

## Οι αλλαγές των εξελικτικών θεωριών τα τελευταία διακόσια χρόνια

**Ε**πιτρέψτε μου να χαιρετίσω την παρουσία μεταξύ μας ενός παλαιού μου γνώριμου, του καθηγητή Michel Morange, που συνδυάζει στο πρόσωπό του και το γνωστό μοριακό βιολόγο και τον ιστορικό της Βιολογίας. Η «Ιστορία της Μοριακής Βιολογίας» του έχει μεταφραστεί τόσο στα αγγλικά όσο και στα ελληνικά. Το πρόσφατο βιβλίο του «Εκ μέρους των γονιδίων», που δημοσιεύτηκε στις εκδόσεις της Odile Jacob, είναι κατά την ταπεινή μου γνώμη ακόμη πιο ενδιαφέρον και, πράγμα σπάνιο για ένα μοριακό βιολόγο, καθόλου αφελές, αφού συνδυάζει το στοχασμό της σχολής του Chevreton με εκείνη του Schmalhausen, ενώ επιπλέον προχωρεί και στην έκθεση προσωπικών απόψεων που δεν στερούνται πρωτοτυπίας. Το βιβλίο αυτό χρησιμοποιώ στο μεταπτυχιακό μου μάθημα «Κληρονομικές βάσεις της συμπεριφοράς και της νόησης».

Μιλώντας για εξελικτικές θεωρίες, δεν είναι δυνατόν να παραλειφθεί η αναφορά στον Lamarck, που πρώτος διατύπωσε μια ολοκληρωμένη θεωρία εξέλιξης. Παρόλο ότι σήμερα η θεωρία αυτή παρουσιάζει αποκλειστικά ιστορικό ενδιαφέρον, όλες οι μέτεπειτα απόψεις πρέπει να εκτιμηθούν σε σύγκριση με εκείνων του Λαμάρκ. Σε μέγιστη συντομία, η θεωρία του Λαμάρκ αποτελείται από δυο διαδικασίες. Η πρώτη είναι η ανοδική πορεία των ειδών στην κλίμακα του ελβετού ζωολόγου Charles Bonnet, κλίμακα στην οποία μετακινούνται τα είδη αλλάζοντας μορφή, διαρκώς τελειοποιούμενα. Αρχίζουν δηλαδή τη γραμμική τους πορεία από τα πιο απλά όντα και προοδευτικά κατά την εξέλιξη τους καθίστανται πολυπλοκότερα, συνθετότερα και τελειότερα. Η δεύτερη διαδικασία περιλαμβάνει αποκλίσεις από αυτή τη γραμμικότητα, που οφείλονται στο μηχανισμό της κληρονομικής εγγραφής επίκτητων χαρακτηριστικών. Μια επανάληψη πράξεων και δραστηριοτήτων, που επιτελούνται για την πλήρωση των αναγκών του οργανισμού, μπορούν να επιφέρουν σε αυτόν μορφολογικές και λειτουργικές αλλαγές. Οι μεταβολές αυτές κληρονομούνται στους απογόνους του. Κατά τη διάρκεια της ζωής του, ο Λαμάρκ αναγκάστηκε να μεταβάλει ορισμένες απόψεις του, ειδικά εκείνες που αφορούν τη γραμμικότητα της εξελικτικής πορείας κατά μήκος της κλίμακας των ειδών, παραδεχόμενος την παρουσία διακλαδώσεων που μεταβάλλουν τη μορφή της γραμμικής κλίμακας σε ένα ελαφρώς δενδρώδες σχήμα.

Ο Charles Darwin, ο καθ' ημάς Δαρβίνος, μας κληροδότησε μια θεωρία εξέλιξης η οποία σε σημαντικό βαθμό αποτελεί και σήμερα τμήμα της επικρατούσας θεωρίας. Ξεχωρίζει από

εκείνη του Λαμάρκ σε ορισμένα σημαντικά σημεία. Η εξελικτική πορεία δεν είναι πια γραμμική, αλλά διχλωτή, παρουσιάζει μια σαφώς δενδρώδη μορφή, την υπέργεια όψη ενός δένδρου. Ο αρχικά ενιαίος κορμός διαιρείται, διχάζεται σε κλαδιά και εκείνα σε κλαδίσκους και ούτω καθ' εξής. Την ακροτελεύτια θέση κάθε κλαδίσκου καταλαμβάνει ένα αρτίγονο είδος (δηλαδή που ζει σήμερα) ή ένα είδος που έχει εξαφανιστεί και το γνωρίζουμε μόνο από τα απολιθώματα που μας άφησε. Κατά την εξελικτική πορεία, δεν δημιουργούνται πάντοτε κατ' ανάγκην πιο σύνθετα και πολύπλοκα είδη. Τα παράσιτα αποτελούν ένα παράδειγμα απλουστευσης της σωματικής δομής τους, που προήλθε από επιλογή στις συνθήκες διαβίωσής τους όταν υιοθέτησαν μια παρασιτική ζωή. Κατά τον Δαρβίνο, η εξελικτική πορεία είναι βαθμιαία και προσαρμοστική. Ο Δαρβίνος εξηγεί τη δημιουργία προσαρμογών στο περιβάλλον που ζουν τα άτομα των ειδών διά της φυσικής επιλογής. Τα πιο προσαρμοσμένα άτομα αφήνουν πολυπληθέστερους απογόνους. Έτσι απελευθέρωσε την ερμηνεία παραγωγής προσαρμογών από μεταφυσικές επεμβάσεις, όπως κήρυττε η φυσική Θεολογία, η οποία ήθελε τις προσαρμογές ως απόδειξη της πρόνοιας και παναγαθοσύνης του Θεού. Ο διχασμός της εξελικτικής πορείας ενός είδους και η παραγωγή από αυτό δύο νέων ειδών μπορεί να εξηγηθεί από τις ανάγκες εξειδίκευσης σε δυο διαφορετικούς, κοντινούς αλλά διακριτούς και εν τινι μέτρω μεταξύ τους ασύμβατους, τρόπους ζωής. Αυτή την ιδέα δανείστηκε ο Δαρβίνος από το γάλλο ζωολόγο Milne Edwards.

Ο Δαρβίνος ήταν πλουραλιστής, μαζί με τους περισσότερους συγχρόνους του, ίσως μάλιστα με την παμπηφία τους, παραδεχόταν την κληρονομικότητα των επίκτητων ιδιοτήτων. Δεν γνώριζε το μηχανισμό της κληρονομικότητας, δεν είχε διαβάσει το ανάτυπο που του είχε στείλει ο Μέντελ και περιέγραφε τα πειράματά του και τα αποτελέσματα των διασταυρώσεων που πραγματοποίησε στα μπιζέλια. Όντως, το ανάτυπο αυτό βρέθηκε στη βιβλιοθήκη του Δαρβίνου με άκοπα τα φύλλα! Ο ίδιος ο Δαρβίνος εννοούσε και προπαγάνδιζε μια δική του θεωρία κληρονομικότητας, την προσωρινή υπόθεση της παγγενέσεως, θεωρία που επέτρεπε την κληρονομικότητα των επίκτητων ιδιοτήτων. Ουδείς όμως υιοθετούσε τις περί κληρονομικότητας απόψεις του.

Ο επόμενος, ο δεύτερος μετά Δαρβίνο σταθμός, το 1883, ένα χρόνο μετά το θάνατό του, οφείλεται στο γερμανό βιολόγο August Weismann, ο οποίος διατύπωσε την αρχή της μη κληρονομικότητας των επίκτητων χαρακτηριστικών. Με αυτό τον τρόπο ο Βάισμαν καθιστά πιο ριζοσπαστική τη δαρβινική θεωρία: είναι άλλωστε ένας ένθερμος υποστηρικτής της ιδέας της φυσικής επιλογής, την οποία βλέπει να δρα όχι μόνο στο επίπεδο των βιολογικών ατόμων, όπως διακήρυττε ο Δαρβίνος, αλλά και σε άλλα επίπεδα, παντού, στο επίπεδο των κυττάρων και στο υποκυτταρικό επίπεδο. Τόσο η παρέμβαση του Βάισμαν όσο και η έλευση και ανάπτυξη της πειραματικής Βιολογίας, δηλαδή η ανάπτυξη της Γενετικής, της Φυσιολογίας, της Εμβρυολογίας και της Μικροβιολογίας, περιθωριοποιούν την Εξελικτική. Μέχρι περίπου το 1930 παρατηρείται μια έκλειψη του δαρβινισμού σε όλες τις χώρες, πλην της Αγγλίας.

Τη δεκαετία του 1930 συναντάμε τον τρίτο σταθμό, την εξαγγελία της συνθετικής θεωρίας. Τρεις γενετιστές με κλίση στα μαθηματικά και καλή γνώση τους, δυο άγγλοι, ο Ronald Fisher και ο J.B.S. Haldane, και ένας αμερικανός, ο Sewall Wight, αποδεικνύουν ότι η μεντελιανή Γενετική (η Γενετική που προήλθε από την ερευνητική ομάδα του T.H. Morgan, η

οποία εξακρίβωσε το χρωματοσωματικό μηχανισμό της κληρονομικότητας) συνδυάζεται άριστα με το δαρβινισμό, ειδικά με την εκδοχή που υποστήριξε ο Βάιςμαν. Και κάτι ακόμη σημαντικότερο: η Γενετική αυτή είναι απαραίτητη για την εξήγηση της αποτελεσματικότητας της φυσικής επιλογής. Αυτή η αλλαγή θέσεων πραγματοποιήθηκε σε ένα χρονικό διάστημα που άρχισε το 1918 και ολοκληρώθηκε το 1930. Έτσι δημιουργείται η συνθετική θεωρία, που συνδυάζει τη Γενετική με τη δαρβινική επιλογή. Σύμφωνα με τη συνθετική θεωρία, η εξελικτική πορεία, η προσαρμοστική αλλαγή, είναι αποτέλεσμα δύο διακριτών μηχανισμών, αφ' ενός της μεταλλαγής και αφ' ετέρου της φυσικής επιλογής. Οι φυσικοί πληθυσμοί περιέχουν σημαντικά ποσά γενετικής ποικιλότητας, ένα ριπίδιο γενετικών παραλλαγών, που προέρχονται σε τελική ανάλυση από τη μεταλλαγή, δηλαδή μια απότομη και τυχαία αλλαγή ενός γονιδίου από μια σε μια άλλη μορφή του (από έναν αλληλόμορφο σε έναν άλλον). Σε αυτή την ποικιλομορφία, σε αυτό το πλούσιο απόθεμα τυχαίων γενετικών παραλλαγών, δρα η φυσική επιλογή, διαλέγει εκείνες τις παραλλαγές που καθιστούν τα βιολογικά άτομα πιο προσαρμοσμένα, ενώ απομακρύνει εκείνες που τα καθιστούν δυσπροσαρμοστα. Πρόκειται για το συνδυασμό, αφ' ενός μεν, της τύχης, του τυχαίου, δηλαδή της παραγωγής των μεταλλαγών και, αφ' ετέρου, της αναγκαιότητας, δηλαδή της φυσικής επιλογής. «Τύχη και Αναγκαιότητα», όπως εύστοχα συνοπτικά τιτλοφόρησε το βιβλίο του ο Jacques Monod.

Κατά τη δεκαετία του 1920, στην ΕΣΣΔ, δημιουργείται μια σημαντική σχολή δαρβινιστών γενετιστών με ισχυρή φυσιολογική κλίση. Δυστυχώς, η σχολή αυτή δεν μακροημέρευσε. Ο ηγέτης του κινήματος αυτού, ο S.S. Cheverikov, φυλακίστηκε και ακολούθως εξορίστηκε. Μπόρεσαν όμως οι ιδέες του να περάσουν στη Δύση. Η ρωσική σχολή αντιμετώπισε τους φυσικούς πληθυσμούς υπό ένα νέο πρίσμα. Υποστήριξε ότι περιέχουν διαρκώς μεγάλα αποθέματα γενετικής ποικιλότητας, έτσι ώστε να μη χρειάζεται η αναμονή της δημιουργίας μιας ευνοϊκής μεταλλαγής, την οποία θα προωθήσει η φυσική επιλογή. Η επιλογή μπορεί να δράσει σχεδόν πάντοτε άμεσα. Η ρωσική σχολή προέβαλε επίσης μια εκλεπτυσμένη άποψη για τη σχέση μεταξύ γονιδίων και φαινοτύπου. Ο φαινότυπος αποτελεί τη μορφολογική και τη φυσιολογική έκφραση των ιδιοτήτων του οργανισμού, συμπεριλαμβανομένης και της συμπεριφοράς του. Οι ρώσοι παραδέχονταν επίσης και την ύπαρξη και άλλων δυνάμεων δυναμένων να επηρεάσουν την εξελικτική πορεία, όπως είναι η γενετική παρέκκλιση. Η γενετική παρέκκλιση αποτελεί έναν τυχαίο βηματισμό και δημιουργείται από την τυχαία συρρίκνωση του μεγέθους του πληθυσμού, συρρίκνωση που συνεπάγεται και τη μείωση της γενετικής του ποικιλότητας. Η επίδραση που ασκεί η γενετική παρέκκλιση μπορεί συχνά να αντίκειται προς εκείνη της επιλογής. Τέλος, οι ρώσοι εξελικτικοί προέβαλαν ένα κριτήριο του οποίου η προέλευση μπορεί να αναζητηθεί στις απόψεις του γάλλου φυσιολογικού Buffon. Πρόκειται για το λεγόμενο μισιολογικό κριτήριο. Δύο πληθυσμοί ανήκουν σε διακριτά είδη αν δεν ανταλλάσσουν μεταξύ τους γενετικό υλικό, αν τα άτομά τους δεν διασταυρώνονται ή, όταν διασταυρώνονται, δεν δημιουργούν γόνιμα υβρίδια. Ο Theodosius Dobzhansky, ρώσος γενετιστής και κατόπιν αμερικανός, μαθητής του Μόργκαν στις ΗΠΑ, είναι εκείνος ο οποίος, το 1937, με το βιβλίο του «Γενετική και η Προέλευση των Ειδών», διατύπωσε με σαφήνεια ένα ερευνητικό πρόγραμμα για τη μελέτη της εξέλιξης βασισμένο στο συνδυασμό της Γενετικής και της δαρβινικής επιλογής. Πρόκειται για τη ληξιαρχική

πράξη γεννήσεως της συνθετικής θεωρίας. Τον Dobzhansky ακολούθησε ο Ernst Mayr, ειδικός στην ταξινόμηση των πτηνών, γερμανός στη γέννηση αλλά αργότερα αμερικανός, ο οποίος, εμπνεόμενος από αυτόν, το 1942 επιχείρησε με επιτυχία να περιλάβει στη συνθετική θεωρία και τη συστηματική. Δυο χρόνια αργότερα, ο George Gaylord Simpson, αμερικανός παλαιοντολόγος, συμπληρώνει αυτή τη θεωρητική δομή, αποδεικνύοντας ότι τα παλαιοντολογικά δεδομένα μπορούν κάλλιστα να ερμηνευτούν με τη συνθετική θεωρία. Και άλλοι αργότερα ακολουθούν την κίνηση αυτή, όπως ο βοτανικός L. Stebbins και ο κυτταρολόγος M.J.D. White.

Η συνθετική θεωρία γνώρισε σύντομα μεγάλη επιτυχία. Χρησίμευσε για την εξήγηση φαινομένων τα οποία αρχικά δεν είχε καν σχεδιαστεί να περιλάβει. Όντως, λίγα χρόνια μετά την εξαγγελία της, στη δεκαετία του 1950, ο αυστραλός McFarlane Burnet διατυπώνει τη θεωρία της επιλογής των κλώνων για την ερμηνεία ανοσολογικών φαινομένων, μια θεωρία που έγινε αποδεκτή και αποτελεί τη βάση της σύγχρονης Ανοσολογίας. Το επόμενο στάδιο όμως το συναντάμε το 1966, όταν επιχειρείται η δαρβινική ερμηνεία των αλτρουιστικών φαινομένων. Πώς είναι δυνατή η επιλογή και η καθήλωση στους πληθυσμούς γενετικών παραλλαγών που ευνοούν τέτοιες συμπεριφορές, συμπεριφορές που αποβαίνοντας προς όφελος ενός άλλου βιολογικού ατόμου διακυβεύουν τη ζωή και τη γονιμότητα εκείνου που επιτελεί την αλτρουιστική πράξη; Ήδη ο Haldane είχε διαβλέψει τη λύση αυτού του προβλήματος, όπως ένα απόκρυφο ανέκδοτό του θέλει να βεβαιώσει. Ο Haldane ήταν κομμουνιστής και ως εκ τούτου δεν έτρεφε ιδιαίτερη συμπάθεια για τη βασίλισσα της Αγγλίας. Ερωτηθείς, με σκοπό να πειραχθεί, αν θα ήταν πρόθυμος να θυσιάσει τη ζωή του για τη βασίλισσα, μετά από σύντομη σκέψη απάντησε ότι δεν θα ήταν πρόθυμος για αυτό, αλλά θα θυσίαζε πρόθυμα τη ζωή του για να διασώσει δύο ομοθαλή αδέρφια του που θα κινδύνευαν ή τέσσερα πρώτα εξαδέλφια του. Με αυτό υπονοούσε ότι στατιστικά δύο ομοθαλή αδέρφια του (ή τέσσερα πρώτα εξαδέλφια του) αντιπροσωπεύουν πλήρως τα γονίδια που φέρει. Η φυσική επιλογή ευνοεί τις αλτρουιστικές πράξεις, εάν με αυτές επιτυγχάνεται η διάσωση ή η αύξηση γενετικού υλικού όμοιου με εκείνου που επιτελεί αυτή την πράξη. Έχουμε εδώ μια λογιστική γονιδίων, ένα δούναι και λαβείν στο επίπεδο των γονιδίων, πόσα κερδίζονται έναντι πόσων χάνονται. Εάν τα κέρδη υπερτερούν των ζημιών, τότε η φυσική επιλογή ευνοεί αυτά τα γονίδια που καθορίζουν την αλτρουιστική συμπεριφορά. Από αυτή την αρχή προέρχονται μια σειρά μεταβολών και συμπληρώσεων της συνθετικής θεωρίας. Το 1966, ο αμερικανός εξελικτικός George Williams και, λίγο αργότερα, ο αμερικανός εξελικτικός William Hamilton ακολουθούν αυτή την κατεύθυνση, που καταλήγει το 1975 στην Κοινωνιοβιολογία του Edward O. Wilson. Βρισκόμαστε ήδη στην τέταρτη φάση του δαρβινισμού, στη φάση της προηγμένης συνθετικής θεωρίας. Μελετώνται μια σειρά εξελικτικών διαδικασιών πιο πολύπλοκων, στις οποίες δρα η φυσική επιλογή, όπως στη σύγκρουση συμφερόντων μεταξύ της μητέρας και των παιδιών της, όπως εκείνων που επιτρέπουν το συνεταιρισμό ατόμων ακόμη και όταν δεν είναι συγγενή. Η Βιολογία πραγματοποιεί μια νέα παρουσία στις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες, στην Ανθρωπολογία, στη μελέτη πολιτισμικών φαινομένων, στην Ηθική, στην Αισθητική, στην Ιστορία, στην Οικονομία, μια θριαμβική έλευση σε τομείς από τους οποίους είχε προηγουμένως αποκλειστεί. Όντως, στα χρόνια του Δαρβίνου και στα αμέσως επόμενα, μετά από μια σύντομη εισβολή στο χώρο

αυτόν, η Βιολογία είχε εξοριστεί από την περιοχή των επιστημών του ανθρώπου χάρις στις προσπάθειες του γάλλου κοινωνιολόγου Emile Durkheim και του ανιψιού του Marcel Mauss, του γερmano-αμερικανού Franz Boas και των μαθητών του, στους οποίους συγκαταλέγονται η Margaret Mead, η Ruth Benedict, ο A.L. Kroeber και άλλοι.

Αυτή η απρόσμενη επιτυχία του σύγχρονου δαρβινισμού, ειδικά η Κοινωνιοβιολογία και η δημιουργία μιας σχολής Ψυχολογίας, της λεγόμενης Εξελικτικής Ψυχολογίας, συνάντησε τις δομικές κριτικές των περιβαλλοντιστών. Εκείνων των εξελικτικών που θεωρούν ότι τα κοινωνικά φαινόμενα πρέπει να ερμηνεύονται αποκλειστικά με όρους κοινωνικούς, ότι είναι λάθος να καταφεύγουμε σε έναν τέτοιο ακραίο ερμηνευτικό αναγωγισμό. Ίδού λοιπόν ένα εμπόδιο που συνάντησε από τον ίδιο τον κύκλο των πιστών της η διευρυμένη συνθετική θεωρία. Ακόμη περισσότερη κριτική υπέστη όταν δύο αμερικανοί παλαιοντολόγοι, οι Steve Gould και Niles Eldredge, παρατήρησαν ότι τα απολιθώματα δείχνουν μακρές περιόδους στάσης, δηλαδή έλλειψης μορφολογικών αλλαγών, ακολουθούμενες από σύντομες περιόδους κρίσεων, δραστηκών μορφολογικών αλλαγών. Πρόκειται για τη θεωρία της διαλείπουσας ισορροπίας. Παρόλο ότι αυτή η θεωρία μπορεί να είναι συμβατή με τη συνθετική θεωρία –και σήμερα έτσι αντιμετωπίζεται, δεδομένου ότι το βαθμιαίο των αλλαγών δεν αποτελεί εκ των ων ουκ άνευ στοιχείων της συνθετικής θεωρίας–, προβλήθηκε, κατά τη γνώμη μου για λόγους καθαρά διαφημιστικούς, ως ο αντίποδας του σύγχρονου δαρβινισμού. Ότι η διαλείπουσα ισορροπία και η συνθετική θεωρία αποτελούν τμήματα του ίδιου θεωρητικού κατασκευάσματος φαίνεται άλλωστε και από τη συμπεριφορά των ίδιων των πρωταγωνιστών που διατύπωσαν τη θεωρία της διαλείπουσας ισορροπίας: δεν απέχουν ριζικά από όσα πρεσβεύουν άλλοι σύγχρονοι νεοδαρβινιστές.

Μια πολύ πιο σοβαρή αμφισβήτηση του νεοδαρβινισμού συναντάμε με τη θεωρία της επιλεκτικής ουδετερότητας. Οι δημιουργοί της, ο King, ο Jukes, αλλά ιδίως ο γιαιπωνέζος Motoo Kimura και οι οπαδοί του, βεβαιώνουν ότι οι εξελικτικές αλλαγές στο μοριακό επίπεδο, στην ακολουθία των βάσεων του DNA, δεν υπόκεινται σε επιλεκτικές διαδικασίες, αλλά ότι οι μόνες δυνάμεις που τις διέπουν είναι τυχαίες, η μεταλλαγή και η γενετική παρέκκλιση. Ο συνδυασμός αυτών των δυο δυνάμεων επιτρέπει τον καθορισμό και τη βαθμολόγηση ενός μοριακού ρολογιού, με το οποίο μετρείται ο εξελικτικός χρόνος που παρήλθε. Στο μορφολογικό και στο φυσιολογικό επίπεδο, καθώς και σε εκείνο της συμπεριφοράς, είμαστε, σύμφωνα με τον Kimura, μάρτυρες της δράσης της φυσικής επιλογής, όχι όμως στο μοριακό επίπεδο. Αυτή η πρόταση φαίνεται να στερείται λογικής συνοχής, όμως η θεωρία της επιλεκτικής ουδετερότητας έτυχε ευρείας υποστήριξης. Σχετικώς πρόσφατα δεδομένα δείχνουν ότι και στο μοριακό επίπεδο ανιχνεύονται τα ίχνη πολλών και σημαντικών δράσεων της φυσικής επιλογής.

Τελειώνω αυτή τη σύντομη έκθεση με την επισήμανση ενός νέου τομέα που διανοίγεται και ο οποίος μπορεί να συστήσει έναν τελευταίο και τον πέμπτο σταθμό. Πρόκειται για τη σύζευξη και αλληλόδραση μεταξύ δύο επιστημονικών κλάδων που μέχρι σήμερα παρέμεναν αρκετά απομονωμένοι μεταξύ τους, παρά τις γενόμενες κατά καιρούς προσπάθειες, τη Μοριακή και Πειραματική Εμβρυολογία και τη σύγχρονη Εξελικτική. Πρόκειται για το καλούμενο *evo-devo* (evolution-and development, εξέλιξη και ανάπτυξη). Οι νεότερες μελέτες προσφέρουν πολλές πληροφορίες για τη γενετική της εμβρυϊκής ανάπτυξης, για την παρου-

σία ομοιοτικών γονιδίων, για την παρουσία των γονιδίων pair ruled, για τις ομοιότητες που παρουσιάζονται ακόμη και μεταξύ πολύ απομακρυσμένων φυλογενετικά οργανισμών στα δομικά τους γονίδια, για τη σημασία του ελέγχου της γονιδιακής έκφρασης και μάλιστα σε διάφορες χρονικές περιόδους της ανάπτυξης, τέλος για τη γενετική δομή των ποσοτικών χαρακτηριστικών. Αυτά τα νέα δεδομένα μάς οδηγούν να αντιμετωπίσουμε τα εξελικτικά φαινόμενα με ένα καινούριο φως. Διαδραματίζουν έναν αντίστοιχο ρόλο με εκείνον που έπαιξε η ρωσική σχολή στις δεκαετίες του 1920 και του 1930. Φαίνεται λοιπόν να διαμορφώνεται ένας πλουσιότερος και πιο εκλεπτυσμένος εξελικτισμός, ο εξελικτισμός του 21ου αιώνα. Τα χαρακτηριστικά του όμως παραμένουν ακόμη αγνά και εν τινι μέτρω ομιχλώδη.

