

© Radu Razvan.



Φόντο: Σελίδα με μουσικές παρτιτούρες.

© Peter Zelei.

11

ΠΩΣ ΕΞΕΛΙΣΣΟΝΤΑΙ ΤΑ ΓΟΝΙΔΙΩΜΑΤΑ;

Η γενετική αλλαγή είναι η κινητήρια δύναμη της εξέλιξης. Μια απλή αλλαγή στην αλληλουχία ενός γονιδίου του DNA μπορεί είτε να μην έχει επιπτώσεις, είτε να είναι καταστροφική, έχοντας ως αποτέλεσμα ένα επιβλαβές πρωτεϊνικό μόριο, και περιστασιακά, μπορεί να παρουσιάσει πλεονέκτημα.

Η ιστορία περιπλέκεται περισσότερο κατά τον 21ο αιώνα. Οι βιολόγοι εξετάζουν τώρα ολόκληρα τα γονιδιώματα – ολόκληρη την «βιβλιοθήκη» του DNA σε κάθε κύτταρο του οργανισμού.

Το ανθρώπινο γονιδίωμα για παράδειγμα έχει 3.400.000.000 «γράμματα» DNA που είναι γνωστά ως βάσεις και χημικά χαρακτηρίζονται με τα γράμματα C, A, T ή G. Ωστόσο, περίπου τα 25.000 γονίδια απασχολούν λιγότερο από 2% αυτού του τεράστιου συνόλου. Άρα, τι κάνει το υπόλοιπο DNA;

Ίσως να είναι «άχρηστο» - ένα είδος ακίνδυνου μοριακού παρασίτου. Αν ίσχυε αυτό, οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν στην πλειοψηφία των γονιδιωμάτων θα ήταν απαραίτητες αλλά εμείς τώρα ξέρουμε ότι διατηρούνται μεγάλα τμήματα αυτών των αλληλουχιών. Η φυσική επιλογή αποκλείει τις τυχαίες αλλαγές στο DNA άρα θα πρέπει να χρησιμοποιείται για κάτι.

Καθώς η μελέτη πάνω σ' αυτό συνεχίζεται, άλλες μελέτες για τα γονιδιώματα έχουν ρίξει φως σε ευρύτερους μηχανισμούς εξέλιξης. Το «άχρηστο» DNA μπορεί να περιέχει μη λειτουργικά γονίδια – ένα είδος γενετικού απολιθώματος – ή ίσως να περιέχει αντίγραφα σημαντικών γονιδίων. Αν υπάρχει κάποιο επιπλέον αντίγραφο ενός τέτοιου γονιδίου, δεν πειράζει αν ενισχυθούν σταδιακά οι μεταλλάξεις. Αυτό σημαίνει ότι ο οργανισμός μπορεί να πειραματιστεί με διαφοροποιημένες μορφές του γονιδίου που ίσως με τη σειρά τους βρουν εντελώς νέες χρήσεις. Πολύ πιο σπάνια, λάθη που γίνονται κατά την αντιγραφή μπορούν να οδηγήσουν σε αντιγραφή ολόκληρου του γονιδιώματος. Αυτό φαίνεται να έχει γίνει αρκετές φορές, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των ειδών με κορμό. Μερικές έρευνες θεωρούν – σε αντίθεση με τα παραπάνω – ότι οι επιμελείς αντιγραφές είναι ζωτικές για την εξέλιξη περισσότερο σύνθετων ειδών.



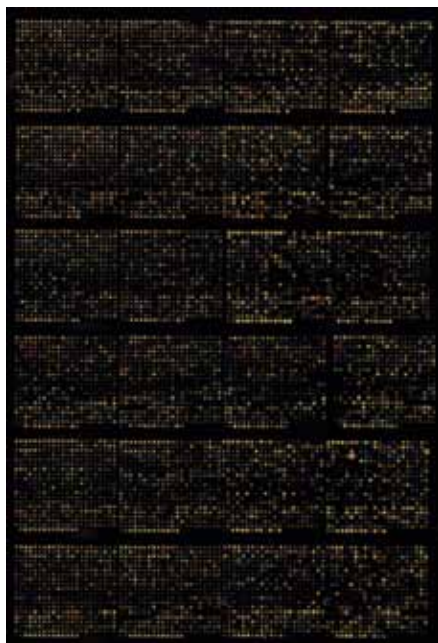
Το φυτό (*Arabidopsis thaliana*) που είναι το πρώτο στο οποίο έγινε αλληλουχία στο γονιδίωμα.

Προσφορά του Ιδρύματος National Human Genome Research Institute.



Πάνω: Μοντέλο μιας αλυσίδας DNA που εκδιπλώνεται από το χρωμόσωμα ενός κυττάρου. Προσφορά του Ιδρύματος National Human Genome Research Institute.

Δεξιά: Μικρές διατάξεις που δείχνουν ένα στιγμιότυπο όλων των γονιδίων που είναι ενεργά σε ένα κύτταρο μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Προσφορά του Ιδρύματος National Human Genome Research Institute.



Φόντο: Αυξανόμενοι κρύσταλλοι μιας επανορθωτικής πρωτεΐνης DNA συνδεδεμένης με DNA.
© Bernard O'Hara και Renos Savva, Wellcome Images.

ΚΛΕΙΣΤΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Ο Δαρβίνος εντυπωσιάστηκε από παραδείγματα οργανισμών που έχουν αμοιβαία προσαρμοστεί: ένα λουλούδι που έχει πολύ βαθιά το νέκταρ και μια νυχτοπεταλούδα με μια τόσο μακριά γλώσσα ώστε να φτάνει το νέκταρ θα πρέπει να έχουν εξελιχθεί μαζί.

Αυτό το είδος της εξέλιξης από κοινού έχει έντονη επίδραση στην εμφάνιση πολλών ασθενειών – που προκλήθηκαν από έναν οργανισμό ζώντος εντός ενός άλλου. Η ελονοσία, ανθεκτική, φονική και παγκοσμίως διαδεδομένη, είναι ένα σημαντικό παράδειγμα. Οι ερευνητές ελπίζουν ότι ο νέος τρόπος θεώρησης όσον αφορά την εξέλιξη της ελονοσίας, των κουνουπιών της και των αρχικών ξενιστών, θα ανοίξουν νέα μέτωπα επίθεσης κατά της νόσου.

Ένα πρόσφατο ορόσημο ήταν η ολοκλήρωση της αλληλουχίας του γονιδιώματος του *Plasmodium falciparum*, του πιο επικίνδυνου για τους ανθρώπους είδους ελονοσίας. Το *Plasmodium falciparum* έχει κάποιες αλληλουχίες στο DNA που διατηρούνται σχεδόν όμοια σε σχεδόν όλα τα δείγματα. Τα άλλα διαφέρουν πολύ περισσότερο. Αυτές οι διαφορετικές αλληλουχίες βοηθούν στη σύσταση πρωτεϊνών που μπορεί να είναι στόχοι για το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου. Το παράσιτο μοιάζει σαν να εξελίσσεται για να εισβάλλει στην άμυνα του ξενιστή.

Ένα από τα ερωτηματικά είναι γιατί η ελονοσία είναι τόσο επιβλαβής. Η εξελικτική ιστορία υποδηλώνει ότι κάποιες παραλλαγές του παρασίτου επηρέαζαν τους ανθρώπους για εκατομμύρια χρόνια αλλά υπάρχουν στοιχεία ότι η νόσος έχει γίνει πιο θανατηφόρα κατά τα τελευταία χίλια χρόνια. Περισσότερη έρευνα ίσως βοηθήσει στο να ερμηνευθεί αν οι αλλαγές στην ελονοσία, ή στους ανθρώπους ξενιστές, οδήγησαν σε αυτή τη μεταβολή. Υπάρχει κι ένας τρίτος «παιχτής» σε αυτό το ιδιαίτερα εξελικτικό παιχνίδι – το κουνούπι, στο οποίο εγκλείεται το παράσιτο κατά τη διάρκεια του μισού αυτού περίπλοκου κύκλου ζωής. Ως εκ τούτου, μικρές αλλαγές στη συμπεριφορά του εντόμου, όπως το αίμα του ζώου από το οποίο τρέφεται το κουνούπι και το πόσο συχνά γίνεται αυτό, μπορεί να έχει μεγάλη επίδραση στην μετάδοση της νόσου.

Αυτές οι έρευνες θα είναι επίσης σημαντικές για την παρακολούθηση των πιθανών επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στους πληθυσμούς των κουνουπιών και στον κίνδυνο μιας αυξημένης διάδοσης της ελονοσίας.



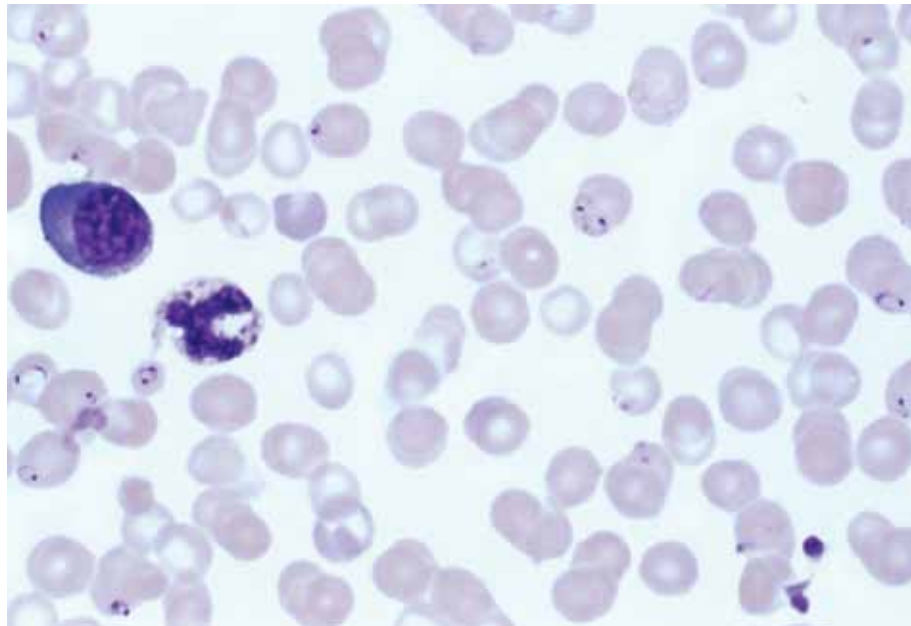
Ένα κουνούπι (*Anopheles stephensi*) εν πτήση με την κοιλιακή του χώρα γεμάτη αίμα.

© Hugh Sturrock, Wellcome Images.



Εικονογράφιση των σταδίων εντός του αίματος στον κύκλο ζωής του *Plasmodium falciparum*, του παρασίτου που προκαλεί ελονοσία.

© Benedict Campbell, Wellcome Images.

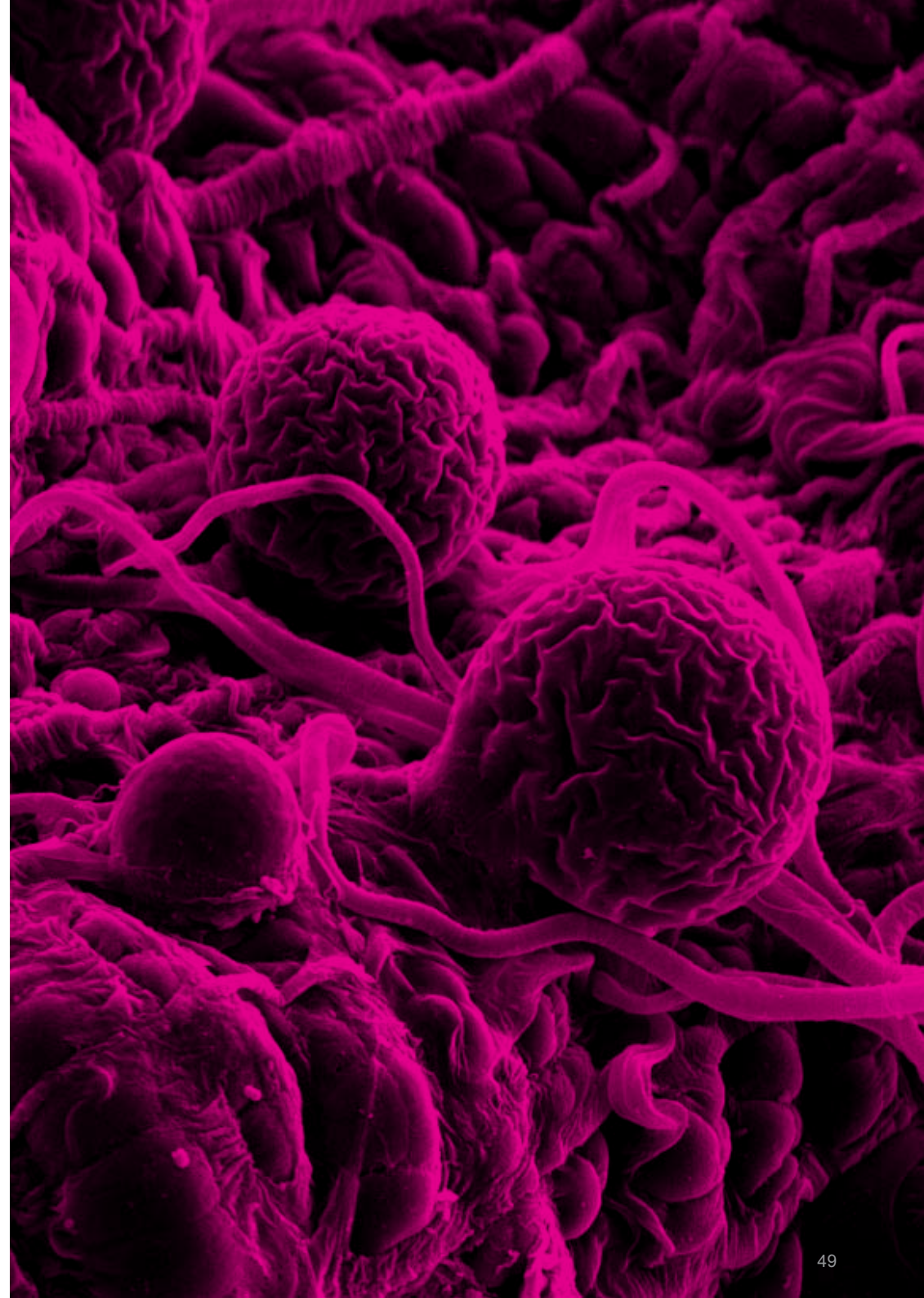


Πάνω: Δείγμα αίματος που δείχνει την παρουσία των παρασίτων του *Plasmodium falciparum* στα ερυθρά αιμοσφαίρια.

© M.I. Walker, Wellcome Images.

Φόντο απέναντι σελίδας: Ηλεκτρονική μικρογραφία σάρωσης (1990-2002) που δείχνει τις ωοκύστες των παρασίτων που προκαλούν την ελονοσία τρωκτικών *Plasmodium yoelii nigeriensis*, που αναπτύσσονται στο τοίχωμα του μέσου εντέρου του κουνουπιού (*Anopheles stephensi*).

© Hilary Hurd, Wellcome Images.



13

ΜΙΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΣΥΝΘΕΣΗ;

Η κατανόηση της φυσικής επιλογής με γονιδιακούς όρους παγίωσε τη θέση του Δαρβίνου στη Βιολογία. Η συνένωση της γενετικής με την εξελικτική θεωρία του Δαρβίνου ονομάστηκε «σύγχρονη σύνθεση» στο βιβλίο του εγγονού του Τόμας Χάξλεϋ, Τζούλιαν, το 1942.



Μια φάση 16 εμβρύου πηνού που δείχνει πού έχει ενεργοποιηθεί το γονίδιο Hoxa-2 (μωβ). Το γονίδιο Hoxa-2 είναι ένας παράγοντας μεταγραφής που συνδέεται με το DNA και επηρεάζει τη δράση των άλλων γονιδίων.

© Abigail Tucker, Wellcome Images.

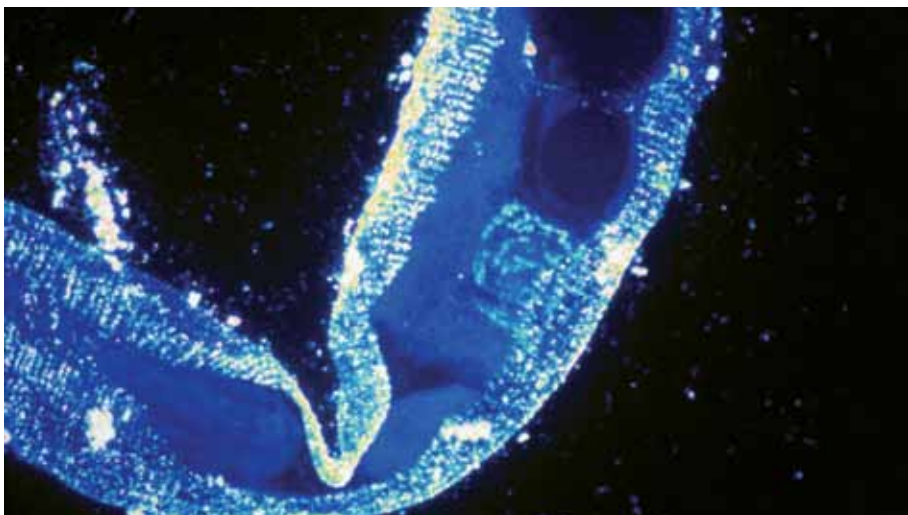
Η μελέτη ολόκληρων γονιδιωμάτων, και συλλογών γονιδιωμάτων, έριξε νέο φως στους μηχανισμούς της εξέλιξης.

Οι πρόσφατες έρευνες έχουν εστιάσει στο DNA ολόκληρων μικροβιακών κοινοτήτων παρά μεμονωμένων μικροβίων. Αυτό το έργο τονίζει τη συνεργασία παρά τον ανταγωνισμό. Για παράδειγμα, η σειρά των αντιδράσεων που χρειάζεται για τη δόμηση ή την αποδόμηση μιας συγκεκριμένης χημικής ουσίας μπορεί να κατανεμηθεί σε διάφορα μικρόβια που ζουν μαζί, ακόμα κι αν τα είδη είναι αρκετά διαφορετικά. Μόνο όταν συνεργαστούν όλα τα μικρόβια, με κάθε είδος να προκαλεί μια συγκεκριμένη αντίδραση κατά σειρά, μπορεί να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Η έρευνα στη λειτουργία των γονιδιωμάτων επιμεμονωμένων κυττάρων αποκαλύπτει επίσης

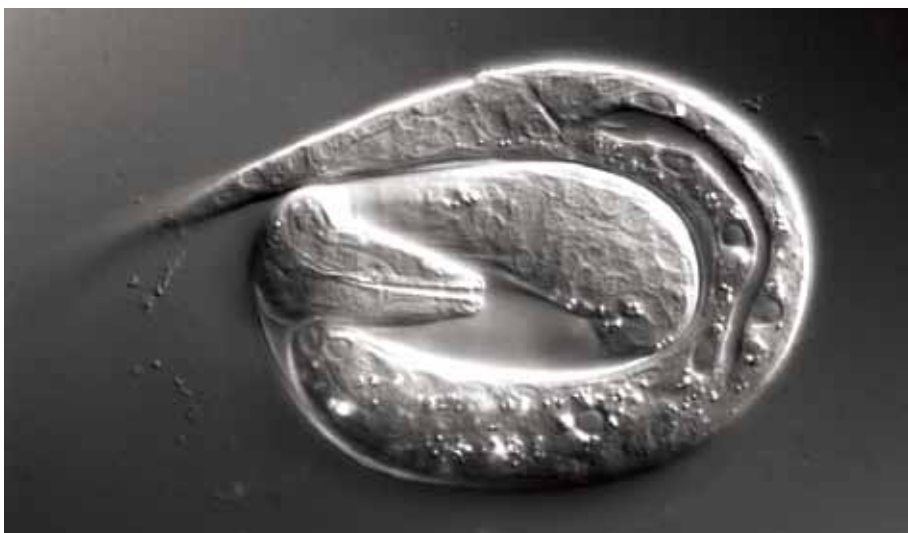
απροσδόκητα επίπεδα πολυπλοκότητας. Πολλά γονίδια σημειώνονται με ειδικές «σημειώσεις του περιθωρίου» που μένουν από την προσθήκη ή τροποποίηση των χημικών ομάδων σε συγκεκριμένες τοποθεσίες εκτός μόριων του DNA. Αυτοί οι δείκτες επηρεάζουν το αν τα γονίδια μπορούν να ενεργοποιηθούν ή όχι – και το πλήρες σύνολο των δεικτών σε ένα κύτταρο καταγράφει την κατάσταση της εξέλιξής του.

Εκτός από αυτούς τους λεγόμενους επιγενετικούς δείκτες, πρόσφατες έρευνες αποκαλύπτουν πολλούς νέους τύπους κυτταρικών αγγελιοφόρων μορίων RNA. Διαβάζονται από τμήματα του γονιδιώματος, ο σκοπός των οποίων παρέμενε άγνωστος, κι επίσης βοηθούν στη ρύθμιση της δράσης των γονιδίων. Εδώ λειτουργεί ένα επιπλέον επίπεδο εξελικτικής επιλογής – το οποίο ερευνάται ακόμα.



Ομοεστική εικόνα αναδόμησης του νηματώδους σκώληκος (*Caenorhabditis elegans*), που χρησιμοποιείται συχνά για γενετικές μελέτες. Το ομοεστικό μικροσκόπιο παίρνει μια σειρά τμημάτων που ανασχηματίζονται από ένα δείγμα για να παράγουν μια τρισδιάστατη εικόνα.

© Dr David Becker, Wellcome Images.

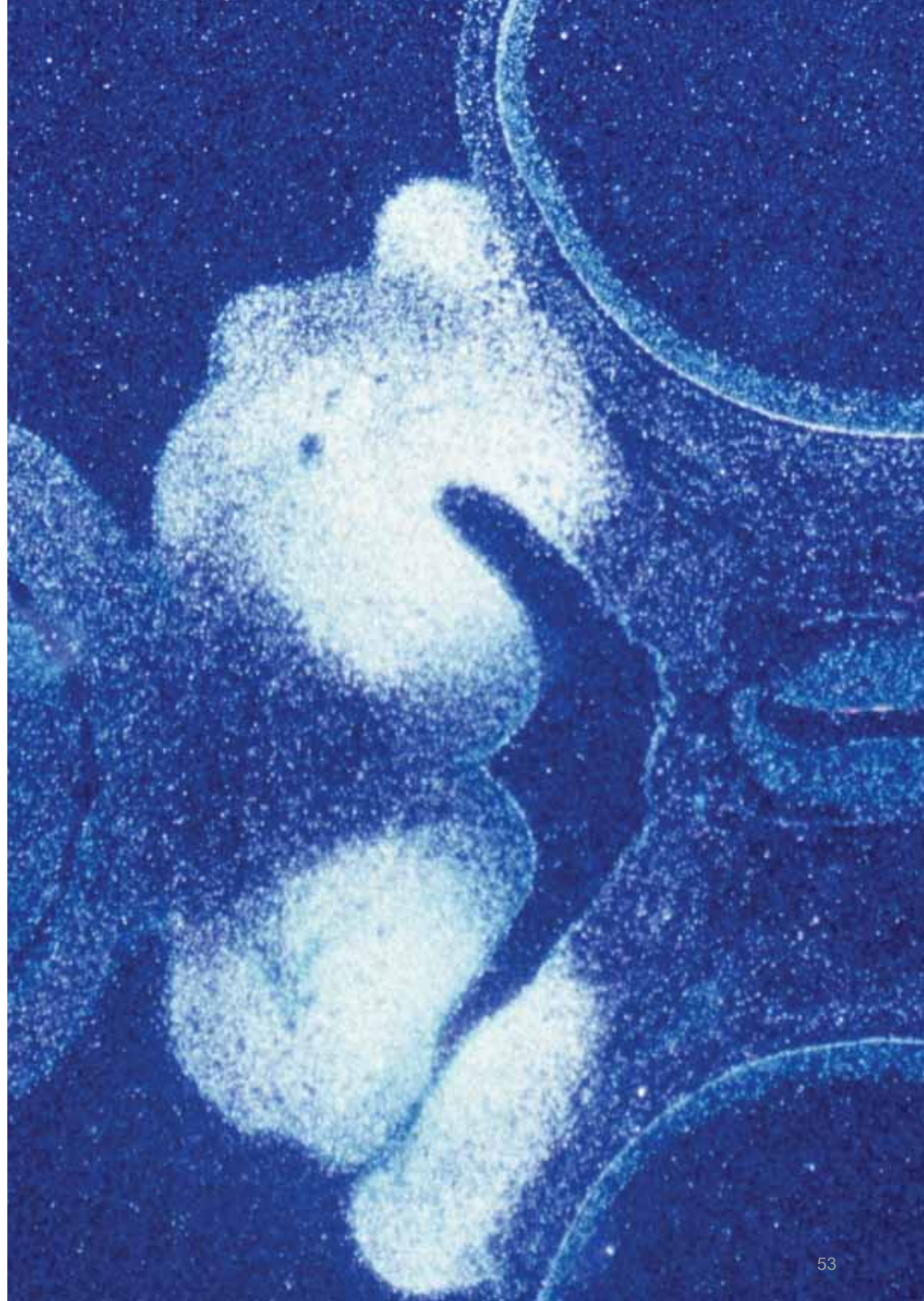


Πάνω: Εικόνα από την επώαση νηματώδους σκώληκος.

© Ίδρυμα Wellcome Trust Sanger Institute.

Φόντο απέναντι σελίδας: Πρόσθια τομή της φάσης 23 κεφαλής εμβρύου πτηνού που δείχνει την κατανομή της μεταγραφής του γονιδίου *Barx-1*.

© Abigail Tucker, Wellcome Images.



14

ΓΙΑΤΙ ΤΟΣΑ ΠΟΛΛΑ;

Η περιγραφή του Δαρβίνου για την προέλευση των νέων ειδών δεν καθιστά σαφές γιατί υπάρχουν τόσα πολλά παρόμοια είδη.

Στην πραγματικότητα, η φυσική επιλογή ίσως οδηγήσει κάποιον να περιμένει έναν ανταγωνισμό κατά τον οποίο «ο νικητής τα παίρνει όλα». Κάθε μικρό διάστημα σε ένα οικοσύστημα θα κατέληγε στο να εγκλείει μόνο ένα, εκπληκτικά ευπροσάρμοστο είδος.

Ωστόσο, πολλά οικοσυστήματα δεν είναι έτσι. Υπάρχουν 300 διαφορετικά είδη δέντρων σε ένα κλασικό εκτάριο τροπικού δάσους. Ακόμα κι ένας οικότοπος όπως ένα χορτολίβαδο σε υπόβαθρο οργανογενούς ασβεστολίθου (κιμωλίας) -chalk grassland μπορεί να στηρίξει την ύπαρξη πάνω από 50 ειδών ανά τετραγωνικό μέτρο. Δεν φαίνεται να έχουν προσαρμοστεί σε διαφορετικές συνθήκες όμως, σύμφωνα με τον Δαρβίνο, ακόμα και τα φυτά ανταγωνίζονται για να επιβιώσουν. Πώς συνυπάρχουν λοιπόν αυτά τα παρόμοια είδη;

Η απάντηση είναι ότι οι περιβαλλοντικές διαφορές μπορεί να είναι λεπτές. Οι μικρές παραλλαγές στο ηλιακό φως, το νερό, το έδαφος ή στο πόσο βαθιά μεγαλώνουν οι ρίζες, μπορεί να σημαίνει

ότι παρόμοια φυτά βιώνουν διαφορετικές συνθήκες. Επίσης, όσο καλύτερα προσαρμόζονται τα φυτά σε ένα ακριβώς ορισμένο περιβάλλον, τόσο λιγότερο πιθανό είναι να ανταγωνιστούν αποτελεσματικά, φυτά που έχουν προσαρμοστεί σε ένα ελαφρώς διαφορετικό περιβάλλον.

Η ανανεωμένη προσοχή στις παραλλαγές που συμβαίνουν σε μικρο-περιβάλλοντα χαρακτηρίζει το έργο του Καθηγητή Jonathan Silvertown στο Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Βρετανίας. Εκείνος έδειξε πρώτος πώς οι παραλλαγές στη χρήση νερού βοηθούν στο διαχωρισμό των ειδών στα λιβάδια της Αγγλίας. Αυτό καθιέρωσε την σπουδαιότητα των «προϊόντων υδρολογίας» - τα οποία διαφέρουν με βάση το πόση προσπάθεια χρειάζεται ένα φυτό για να αποκτήσει την υγρασία από το έδαφος ή να αποφύγει να πλημμυρίσει από νερό. Τώρα ερευνά κάποια από τα πολλές χιλιάδες είδη που βρέθηκαν στην περιοχή Κέιπ στη Νότια Αφρική για να καταγράψει πώς τα ευρήματά του ισχύουν σε άλλες χώρες.



Χορτολίβαδο σε υπόβαθρο οργανογενούς ασβεστολίθου (κιμωλίας) -chalk grassland στο Cuckmere Haven στο ανατολικό Έσσεξ της Αγγλίας.

Εικόνα που έχει αναπαραχθεί με την άδεια του Δρ. Fern Elsdon-Baker.



Το Cape Point, Νότια Αφρική, όπου ο Jonathan Silvertown διεξάγει την έρευνα.

© Alain Proust/Φωτογραφίες από την Αφρική.



Mimetes fimbriifolius, Western Cape, Νότια Αφρική.

Εικόνα που έχει αναπαραχθεί με την άδεια του Καθηγητή Jonathan Silvertown.



Berzelia lanuginosa, Western Cape, Νότια Αφρική.

Εικόνα που έχει αναπαραχθεί με την άδεια του Καθηγητή Jonathan Silvertown.



Η έρευνα του Jonathan Silvertown χρηματοδοτείται από την Darwin Initiative. Περισσότερες πληροφορίες για την έρευνά του είναι διαθέσιμες στο βιβλίο του *Demons in Eden: The paradox of plant diversity*, Chicago University Press (2008). Βλέπε www.demonsineden.com



Φόντο: Η Φριτιλλάρια *Fritillaria meleagris* που φύεται σε χορτολιβάδα και παραποτάμια λιβάδια στην Ευρώπη.

© Abigail Tucker, Wellcome Images.

Για περισσότερες πληροφορίες για την έκθεση «Ο Δαρβίνος ΣΗΜΕΡΑ» επισκεφθείτε τη σελίδα <http://www.gnhm.gr/NewsDetail2.aspx?selArticle=159>

© British Council 2008

Το Βρετανικό Συμβούλιο αποτελεί διεθνή οργανισμό του Ηνωμένου Βασιλείου που ασχολείται με τις πολιτιστικές σχέσεις και τις εκπαιδευτικές ευκαιρίες.

British Council
Bridgewater House
58 Whitworth Street
Manchester M1 6BB
United Kingdom

Βρετανικό Συμβούλιο
Πλατεία Κολωνακίου 17
Αθήνα
Ελλάδα

www.britishcouncil.org

<http://www.britishcouncil.org/gr/greece.htm>

Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας-
Κέντρο ΓΑΙΑ
Όθωνος 100,
Κηφισιά,
Ελλάδα

www.gnhm.gr

Κείμενα: Jon Turney
www.jonturney.co.uk

Σχέδιασμός: Arka Design Studio Ltd
www.arkadesignstudio.com