

Επιστημονική Ιατρική και εκκλησία, τον 18ο αι.

Η πολυκύμαντη σχέση εκκλησίας και επιστήμης έχει μακρά ιστορία. Υπήρξαν περιπτώσεις που η ορθόδοξη εκκλησία αντιτάχθηκε σθεναρά στις επιστημονικές εξελίξεις και περιστάσεις στις οποίες η εκκλησία χρειάστηκε να συμμαχήσει με την επιστήμη της ιατρικής.

ΣΕΛΙΔΑ 8



Φυτά απομακρύνουν τοξικές ουσίες από το έδαφος

Η αποκατάσταση της χημικής σύστασης του εδάφους σε μολυσμένα περιβάλλοντα είναι μια μεγάλη πρόκληση της εποχής μας. Ορισμένα είδη φυτών συμβάλλουν προς αυτήν την κατεύθυνση παρέχοντας μια εναλλακτική προσέγγιση φιλική προς το περιβάλλον.

ΣΕΛΙΔΕΣ 4-5

Φυτό της ερήμου αποκαλύπτει το μυστικό της επιβίωσης και της μακροζωίας

Στην έρημο της Δυτικής Αφρικής ζει το μακροβιότερο φυτό, το *Welwitschia mirabilis*, το οποίο ξεχωρίζει για την παράξενη όψη του και για την μακροβιότητά του. Πρόσφατη δημοσίευση φέρνει στο φως τα μυστικά που βρίσκονται κρυμμένα στο γενετικό υλικό του.

ΣΕΛΙΔΑ 6

Ο «πόλεμος» των κόσμων

Η κρίση αξιοπιστίας της σύγχρονης επιστήμης, που συνήθως καλείται «κρίση της επαναληψιμότητας», έχει δημιουργήσει μια σχεδόν διακριτή μερίδα της επιστημονικής κοινότητας, που ασχολείται αποκλειστικά με τη διαλεύκανση των αιτιών που την έχουν προκαλέσει, καθώς και με τη δημιουργία κατάλληλων αντιμέτρων. Οι Ανθρωπιστικές Επιστήμες είχαν μείνει στις παρυφές της συζήτησης, μέχρι που το 2018 κλήθηκαν να περιγράψουν τους τρόπους με τους οποίους διασφαλίζουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους. Αυτό δημιούργησε μια αντιπαράθεση σε επιστημολογικό επίπεδο που, παρότι δεν κατέληξε σε συγκεκριμένο αποτέλεσμα, έφερε σε αλληλεπίδραση τον κόσμο των εμπειρικών με τον κόσμο των ερμηνευτικών επιστημών.

ΣΕΛΙΔΑ 7

Ο Κάρινγκτον και η τέλεια ηλιακή καταιγίδα



Την 1η Σεπτεμβρίου 1859, μια τυχαία παρατήρηση θα χάριζε στον αστρονόμο Ρίτσαρντ Κάρινγκτον την αθανασία και στην ανθρωπότητα την πρώτη και ισχυρότερη καταγεγραμμένη ηλιακή καταιγίδα.

ΣΕΛΙΔΕΣ 2-3



et consumimur igni

Διασχίζουμε μίαν εποχή όπως περνάμε την άκρη της Dogana, δηλαδή μάλλον γρήγορα.

Στην αρχή δεν την κοιτάμε καν, ενώ πλησιάζει. Κι ύστερα την ανακαλύπτουμε φτάνοντας στο ύψος της, και πρέπει να παραδεχτούμε ότι φτιάχτηκε έτσι, κι όχι αλλιώς. Προσπερνάμε όμως κιόλας τον κάβο, και την αφήνουμε πίσω, και ξανοιγόμαστε σε άγνωστα νερά.

[...] Μέσα σε είκοσι χρόνια, δεν προλαβαίνει κανείς να ζήσει πραγματικά παρά σε ελάχιστα σπίτια. Ήσαν όλα φτωχά, το υπογραμμίζω, μα σε καλή θέση. Ό,τι άξιζε ήταν καλοδεχούμενο και για τα υπόλοιπα η πόρτα κλειστή. Η ελευθερία δεν είχε τότε πολλά άλλα μέρη να μείνει.

[...] Η αίσθηση της ροής του χρόνου υπήρξε πάντα πολύ έντονη μέσα μου, και με τραβούσε, όπως άλλους τους τραβάει το κενό ή το νερό. Μ' αυτή την έννοια, αγάπησα την εποχή μου, που είδε να χάνεται κάθε υφιστάμενη ασφάλεια και να καταρρέουν όλα όσα είχαν επιβληθεί κοινωνικά.

[...] Διασχίζουμε τώρα το τοπίο αυτό, το ρημαγμένο από τον πόλεμο που μια κοινωνία έχει εξαπολύσει εναντίον του εαυτού της, εναντίον των ιδίων της των δυνατοτήτων. Το ασχήμισμα των πάντων ήταν πιθανόν το αναπόφευκτο τίμημα της σύγκρουσης. Μόνο επειδή ο εκθρόνος έφτασε να κάνει τόσα λάθη, αρχίσαμε εμείς να κερδίζουμε.

Η πιο αληθινή αιτία του πολέμου, για τον οποίο τόσες απατηλές ερμηνείες έχουν δοθεί, είναι πως έπρεπε αναγκαστικά να προκύψει σαν μια σύγκρουση πάνω στο θέμα της αλλαγής. Δεν του έμνε πλεον κανένα από τα χαρακτηριστικά μιας σύγκρουσης μεταξύ συντήρησης και αλλαγής. Κι ήμασταν εμείς, περισσότερο από τον καθένα, οι άνθρωποι της αλλαγής, σε καιρούς που άλλαζαν. Οι ιδιοκτήτες της κοινωνίας ήσαν αναγκασμένοι, για να κρατηθούν, να θέλουν μια αλλαγή που ήταν η αντίθετη από τη δική μας. Θέλαμε να ξαναχτίσουμε τα πάντα, κι αυτοί επίσης, αλλά σε κατευθύνσεις εκ διαμέτρου αντίθετες. Αυτό που φτιάξανε αρκεί για να δείξει, στο αρνητικό, το δικό μας σχέδιο. Τα τεράστια έργα τους τούς έφεραν λοιπόν εδώ, σε αυτή τη διαφθορά. Το μίσος της διαλεκτικής οδήγησε τα βήματά τους ίσαμε αυτήν εδώ τη χαβούζα.

Έπρεπε να εξαφανίσουμε –και είχαμε γι' αυτό ικανά όπλα– κάθε ψευδαίσθηση διαλόγου ανάμεσα σε αυτές τις ανταγωνιστικές προοπτικές. Κι έπειτα τα γεγονότα θα έδιναν την ετυμηγορία τους. Και την έδωσαν.

Έχει γίνει ακυβέρνητη αυτή η «χαλασμένη γη» όπου νέες οδύνες κρύβονται πίσω από το όνομα παλαιών απολαύσεων, κι όπου οι άνθρωποι φοβούνται τόσο πολύ. Γυρίζουν γύρω-γύρω μέσα στη νύχτα και κατατρώνονται από τη φωτιά. Ξυπνούν σαστισμένοι και ψάχνουν τη ζωή ψηλαφώντας. Κυκλοφορεί η φήμη πως, αυτοί που την απαλλοτρίωσαν, την έχουν, σαν επιστέγασμα, χάσει.

Να λοιπόν ένας πολιτισμός που φλέγεται, καταποντίζεται και χάνεται ολόκληρος. Όμορφος τορπιλισμός αλήθεια!

Guy Debord, in girum imus nocte et consumimur igni,
μετάφραση Ανδρέας Βαρίκας

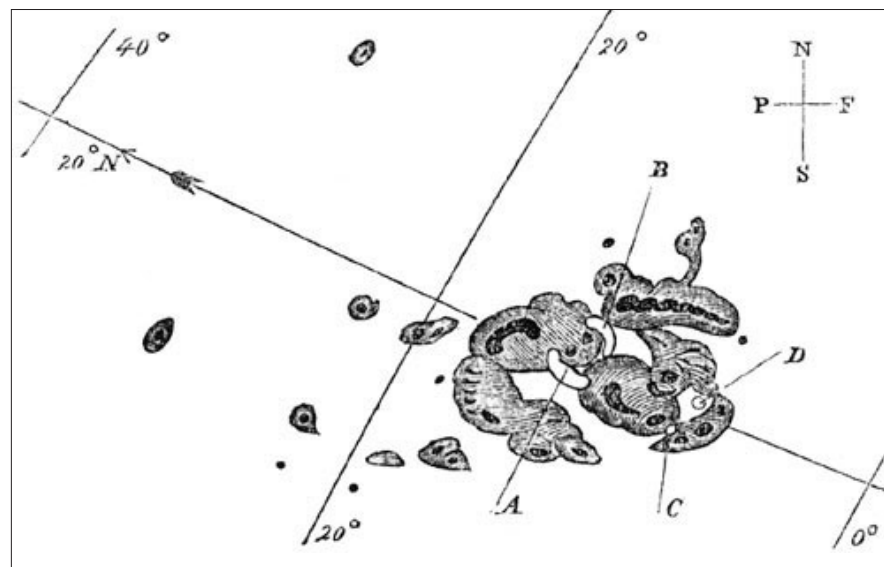
Ο Κάρινγκτον και η τέλεια

Παρόλο που σήμερα γνωρίζουμε για το διαστημικό καιρό και για τον ρόλο που παίζουν οι ηλιακές κηλίδες και τα εκρηκτικά ηλιακά φαινόμενα, μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα, η φύση των ηλιακών κηλίδων, του γήινου μαγνητισμού και η μεταξύ τους σχέση παρέμεναν άγνωστες. Μέσα σε λίγες μόνο δεκαετίες, αυτό επρόκειτο να αλλάξει, καθώς τον Σεπτέμβριο του 1859, η ανθρωπότητα ήρθε για πρώτη φορά αντιμέτωπη με τις συνέπειες μιας ηλιακής καταιγίδας.

Από τη ζυθοποιεία στην αστρονομία

Ο Ρίτσαρντ Κάρινγκτον ήταν γιος ζυθοποιού, προορισμένος να γίνει κληρικός. Ωστόσο, οι σπουδές του στο Trinity College του Cambridge τον οδήγησαν στην αστρονομία και του έδωσαν τη δυνατότητα να υπηρετήσει, μετά το τέλος των σπουδών του, ως παρατηρητής στο πανεπιστήμιο του Durham. Από τον Οκτώβριο του 1849 ως τον Μάρτιο του 1852, και παρά τις δυσκολίες που συνάντησε εκεί, κατάφερε να συγκεντρώσει αρκετές παρατηρήσεις ώστε αυτές να δημοσιευτούν σε επιστημονικά περιοδικά της εποχής. Οι ικανότητές του ως παρατηρητής αναγνωρίστηκαν από τη Βασιλική Αστρονομική Εταιρεία (Royal Astronomical Society), της οποίας έγινε μέλος το Μάρτιο του 1851.

Η φιλοδοξία του Κάρινγκτον, ωστόσο, ήταν να παρατηρήσει και να καταγράψει τους αμυδρότερους αστέρες γύρω από το βόρειο ουράνιο πόλο, επεκτείνοντας και συμπληρώνοντας το έργο παλαιότερων αστρονόμων. Το 1852, έχοντας εξασφαλισμένο εισόδημα από την οικογενειακή επιχείρηση της ζυθοποιίας, επέλεξε μια τοποθεσία στο Redhill του Surrey, για να χτίσει την κατοικία του και να εξοπλίσει το αστεροσκοπείο που στεγαζόταν στο ίδιο κτήριο. Οι παρατηρήσεις τριών ετών, μεταξύ 1854 και 1857, του επέτρεψαν να εκ-



Σχέδιο της ομάδας κηλίδων που παρατήρησε ο Κάρινγκτον την 1η Σεπτεμβρίου 1859. Οι δύο λευκοί σχηματισμοί (A και B) αντιστοιχούν στην έκλαμψη που παρατήρησε.

δώσει έναν κατάλογο 3735 αστερών, για τον οποίο βραβεύτηκε με το Χρυσό Μετάλλιο της Βασιλικής Αστρονομικής Εταιρείας.

Την ίδια εποχή, παράλληλα με τις νυχτερινές παρατηρήσεις, ο Κάρινγκτον είχε ξεκινήσει ένα δευτερεύον πρόγραμμα παρατηρήσεων κατά τη διάρκεια της ημέρας, με στόχο, αυτή τη φορά, τον Ήλιο.

Ηλιακές κηλίδες και γήινος μαγνητισμός

Παρόλο που αναφορές στις ηλιακές κηλίδες υπάρχουν από την αρχαιότητα και το μεσαίωνα, συστηματικές παρατηρήσεις ξεκίνησαν να συγκεντρώνονται μόλις από τις αρχές του 17^{ου} αιώνα, όταν το τηλεσκόπιο άρχισε να χρησιμοποιείται ως όργανο αστρονομικής παρατήρησης. Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και των συγχρόνων του εδραίωσαν τις ηλιακές κηλίδες ως φαινόμενα της ηλιακής ατμόσφαιρας και έδειξαν ότι δεν πρόκειται για μικρούς πλανήτες κο-

ντά στον Ήλιο. Ωστόσο, η φύση τους παρέμενε άγνωστη, με διάφορες θεωρίες να προτείνουν ότι πρόκειται για ανοίγματα στην ατμόσφαιρα του Ήλιου ή βουνά που προεξείχαν από αυτή όταν οι συνθήκες ήταν κατάλληλες. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, η συσσώρευση καταγραφών του ημερήσιου αριθμού των κηλίδων οδήγησε τους Wolf και Schwabe στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός τους παρουσιάζει διακύμανση με περίοδο περίπου έντεκα χρόνια. Πρόκειται για τον γνωστό, πλέον, ενδεκαετή κύκλο της ηλιακής δραστηριότητας.

Ταυτόχρονα, άνθιση γνώριζε η μελέτη του γήινου μαγνητισμού. Είχε ήδη γίνει αντιληπτό μέσω της ευρείας χρήσης των πυξίδων και των υπερπόντιων ταξιδιών ότι το μαγνητικό πεδίο της Γης παρουσίαζε πολύπλοκες διακυμάνσεις και το βρετανικό Ναυτικό με τη Βασιλική Εταιρεία αντιμετώπιζαν τη μελέτη του ως «βρετανική επιστήμη». Για αυτό το λόγο, ο Ιρλανδός πολυμαθής και 30^{ος} πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας, Edward Sabine, προέτρεψε την κυβέρνη-

Συνδεθείτε με το «Πρίσμα» στο Facebook:
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE/

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Λήδα Αρνέλλου, Διδάκτωρ Επικοινωνίας της Επιστήμης
Γιάννης Κοντογιάννης, Διδάκτωρ Αστροφυσικής
Μανώλης Πατνιώτης, Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών ΕΚΠΑ
Δημήτρης Πετάκος, Διδάκτωρ Ιστορίας των Επιστημών
Μαρία Τσίπη, Διδάκτωρ Γενετικής

ηλιακή καταιγίδα

ση να εγκαταστήσει σταθμούς μετρήσεων του μαγνητικού πεδίου σε διάφορες περιοχές ανά την υφήλιο, ξεκινώντας, σε συνεργασία και με επιστήμονες από άλλες χώρες (όπως ο Humboldt από το Αστεροσκοπείο του Βερολίνου), τη λεγόμενη «Σταυροφορία του Μαγνητισμού» (Magnetic Crusade).

Η επιχείρηση διευκολύνθηκε από την ανάπτυξη κατάλληλων πειραματικών διατάξεων, τους μαγνητογράφους. Τα όργανα αυτά αποτελούνταν από μια μαγνητική βελόνα σε σκοτεινό θάλαμο, η οποία μπορούσε να κινείται ελεύθερα, ακολουθώντας τις διακυμάνσεις του μαγνητικού πεδίου. Μια ακτίνα φωτός έπεφτε πάνω στη βελόνα και, ανακλώμενη, κατέληγε σε έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο με επένδυση φωτογραφικού χαρτιού. Καθώς ο κύλινδρος περιστρεφόταν το ίχνος της φωτεινής ακτίνας αποτύπωνε την ένταση του μαγνητικού πεδίου πάνω στο χαρτί. Βασισμένος σε τέτοιες καταγραφές, ο Sabine διαπίστωσε το 1852 ότι η διακύμανση του μαγνητικού πεδίου αποτελούνταν από μια ημερήσια διακύμανση και μια πιο πολύπλοκη, η οποία φαινόταν να ακολουθεί τον ενδεκαετή κύκλο των ηλιακών κηλίδων.

Το συμβάν του Κάρινγκτον (The Carrington Event)

Οι πρόσφατες ανακαλύψεις σχετικά με τις ηλιακές κηλίδες και τον γήινο μαγνητισμό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι απεικονίσεις των ηλιακών κηλίδων ήταν σπάνιες, παρά το γεγονός ότι είχε καθιερωθεί η συστηματική καταγραφή του αριθμού τους, οδήγησαν τον Κάρινγκτον να ξεκινήσει ένα ακόμα πρόγραμμα παρατηρήσεων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο, σκοπός του δεν ήταν να κατανοήσει τη φύση των κηλίδων αλλά να καταγράφει τις θέσεις και τα μεγέθη τους και να χρησιμοποιήσει την κίνησή τους στον ηλιακό δίσκο για να μετρήσει την περιστροφή του Ήλιου. Για αυτό το λόγο διαμόρφωσε το τηλεσκόπιό του κατάλληλα ώστε η εικόνα του Ήλιου να προβάλλεται πάνω σε χαρτί, όπου δυο κάθετα μεταξύ τους, χρυσά σύρματα χρησίμευαν ως σταθερά σημεία αναφοράς. Ένα σύστημα σκίασης γύρω από το τηλεσκόπιο «έκοβε» το υπόλοιπο διάχυτο φως επιτρέποντάς του να βλέπει καλύτερα το είδωλο του Ήλιου. Στη συνέχεια, ο Κάρινγκτον σκιαγραφούσε τις κηλί-

δες που προβαλλόταν πάνω στο χαρτί και μετρούσε την κίνησή τους χρησιμοποιώντας ένα χρονόμετρο. Οι πολύ σημαντικές, λεπτομερείς παρατηρήσεις που συγκέντρωσε από το 1853 ως το 1861 εκδόθηκαν από τη Βασιλική Εταιρεία, αλλά μια τυχαία παρατήρηση έμελλε να χαρίσει στον Κάρινγκτον την αθανασία.

Παρόλο που ο πρόσφατος θάνατος του πατέρα του σήμαινε πως έπρεπε να αφιερώνει περισσότερο χρόνο στην οικογενειακή επιχείρηση, την 1^η Σεπτεμβρίου του 1859, ο Κάρινγκτον ξεκίνησε όπως σχεδόν καθημερινά, την παρατήρηση του Ήλιου. Η μέρα ήταν ιδιαίτερη, καθώς ήταν ορατή μια τεράστια ομάδα κηλίδων, έκτασης περίπου δέκα φορές όσο η διάμετρος της Γης.

Στις 11:18 είχε ολοκληρώσει τη σκιαγράφηση των κηλίδων και πλέον παρατηρούσε την κίνησή του ειδώλου τους πάνω στο χαρτί, όταν, ξαφνικά, πάνω στις κηλίδες εμφανίστηκαν δυο έντονες λάμψεις, σαν κεραυνοί αλλά πιο καμπυλωτοί. Καθώς το φαινόμενο δεν ήταν στιγμιαίο, ο Κάρινγκτον αρχικά εξέτασε το σύστημα σκίασης, προκειμένου να δει αν υπήρχε κάποιο άνοιγμα που επέτρεπε το φως της ημέρας να περνά. Όταν διαπίστωσε ότι το φαινόμενο ήταν πράγματι ηλιακής προέλευσης, σημείωσε τη χρονική στιγμή και έτρεξε στο σπίτι του να βρει

έναν μάρτυρα. Μερικά λεπτά αργότερα, το φαινόμενο ήταν ακόμα ορατό, αν και εξασθενημένο και ο Κάρινγκτον συνέχισε την παρατήρηση για την επόμενη ώρα, ώπου όλα είχαν πλέον επιστρέψει στην προηγούμενη κατάσταση. Ο Κάρινγκτον είχε μόλις παρατηρήσει μια έκλαμψη, την πρώτη και ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη που έχει ποτέ καταγραφεί μέχρι σήμερα.

Στην αναζήτησή και άλλων μαρτυριών που θα επιβεβαίωναν την παρατήρησή του, ο Κάρινγκτον επισκέφτηκε το αστεροσκοπείο του Kew. Δυστυχώς, η τελευταία εικόνα του Ήλιου είχε σχεδιαστεί μια ημέρα πριν. Ωστόσο, το αστεροσκοπείο ήταν μέρος του δικτύου μετρήσεων του μαγνητισμού της Γης και κάτι παράξενο είχε συμβεί την 1^η Σεπτεμβρίου. Σχεδόν την ίδια στιγμή που ο Κάρινγκτον κατέγραψε την έκλαμψη, το γράφημα του μαγνητογράφου είχε αποτυπώσει μια απότομη και σύντομη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου της Γης. Δεκαοχτώ ώρες αργότερα είχε ξεκινήσει μια ακόμη πιο έντονη μεταβολή του γήινου μαγνητισμού, η οποία, μάλιστα, συνεχιζόταν ακόμα κατά τη διάρκεια της επίσκεψης του Κάρινγκτον στο αστεροσκοπείο. Ήταν η ισχυρότερη διαταραχή του γήινου μαγνητισμού που είχε καταγράψει το αστεροσκοπείο του Kew.

Κατά τις νύχτες της 1^{ης} και 2^{ης} Σε-

πτεμβρίου, οι αναφορές για πολικό σέλας, ένα ήδη γνωστό φαινόμενο, έρχονταν από περιοχές μακριά από τους πόλους. Σχεδόν όλη η κεντρική Ευρώπη, ακόμη και η Ρώμη στην Ιταλία, η Φλόριντα, η Κούβα, το Περθ στην Αυστραλία και η βόρεια Χιλή, βίωναν για πρώτη φορά το εντυπωσιακό αυτό φαινόμενο ενώ στις βορειότερες περιοχές το σέλας ήταν εντονότερο από ποτέ. Σε πολλές περιοχές οι λάμψεις ήταν τόσο έντονες που εργάτες ξυπνούσαν πιστεύοντας ότι είχε ξημερώσει. Παράλληλα, η ανθρωπότητα ήρθε για πρώτη φορά αντιμέτωπη με την βίαιη πλευρά αυτών των φαινομένων. Τα δίκτυα τηλεγράφου που ήταν αρκετά διαδεδομένα έπαψαν να λειτουργούν κανονικά, καθώς οι μαγνητικές διαταραχές είχαν ως αποτέλεσμα να υπερφορτώνονται τα καλώδια με ισχυρό, επαγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Σε πολλές περιπτώσεις, οι χειριστές δεν μπορούσαν να πλησιάσουν τις συσκευές καθώς κινδύνευαν από ηλεκτροπληξία.

Τα νέα από την παρατήρηση του Κάρινγκτον διαδόθηκαν στους επιστημονικούς κύκλους με αποτέλεσμα να βρεθεί άλλος ένας αστρονόμος που είχε παρατηρήσει την έκλαμψη, ο Ρίτσαρντ Χόντγκκσον. Οι δυο παρατηρητές συμφώνησαν να καταθέσουν ενώπιον της Βασιλικής Αστρονομικής Εταιρείας τα ευρήματά τους, χωρίς να ανταλλάξουν άλλες πληροφορίες στο ενδιαμέσο, προκειμένου να διατηρήσουν τις μαρτυρίες τους αναλλοίωτες. Πράγματι, στη συνεδρίαση της 11^{ης} Νοεμβρίου 1859, οι Κάρινγκτον και Χόντγκκσον παρουσίασαν, ανεξάρτητα, τα ευρήματά τους στην Εταιρεία, η οποία αναγνώρισε τη σημασία της ανακάλυψής τους. Παρόλο που ο Ήλιος βρισκόταν δεκάδες εκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά, ένα φαινόμενο της ατμόσφαιράς του φαινόταν να έχει σχεδόν άμεσες επιπτώσεις στη Γη, χωρίς αυτές να σχετίζονται με τη βαρύτητα. Ωστόσο, τόσο η Εταιρεία όσο και ο ίδιος ο Κάρινγκτον δεν παρουσίασαν κάποια εικασία για τη σύνδεση της έκλαμψης με το γεωμαγνητισμό καθώς δεν υπήρχε κάποιος γνωστός μηχανισμός που να δικαιολογεί μια τέτοια σύνδεση.

Γ.Κ.

Πηγή

The Sun Kings. The unexpected tragedy of Richard Carrington and the tale of how modern astronomy began. Stuart Clark, Princeton University Press

Το πολικό σέλας



Μια εναλλακτική προσέγγιση στη βιομηχανική ρύπανση

Φυτά απομακρύνουν τοξικές ουσίες από

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι ρύποι που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και κυρίως από τον βιομηχανικό τομέα επιβαρύνουν, πολλές φορές μη αντιστρεπτά, το φυσικό περιβάλλον. Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του προβλήματος, ενώ το ορυκτέλαιο και τα βαρέα μέταλλα αποτελούν τους πιο συχνούς μολυσματικούς παράγοντες καθώς συμβάλλουν κατά 60% στη ρύπανση του εδάφους.

Η αποκατάσταση της χημικής σύστασης και της ποιότητας του εδάφους σε περιβάλλοντα που έχουν επιβαρυνθεί από ρυπογόνες δραστηριότητες, όπως σε χώρους εξορύξεων ή σε βιομηχανικές περιοχές, είναι μια μεγάλη πρόκληση της εποχής μας. Ορισμένα είδη φυτών μπορούν να συμβάλλουν προς αυτήν την κατεύθυνση, δεσμεύοντας, απομακρύνοντας ή αδρανοποιώντας ρύπους, παρέχοντας μια εναλλακτική προσέγγιση φιλική προς το περιβάλλον.

Φυτική απορρύπανση

Ακόμα και αν οι ρύποι βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορούν να διαπεράσουν την τροφική αλυσίδα διότι συσσωρεύονται αρχικά στα φυτά και μετά στα ζώα και εν τέλει και στον άνθρωπο, προκαλώντας τους σοβαρές βλάβες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα βιοσυσσώρευσης παρατηρείται με τα βαρέα μέταλλα. Συνήθως εναποτίθενται στο έδαφος ως παραπροϊόν της βιομηχανικής δραστηριότητας. Επειδή δεν είναι βιοδιασπώμενα κι επομένως δεν μπορούν να αποικοδομηθούν από τους μικροοργανισμούς, συσσωρεύονται και παραμένουν εκεί για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Εξαιτίας της τοξικότητάς τους, αποτελούν μια σοβαρή απειλή για τα οικοσυστήματα. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για τους ζωντανούς οργανισμούς καθώς επίσης και τον άνθρωπο.

Επομένως η απομάκρυνση των ρύπων από το έδαφος είναι απαραίτητη και μπορεί πλέον να επιτευχθεί με ποικίλες μεθοδολογίες. Για παράδειγμα, τα βαρέα μέταλλα απομακρύνονται με μηχανικό τρόπο ή με χημική επεξεργασία όπως η εκσκαφή, η καύση, η ταφή ή η πλύση του εδάφους. Αυτές οι συμβατικές μεθοδολογίες έχουν υψηλό κόστος και δεν είναι πάντα αποτελεσματικές στην απομάκρυνση των ρύπων. Ταυτόχρονα διαταράσσουν το οικοσύστημα, μεταβάλλοντας, συχνά μη αντιστρεπτά, τις βιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους.

Η απομάκρυνση των ρύπων από το έδαφος, είτε οργανικών είτε ανόργανων, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια φυτών με μια πιο φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση, η οποία ονομάζεται



«φυτική απορρύπανση» ή αλλιώς “phytoremediation”. Ορισμένα φυτά μπορούν να βοηθήσουν πολύ προς αυτήν την κατεύθυνση με την απομάκρυνση διάφορων ειδών ρύπων, όπως μέταλλα, παρασιτοκτόνα καθώς επίσης και άλλων επιβλαβών ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Δεσμεύοντας τους ρύπους εμποδίζουν τη διασπορά τους με τον αέρα ή τη βροχή ή μέσω των υπόγειων υδάτων και έτσι επιτυγχάνεται ο περιορισμός της επιμόλυνσης σε γειτονικές περιοχές ή σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης των ρύπων

Τα φυτά μπορούν να απομακρύνουν τους ρύπους με διάφορους τρόπους, ανάλογα με το εί-

Το φυτό *Thlaspi caerulescens* μπορεί να συσσωρεύει βαρέα μέταλλα από το έδαφος. Πηγή: Wikimedia Commons



δος των φυτών και με τη χημική σύσταση των ρύπων. Αρχικά απορροφούν με το ριζικό τους σύστημα το νερό μαζί με τους ρύπους που βρίσκονται στο έδαφος, ενώ στη συνέχεια τους αποθηκεύουν ή τους διασπούν σε λιγότερο επιβλαβείς χημικές ενώσεις. Μια τη διαδικασία της φυτικής συσσώρευσης, ορισμένα φυτά προσλαμβάνουν και αποθηκεύουν στα κύτταρά τους μέταλλα που βρίσκονται σε υψηλή συγκέντρωση στο έδαφος στο οποίο βρίσκονται. Μέχρι στιγμής έχουν περιγραφεί εκατοντάδες φυτικά είδη που μπορούν να συσσωρεύσουν μέταλλα όπως το νικέλιο, ο υδράργυρος, το μαγγάνιο και το αρσενικό, στα φύλλα, στις ρίζες ή στους βλαστούς τους, σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτά. Έχει βρεθεί ότι η συσσώρευση των μετάλλων στα φύλλα αποτρέπει έντομα από το να τα καταναλώσουν και προσδίδει ανθεκτικότητα όσον αφορά την προσβολή τους από μύκητες και βακτήρια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το φυτό *Thlaspi caerulescens* που συσσωρεύει στα φύλλα του μεγάλες ποσότητες ψευδαργύρου χωρίς να επηρεάζεται η ανάπτυξη του, ενώ ταυτόχρονα θεωρείται ότι έτσι προστατεύεται απέναντι σε έντομα και μικροοργανισμούς.

Κάποια άλλα φυτά μπορούν να διασπάσουν επιβλαβείς χημικές ενώσεις, είτε απελευθερώνοντας στο έδαφος ειδικά για το σκοπό αυτό ένζυμα, είτε προσλαμβάνοντας τις χημικές ουσίες και διασπώντας τις στο εσωτερικό των κυττάρων τους. Σε κάθε περίπτωση το αποτέλεσμα είναι το επιθυμητό: οι τοξικοί ρύποι όχι μόνο απομακρύνονται αλλά και καθίστανται λιγότερο βλαβεροί για το περιβάλλον και τους οργανισμούς. Στην περίπτωση των μετάλλων, που δεν μπορούν να διασπαστούν, τα φυτά αναλαμβάνουν να τα τροποποιήσουν ώστε να μειώσουν τη δραστηριότητά τους και να τα αποθηκεύσουν. Άλλα φυτά διευκολύνουν τη διαδικασία της απορρύπανσης με διαφορετικό τρόπο: τροφοδοτούν τους μικροοργανισμούς, όπως για παράδειγμα βακτήρια που ζουν στο έδαφος, με θρεπτικά συστατικά έτσι ώστε να αναλαμβάνουν εκείνα να δεσμεύσουν τους ρύπους. Οι ρύποι συγκεντρώνονται στις ρίζες των φυτών και παραμένουν εκεί, συχνά αφού έχουν διασπαστεί σε λιγότερο τοξικές χημικές ενώσεις.

Επιπρόσθετα, ορισμένα φυτά και μικροοργανισμοί μπορούν να μετατρέπουν τοξικές ουσίες σε λιγότερο επιβλαβή αέρια, τα οποία απελευθερώνονται στον αέρα. Η μέθοδος αυτή έχει σημαντικά πλεονεκτήματα διότι τα αέρια που απελευθερώνονται δεν παρουσιάζουν την ίδια τοξικότητα και δεν χρειάζεται να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία. Τα φυτά που συσσω-

το έδαφος

ρεύουν υδράργυρο και σελήνιο ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Η διάσπαση με την απελευθέρωση ενζύμων στις ρίζες ή μέσω χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό των φυτών αφορά κυρίως τους οργανικούς ρύπους. Η λεύκα αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα φυτού που έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για αυτόν τον σκοπό.

Φυτά-σύμμαχοι στην αποκατάσταση του εδάφους

Η επιλογή των φυτών που μπορούν να επιτελέσουν το έργο της απορρύπανσης του εδάφους έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα και αποτελεί ένα κομβικό σημείο για την εξυγίανσή του. Τα φυτά πρέπει να είναι ανθεκτικά σε υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων ρύπων. Θα πρέπει, επίσης, να έχουν την ικανότητα να αποσπούν τους ρύπους από το περιβάλλον χωρίς να επηρεάζεται ο ρυθμός ανάπτυξής τους, κάτι που επιτυγχάνουν με τη βοήθεια πυκνών ριζικών συστημάτων. Θα πρέπει επίσης, να αναπτύσσονται γρήγορα και να παράγουν σημαντικές ποσότητες βιομάζας έτσι ώστε να μπορούν να καλύψουν μεγάλες εκτάσεις στις επιβαρυμένες περιοχές. Αρκετά φυτά πληρούν τις προαναφερθείσες προδιαγραφές. Ορισμένα είδη φτέρης αποτελούν άριστα παραδείγματα τέτοιων φυτών διότι έχουν εξελιχθεί έτσι ώστε να μεγαλώνουν αρκετά γρήγορα σε περιβάλλον γεμάτο τοξικούς ρύπους. Σε άλλες περιπτώσεις επιστρατεύονται μεθοδολογίες γενετικής τροποποίησης προκειμένου να δημιουργηθούν φυτά με αυξημένη ικανότητα πρόσληψης και αποθήκευσης τέτοιων ουσιών.

Τα οφέλη από τη χρήση των φυτών στην απορρύπανση είναι σημαντικά. Το βασικότερο ίσως πλεονέκτημα είναι ότι αξιοποιούνται οι φυσικές διαδικασίες και οι μηχανισμοί των φυτών. Δεν επιστρατεύεται ειδικός ενεργειακός εξοπλισμός, το κόστος είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους και δεν απαιτείται επιπρόσθετη επιβάρυνση της περιοχής με σκάψιμο του εδάφους ή με άντληση των μολυσμένων υπόγειων υδάτων. Η διάβρωση του εδάφους περιορίζεται και η βελτίωση του περιβάλλοντος διευκολύνεται σημαντικά. Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι εκτός από το έδαφος όλο το οικοσύστημα που σχετίζεται με αυτό ανακάμπτει σιγά σιγά τις φυσικοχημικές ιδιότητές του. Με τη συσσώρευση και αποθήκευση των ρύπων εντός των φυτών περιορίζεται η διασπορά τους και η επιμόλυνση γειτονικών περιοχών. Σε κάποιες περιπτώσεις τα μέταλλα



Η φτέρη επιστρατεύεται για την απομάκρυνση του αρσενικού από το έδαφος σε μολυσμένη περιοχή στην Ουάσιγκτον των ΗΠΑ. Πηγή: Michael Blaylock (Edenspace Systems Corporation, Purcellville, VA)

μπορούν να ανακτηθούν από τα φυτά και να επαναχρησιμοποιηθούν.

Τα εμπόδια στην εφαρμογή

Ο χρόνος που χρειάζεται για να καθαριστεί το έδαφος από τους ρύπους με αυτήν την προσέγγιση συνήθως αποθαρρύνει τις επιχειρήσεις διότι θεωρείται ότι η επιλογή άλλων λιγότερο περιβαλλοντικά φιλικών μεθόδων επιφέρει γρηγορότερα αποτελέσματα. Παρόλο που εργαστηριακά και επιστημονικά έχει αποδειχθεί η ικανότητα ορισμένων φυτών να καθαρίζουν περιοχές σχετικά γρήγορα και με χαμηλό κόστος, εν τούτοις δεν εφαρμόζεται ακόμα η φυτική απορρύπανση σε ευρεία κλίμακα, σε μολυσμένες εκτάσεις. Αυτό οφείλεται εν πολλοίς στην έλλειψη εξοικείωσης και στην άγνοια γύρω από τη φυτική απορρύπανση που ωθεί στην επικράτηση των συμβατικών μεθόδων.

Το μέγεθος του προβλήματος, δηλαδή οι συγκεντρώσεις και το είδος των ρύπων στο έδαφος, το βάθος και η έκταση της μόλυνσης, καθώς και οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν τις δυνατότητες για εξυγίανση των επιβαρυμένων περιοχών με τη χρήση φυτών. Παράλληλα μπορεί να δημιουργείται η ανάγκη καλλιέργειας πολλών, διαφορετικών φυτικών ειδών για μεγάλα, συνεχόμενα χρονικά διαστήματα, κατά τα οποία θα πρέπει να απαγορεύεται η βόσκηση για να αποτραπεί το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης. Τέλος παρόλο που συγκεντρώνονται οι ρύποι στα φυτά και μειώνεται η διασπορά τους, παρα-

μένει το πρόβλημα της διαχείρισης των μολυσμένων πια φυτών, μετά τη συγκομιδή τους. Στην περίπτωση χρήσιμων μετάλλων, η εξαγωγή και επαναχρησιμοποίησή τους φαίνεται ότι συντελεί προς την κατεύθυνση μιας οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμης απορρύπανσης.

Παρά, λοιπόν, τη μεγάλη εργαστηριακή επιτυχία και τον ενθουσιασμό που προκαλεί η φυτική απορρύπανση στην επιστημονική κοινότητα, οι μελέτες στο πεδίο που να αναδεικνύουν το μειωμένο κόστος και τον απαιτούμενο χρόνο για τη φυτική απορρύπανση είναι πολύ περιορισμένες. Μέχρι το 2015 υπήρχαν περισσότερες από 600 επιστημονικές δημοσιεύσεις πάνω στο θέμα. Από αυτές μόλις οι 40 αφορούσαν μελέτες στο πεδίο. Η έλλειψη της κατανόησης σε βάθος των βιολογικών διαδικασιών με τον οποίο τα φυτά επιτελούν την απορρύπανση είναι ένας ακόμα ανασταλτικός παράγοντας για την καθιέρωσή και την εφαρμογή της σε ευρεία κλίμακα σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Παρόλα αυτά έχει εφαρμοστεί σε λίγες περιοχές, κυρίως σε επιβαρυμένα περιβάλλοντα των Η.Π.Α. Στην πολιτεία Μέριλαντ έχουν αξιοποιηθεί φυτά για να αποκατασταθεί μια περιοχή όπου απορρίπτονταν και καίγονταν βιομηχανικά απόβλητα, που συσσωρεύονταν εκεί για δεκαετίες, από το 1940 μέχρι το 1970 και που είχαν ως αποτέλεσμα την μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Στην Ευρώπη και στην Κίνα επιχειρείται πιλοτικά και με τη συνεργασία 18 χωρών η ανάπτυξη σύγχρονων

μεθόδων απορρύπανσης μολυσμένων εδαφών, που περιλαμβάνουν και τη χρήση φυτών, μέσα από το πρόγραμμα EiCLaR (Enhanced In Situ Bioremediation for Contaminated Land Remediation).

Η αποκατάσταση του εδάφους με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον και με την αξιοποίηση του θαυμαστού κόσμου των φυτών είναι αδιαμφισβήτητη μια προσέγγιση που αξίζει να διερευνηθεί και να αξιοποιηθεί σε ευρεία κλίμακα. Το έδαφος υποστηρίζει τη ζωή και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των οικοσυστημάτων, τα οποία εξυπηρετεί με πολλές, ζωτικής σημασίας, λειτουργίες. Επομένως η απορρύπανσή του οφείλει να αποτελεί δέσμευση και προτεραιότητα σε διεθνές επίπεδο. Η ενίσχυση της έρευνας είναι επίσης επιβεβλημένη για την κατανόηση των σύνθετων αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στους ρύπους, στα φυτά και στους μικροοργανισμούς προκειμένου να αξιοποιηθούν και να προκύψουν νέες δυνατότητες εξυγίανσης του εδάφους με περιβαλλοντικά βιώσιμο τρόπο.

Μ.Τ.

Πηγές:

<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/phytoremediation-17359669/>
Yan A *et al.* Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Front. Plant Sci.*, 30 April 2020

Φυτό της ερήμου αποκαλύπτει το μυστικό της επιβίωσης και της μακροζωίας

Στην δυτική Αφρική, στις αφιλόξενο περιβάλλον της ερήμου ανάμεσα στην Αγκόλα και τη Ναμίμπια, ζει το μακροβιότερο είδος του φυτικού βασιλείου. Το φυτό αυτό ξεχωρίζει για την παράξενη όψη του, που θυμίζει χταπόδι και για την μακροβιότητά του, αφού μπορεί να επιβιώσει στην έρημο για χιλιάδες χρόνια. Επιστημονική ομάδα σε πρόσφατη δημοσίευση επιχείρησε να φέρει στο φως τα μυστικά της μακροζωίας και της ανθεκτικότητάς του που βρίσκονται κρυμμένα στο γενετικό υλικό του.

Ο survivor της ερήμου

Πρόκειται για το φυτό *Welwitschia*, το οποίο πήρε το παράξενο όνομά του από τον Αυστριακό καθηγητή βοτανικής Φρίντριχ Βέλβιτς που το συνάντησε καθώς μελετούσε τη χλωρίδα της Αγκόλα και το περιέγραψε πρώτος το 1859. Ο ίδιος περιγράφει ότι μόλις το αντίκρυσε στην έρημο το κοιτούσε για πολλή ώρα, προσπαθώντας να βεβαιωθεί ότι δεν είναι αποκύημα της φαντασίας του. Από τη στιγμή της ανακάλυψής του, το συγκεκριμένο φυτό κίνησε το ενδιαφέρον των βιολόγων, οι οποίοι εξακολουθούν να το μελετούν μέχρι και σήμερα. Με το ιδιαίτερο σχήμα του και με τα μόλις δύο φύλλα του, που μεγαλώνουν αργά και που περιπλέκονται δημιουργώντας έναν αξιοπερίεργο πράσινο σωρό, μοιάζει με φανταστικό δημιούργημα μυθοπλασίας. Ένας ακόμα λόγος που κατατάσσει το συγκεκριμένο φυτό στους πιο εντυπωσιακούς εκπροσώπους του φυτικού βασιλείου είναι η μακροβιότητά του. Επιβιώνει στην αφιλόξενη έρημο για χιλιάδες χρόνια. Κάποια από τα γηραιότερα φυτά *Welwitschia* πιστεύεται ότι έχουν ηλικία πάνω από 3000 χρόνια, ενώ τα φύλλα τους χρονολογούνται από την Εποχή του Σιδήρου.

Το συγκεκριμένο φυτό έχει ένα μόνο είδος, το *Welwitschia mirabilis*, το οποίο δεν αναπτύσσει άνθη, παρά μόνο τα δύο επιμήκη φύλλα, που μεγαλώνουν διαρκώς καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Αποτελεί τον μοναδικό επιζώντα αντιπρόσωπο της οικογένειάς του και για αυτόν τον λόγο ο Κάρολος Δαρβίνος το χαρακτήρισε ως τον πλατύποδα του φυτικού βασιλείου. Αυτό το ζωντανό απολίθωμα δεν έχει, επομένως, κανένα γνωστό συγγενικό είδος σήμερα, ενώ απολιθώματα «συγγενών» του από την Κρητιδική περίοδο έχουν εντοπιστεί στην Νότια Αμερική. Παρόλο που συναντάται αποκλειστικά στην Αγκόλα και στη Ναμίμπια, έχει μεταφερθεί και καλλιεργηθεί σε βοτανικούς κήπους σε όλο τον κόσμο.

Για να επιβιώσει στην έρημο έχει αναπτύξει διάφορες προσαρμογές. Τα παχιά του φύλλα, που διαθέτουν πολυάριθμα μικροσκοπικά ανοίγματα, τα στόματα, έχουν εξελιχθεί έτσι ώστε να μπορούν να απορροφούν σε μέγιστο βαθμό την υγρασία που



Το φυτό *Welwitschia mirabilis* στην έρημο της Ναμίμπια.
Πηγή: Wikimedia commons

φέρνει η ομίχλη από τα ρεύματα αέρα του Ατλαντικού Ωκεανού. Παράλληλα, έχουν αναπτύξει ένα σύστημα φωτοσύνθεσης που συναντάται, κυρίως, σε φυτά που ζουν σε περιβάλλοντα με έντονη ξηρασία. Εξαιτίας των πολύ ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του απεικονίζεται ακόμα και στο εθνόσημο της Ναμίμπια, ως σύμβολο δύναμης και μακροχρόνιας επιβίωσης.

Γενετικά μυστικά έρχονται στο φως

Πρόσφατα επιστημονική ομάδα στράφηκε στο γενετικό υλικό του φυτού και προσπάθησε να αποκαλύψει τις γενετικές αιτίες που είναι υπεύθυνες για τα μοναδικά χαρακτηριστικά του: το σχήμα, τη μακροζωία και την ανθεκτικότητά του. Για να μπορέσει να μελετηθεί εκτενώς και πολυεπίπεδα το γενετικό υλικό του φυτού επιστρατεύθηκαν οι πλέον σύγχρονες μέθοδοι μοριακής βιολογίας και γενετικής. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, που δημοσιεύθηκαν στο περιοδικό *Nature Communications*, πριν από 86 εκατομμύρια χρόνια ένα λάθος στην κυτταρική διαίρεση οδήγησε στον διπλασιασμό ολόκληρου του γενετικού υλικού του φυτού. Το γεγονός αυτό συνέβη σε μια περίοδο πολύ έντονης και παρατεταμένης ξηρασίας που συνέβη στα σύνορα Αγκόλας-Ναμίμπιας, στην περιοχή που βρίσκεται σήμερα η έρημος.

Οι ερευνητές αποκάλυψαν, επίσης, ότι πριν από ένα με δύο εκατομμύρια χρόνια αλληλουχίες γενετικού υλικού που δεν ανήκουν σε γονίδια άρχισαν να πολλαπλασιάζονται, εξαιτίας ακραίων θερμοκρασιών. Αργότερα οι περιοχές αυτές αποσιωπήθηκαν από μηχανισμούς των κυττάρων. Αυτή η δυναμική εξελικτική διαδικασία οδήγησε

σε μεταβολές στο γενετικό υλικό το οποίο απαιτούσε πλέον λιγότερη ενέργεια για να διπλασιαστεί. Στη συνέχεια η ερευνητική ομάδα εστίασε στα φύλλα για να μπορέσει να εξηγήσει την αντοχή τους στις ακραίες συνθήκες της ερήμου. Εντόπισε αλλαγές στον αριθμό και στη δραστηριότητα συγκεκριμένων γονιδίων που σχετίζονται με την κυτταρική αύξηση, τη διαφοροποίηση και τον μεταβολισμό. Έτσι κατόρθωσε να εξηγήσει την εξελικτική πορεία που σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες εξηγούν τη μακροζωία και την ανθεκτικότητα του φυτού σε υψηλές θερμοκρασίες και ελαττωμένη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών συστατικών.

Η μελέτη του φυτού με τα μακριά φύλλα που φυτρώνει στην έρημο, στις πλέον αντίξοες συνθήκες και η εξιχνίαση των μυστικών που κρύβονται στο γενετικό υλικό του, θεωρείται ότι θα ενισχύσει την αγροτική παραγωγή με καλλιέργειες ανθεκτικές στην ξηρασία. Πέρα από την όποια εφαρμογή των τεχνολογιστικών αποτελεσμάτων, η συγκεκριμένη μελέτη αναδεικνύει για ακόμα μια φορά ότι η περιέργεια του ανθρώπου για τον κόσμο που τον περιβάλλει είναι ανεξάντλητη και μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτα και εντυπωσιακά ευρήματα.

M.T.

Πηγή:

Wan, T., Liu, Z., Leitch, I.J. et al. The *Welwitschia* genome reveals a unique biology underpinning extreme longevity in deserts. *Nat Commun* 12, 4247 (2021).

ΒΙΒΛΙΟΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Σε προηγούμενο τεύχος (ΠΡΙΣΜΑ 101) περιγράψαμε τη συζήτηση για την επανομαζόμενη «κρίση της επαναληψιμότητας», που ξεκίνησε πριν περίπου 15 χρόνια. Δηλαδή, την ανησυχία που είχε προκληθεί από το γεγονός ότι μια σειρά δημοσιευμένων επιστημονικών ερευνών περιείχαν εσφαλμένα αποτελέσματα. Η κρίση «χτύπησε» πρώτα τη Βιοϊατρική και τις Κοινωνικές Επιστήμες, ενώ δεν άργησε να κάνει αισθητή την παρουσία της και στις Θετικές Επιστήμες. Εξυπακούεται ότι τομείς όπως η Λογική και τα Μαθηματικά δεν επηρεάστηκαν, διότι αποτελούν εργαλεία σκέψης και υπολογισμού· η αξιοπιστία τους, δηλαδή, δε βασίζεται στη συλλογή και ανάλυση πειραματικών δεδομένων.

Οι Ανθρωπιστικές Επιστήμες, παρότι ένα σημαντικό μέρος τους βασίζεται στη συλλογή πειραματικών δεδομένων, έμειναν σχετικά αμέτοχες στην όλη συζήτηση για την κρίση της επαναληψιμότητας· συνεπώς και στην προσπάθεια εξεύρεσης τρόπων διαφύλαξης της αξιοπιστίας της επιστημονικής έρευνας. Το 2018 εκδόθηκε μια σειρά άρθρων που εμμέσως επέκρινε την απουσία των Ανθρωπιστικών Επιστημών στην προσπάθεια της υπόλοιπης επιστημονικής κοινότητας για τη θεσμοθέτηση των λεγόμενων μελετών αναπαραγωγής (*replication studies*). Μελετών, δηλαδή, που έχουν στόχο τον έλεγχο της ορθότητας των αποτελεσμάτων μιας δημοσιευμένης εργασίας. Εάν μια μελέτη αναπαραγωγής καταλήξει στα ίδια συμπεράσματα με την αρχική δημοσίευση, τότε επιβεβαιώνει την αξιοπιστία της. Η αντιπαράθεση που ακολούθησε ουσιαστικά περιστράφηκε γύρω από ένα και μοναδικό επιστημολογικό ερώτημα: Έχουν νόημα οι μελέτες αναπαραγωγής των ερευνητικών αποτελεσμάτων των Ανθρωπιστικών Επιστημών; Στόχος αυτού του άρθρου είναι να παρουσιαστούν τα επιχειρήματα αυτών που απαντούν καταφατικά (των «επικριτών») και αυτών που απαντούν αρνητικά (των «υπέρμαχων») στην παραπάνω ερώτηση.

Τα επιχειρήματα των «επικριτών»

Τα «επικριτικά» άρθρα ξεκινούσαν περιγράφοντας τον τρόπο που θα μπορούσαν να γίνουν μελέτες αναπαραγωγής στις Ανθρωπιστικές επιστήμες. Για παράδειγμα, στη ρητορική ερώτηση του πως ελέγχεται μια ιστορική έρευνα που αποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο ο Αυγουστίνος είχε επηρεαστεί από τον Γνωστικισμό, δινόταν η εξής απάντηση: οι ερευνητές που θα ελέγχανε την ορθότητα του παραπάνω συμπεράσματος θα συνέκριναν τις διαφορετικές ποσοτικές ή ποιοτικές εξαρτήσεις κειμένων Γνωστικιστών και του Αυγουστίνου. Μια μελέτη αναπαραγωγής, βεβαίως, θα γίνεται με πολύ διαφορετικά μέσα για τους πολλούς διαφορετικούς τομείς των Ανθρωπιστικών Επιστημών: με συγκρίσεις περιεχομένου κειμένων, με συγκρίσεις της χημικής σύστασης των χρωμάτων ή του πηλού που χρησιμοποιήθηκαν σε κάποιο πίνακα ή αμφορέα αβέβαιης χρονολογίας, με ανάλυση ενός μουσικού έργου σε σχέση με τις δυνατότητες των μουσικών οργάνων της εποχής, κλπ.

Οι «επικριτές» συνέχιζαν αναφέροντας ότι η δεδομένη ποικιλομορφία των Ανθρωπιστικών Επιστημών, δεν θα πρέπει να κρύβει το γεγονός ότι, σε ένα πολύ βασικό επίπεδο, έχουμε να κάνουμε με μια επιστημολογική διαδικασία. Μία μελέτη αναπαραγωγής στις Ανθρωπιστικές επιστήμες δεν θα ήταν στην ουσία της διαφορετική από μία αντίστοιχη μελέτη στη Βιοϊατρική και τις Θετικές ή Κοινωνικές Επιστήμες. Άλλωστε, ακόμα και στην περίπτωση των Κοινωνικών Επιστημών και, δευτερευόντως, της Βιοϊατρικής, οι μελέτες αναπαραγωγής παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μεθόδων, διότι και οι δύο εφαρμόζουν μια μεγάλη ποικιλία ποσοτικών και ποιοτικών μεθόδων.

Ο «πόλεμος» των κόσμων



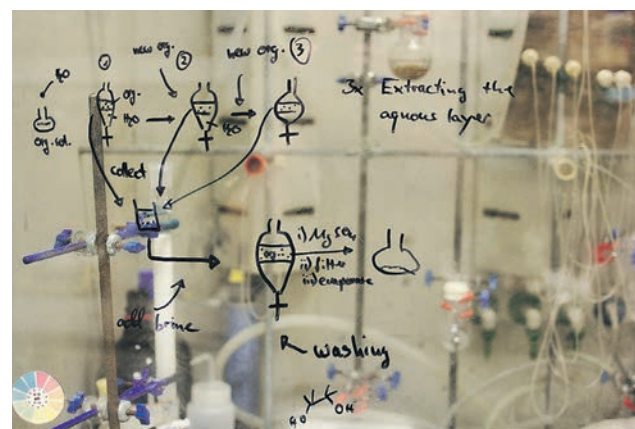
Επίσης, οι «επικριτές» φρόντισαν να απαντήσουν και στο βασικό επιχείρημα των «υπέρμαχων» των Ανθρωπιστικών Επιστημών: ότι τα αντικείμενα που μελετούν οι Ανθρωπιστικές Επιστήμες έχουν το χαρακτηριστικό της μοναδικότητας, ενώ στις υπόλοιπες επιστήμες όχι. Για παράδειγμα, ο Μπαχ έχει συνθέσει μόνο μία Τοκάτα και Φούγκα σε ρε ελάσσονα, υπήρξε μόνο μία επανάσταση των μπολσεβίκων το 1917, ενώ οι ιοί, οι οικονομικές πολιτικές, τα είδη του ζωικού βασιλείου και τα ηλεκτρόνια έχουν πολλαπλές «ενσαρκώσεις» στο χώρο και το χρόνο. Κατά τη γνώμη όμως των «επικριτών», αυτό το επιχείρημα είναι λανθασμένο. Η μοναδικότητα των ερευνητικών αντικειμένων των Ανθρωπιστικών Επιστημών δεν αποτελούν παρά παραδείγματα γενικότερων φαινομένων, που δεν είναι μοναδικά. Παράλληλα, και οι άλλες Επιστήμες μελετούν μοναδικά αντικείμενα, με την έννοια που της δίνουν οι Ανθρωπιστικές Επιστήμες. Για παράδειγμα, οι Θετικές επιστήμες μελετούν τη δημιουργία του σύμπαντος ή την αρχή της έμβιας ύλης στη Γη, οι κοινωνικές Επιστήμες μελετούν τη νοτική υγεία του Μεγάλου Ναπολέοντα, ενώ η Βιοϊατρική μελετάει τον τρόπο που εμφανίστηκε ο ιός SARS-CoV-2.

Συνεπώς, η μοναδικότητα του αντικειμένου της έρευνας δεν σχετίζεται με τη δυνατότητα ή μη μελετών αναπαραγωγής. Αυτό που πραγματικά έχει σημασία είναι εάν μια τέτοια μελέτη μπορεί να πραγματοποιηθεί από διαφορετικούς ερευνητές παραπάνω από μία φορές.¹ Σε αυτό ακριβώς το σημείο οι «επικριτές» απαντούν ξεκάθαρα καταφατικά.

Τα επιχειρήματα των «υπέρμαχων»

Από το ότι ένα μικρό ποσοστό των αποτελεσμάτων των Ανθρωπιστικών Επιστημών μπορεί να ελεγχθεί με μελέτες αναπαραγωγής δεν προκύπτει ότι το ίδιο ισχύει για το σύνολο των αποτελεσμάτων των Ανθρωπιστικών Επιστημών. Το να προωθούνται πολιτικές που θα απαιτούν οι χρηματοδοτήσεις για έρευνα να παροχετεύονται αποκλειστικά σε τομείς που επιδέχονται μελέτες αναπαραγωγής, όπως πρότειναν οι «επικριτές», θα σήμαινε ότι το μεγαλύτερο μέρος των Ανθρωπιστικών Επιστημών θα έμενε χωρίς χρηματοδότηση.

Οι «υπέρμαχοι» δεν αρνούνται ότι οι ερευνητές των Ανθρωπιστικών Επιστημών θα πρέπει να είναι υπεύθυνοι για την αξιοπιστία του σχεδιασμού και της εκτέλεσης των μελετών τους και ότι θα πρέπει να εκπαιδεύονται στη γνώση των συνεπειών ενός αναξιόπιστου αποτελέσματος. Το κρίσιμο σημείο όμως είναι ότι θα πρέπει να γίνει κατανοητή η μοναδικότητα



των Ανθρωπιστικών Επιστημών: ότι τα συμπεράσματα που βγάζουν βασίζονται στην *ερμηνεία* που δίνει ένας συγκεκριμένος ερευνητής, που ζει σε ένα συγκεκριμένο κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον. Συνεπώς, δεν θα πρέπει να αναζητείται η δυνατότητα αναπαραγωγής της ερμηνείας της έρευνας στις Ανθρωπιστικές Επιστήμες, αλλά η *υπευθυνότητα των ερμηνειών* που δίνονται.

Οι «υπέρμαχοι» απαντούν στους «επικριτές» ότι τα επιχειρήματα των δευτέρων ισχύουν για ένα μικρό μέρος των Ανθρωπιστικών Επιστημών – εκείνο που χαρακτηρίζουν *εμπειρικό*. Ανησυχούν επίσης ότι μια «τυφλή» προσήλωση σε μελέτες αναπαραγωγής θα κάνουν περισσότερο κακό παρά καλό στις Ανθρωπιστικές Επιστήμες, ανεξαρτήτως εάν οι «επικριτές» έχουν καλές προθέσεις. Το παρακάτω απόσπασμα περιγράφει γλαφυρά το πρόγραμμα των «υπέρμαχων»: «*As επικεντρωθούμε σε συζητήσεις (...) στις οποίες η ποιότητα (της έρευνας) ορίζεται από την υπευθυνότητα, την κοινωνική αξία, τη γνωστική δικαιοσύνη και τη συμμετοχή της κοινωνίας και σε κάποιες, σπάνιες, φορές από τη δυνατότητα αναπαραγωγής*».²

Παναγιώτης Κάβουρας
Ερευνητής στη Σχολή Χημικών Μηχανικών
του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

¹ Η κατηγοριοποίηση των διαφορετικών τύπων μελετών που ελέγχουν την αξιοπιστία μιας δημοσιευμένης εργασίας είναι η εξής: (α) μελέτες που επαναλαμβάνουν την επεξεργασία των εμπειρικών δεδομένων μιας δημοσιευμένης εργασίας με τις ίδιες μεθόδους ανάλυσης (μελέτες επαναληψιμότητας – *replication studies*), (β) μελέτες που λαμβάνουν καινούρια εμπειρικά δεδομένα, εφαρμόζοντας την ίδια πειραματική μεθοδολογία και μεθόδους ανάλυσης μιας δημοσιευμένης εργασίας (μελέτες άμεσης αναπαραγωγής – *direct replication studies*), (γ) μελέτες που λαμβάνουν καινούρια εμπειρικά δεδομένα, εφαρμόζοντας τροποποιημένη πειραματική μεθοδολογία (μελέτες εννοιολογικής αναπαραγωγής – *conceptual replication studies*) και (δ) μελέτες που εκτελούνται με εντελώς διαφορετική μεθοδολογία και διαφορετικούς ερευνητικούς στόχους, αλλά καταλήγουν σε συμπεράσματα που επιδέχονται σύγκριση με μία δημοσιευμένη εργασία (μελέτες τριγωνισμού – *triangulation studies*).

² «*The humanities do not need a replication drive*» J.B. Holbrook, B. Penders, S. de Rijcke, 21 Ιανουαρίου 2019, Blog του Πανεπιστημίου του Leiden (<https://www.cwts.nl/blog?article=n->

Επιστημονική Ιατρική και εκκλησία, τον 18ο αι.

Η έλευση και η παρατεταμένη παραμονή του νέου κορωνοϊού Covid19 στις γειτονιές του κόσμου, όπως και στη χώρα μας, αναδιαμορφώνει συνεχώς τις υγειονομικές και κοινωνικές συνθήκες. Οι κυβερνήσεις έρχονται αντιμέτωπες όχι μόνο με τη διαχείριση της ασθένειας, αλλά και με τη δυσπιστία της κοινωνίας απέναντι στις προτεινόμενες επιστημονικές λύσεις, με αποτέλεσμα, μεταξύ άλλων, να γίνονται εκκλήσεις από το κράτος προς την εκκλησία για ενίσχυση της προσπάθειας για την αποδοχή και εμπέδωση της ανάγκης εμβολιασμού και των νέων κανόνων δημόσιας υγείας από το ποίμνιο, ένα δεδομένο που δεν είναι καινοφανές.

Η πολυκύμαντη σχέση εκκλησίας και επιστήμης έχει μακρά ιστορία και το θέμα έχει αποτελέσει αντικείμενο σημαντικών εργασιών. Έχει μελετηθεί το έργο σπουδαίων προσωπικοτήτων από το χώρο της εκκλησίας, ανθρώπων που προσπάθησαν να ισορροπήσουν ανάμεσα στον ορθόδοξο ουμανισμό και τις νέες επιστήμες τον 18ο αι.. Υπήρξαν και οι περιπτώσεις που η ορθόδοξη εκκλησία αντιτάχθηκε σθεναρά στις επιστημονικές εξελίξεις και στην κυκλοφορία επιστημονικών εκδόσεων στην ελληνική γλώσσα. Μέσα σε αυτό το πλέγμα αντικρουόμενων συμβάντων εντάσσονται και οι περιστάσεις στις οποίες η εκκλησία χρειάστηκε να συμβαχήσει με την επιστήμη της ιατρικής. Προς το τέλος του 18ου αι. όταν αποδόθηκε στο γιατρό ο ρόλος του φύλακα της υγείας και η ιατρική εντάχθηκε στα πεδία των επιστημών, οι γιατροί κλήθηκαν, ως υπεύθυνοι για την ατομική, αλλά για πρώτη φορά και για τη συλλογική υγεία, να ορίσουν κανόνες συμπεριφοράς, να διαχειριστούν τις ανθρώπινες ζωές. Έως τον 18ο αι. ο καθοδηγητικός ρόλος της εκκλησίας αφορούσε ζητήματα ηθικής που σχετιζόταν και με την υγεία (σεξουαλική ζωή και αποφυγή ασθενειών που σχετίζονταν με αυτή, κανόνες διαχείρισης σώματος, διατροφή-νηστεία). Από την περίοδο που ο γιατρός ανέλαβε την ευθύνη της οριοθέτησης της ανθρώπινης συμπεριφοράς προς όφελος της ανθρώπινης ζωής, της υγείας και στη συνέχεια εκ μέρους και προς όφελος του κράτους, υπήρξαν περιστάσεις που η ιατρική αναζήτησε την παρέμβαση της εκκλησίας για να επιβληθούν νέοι κανόνες οργάνωσης της υγείας. Στα βιβλία των ευρωπαϊκών ιατρικών εκδόσεων του 18ου αι. που εκδόθηκαν και στην ελληνική γλώσσα γίνεται σταθερά λόγος για την ανάγκη στροφής των κοινωνιών προς την επιστημονική ιατρική και τα οφέλη της. Οι συγγραφείς προτρέπουν τους αναγνώστες να εγκαταλείψουν την παραδοσιακή εμπειρική ιατρική για να επιλέγουν μόνο πτυχιούχους γιατρούς για τις θεραπευτικές τους ανάγκες. Για την επίτευξη αυτού του στόχου οι γιατροί αναζητούν συναίνεση και βοήθεια από την εκκλησία. Θα ολοκληρώσουμε το σχόλιο με ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

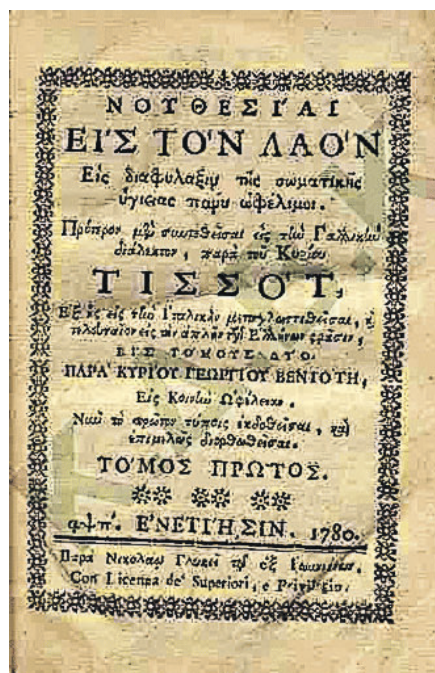
Ο Α. Tissot, διάσημος γιατρός του 18ου αι., στο ιατρικό εκλαϊκευτικό του βιβλίο που μεταφράστηκε στα ελληνικά (S. A. Tissot, *Νουθεσίαι εις τον λαόν*, υπό Γ. Βεντότη, Βενετία 1780), αναζήτησε υποστήριξη από την εκκλησία και τους ιερείς για να προωθηθεί το ζήτημα της επιλογής των πτυχιού-



Θ. Ράλλης, *Αντίδωρο*



A. Tissot, *Avis au peuple sur la santé*, (έκδοση 1767).



Α. Τισσότ, *Νουθεσίαι εις τον λαόν*, Ενετιπιν, 1780.
(Κοβεντάρειος δημοτική βιβλιοθήκη, <https://opac.kozlib.gr/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5258>
Ανακτήθηκε 4.8.2021)

χων έναντι των εμπειρικών γιατρών από την κοινωνία. Ο συγγραφέας -σύμφωνα με την ελληνική έκδοση- πίστευε ότι σε αυτούς αναλογεί «το ιερό καθήκον» της πνευματικής καθοδήγησης των πιστών στις περιπτώσεις ασθένειας και για «την εκρίζωση των δεισιδαιμονιών». Και ενώ σημειώνει ότι η εκκλησία και ο κλήρος, «έχει δυσκολίες με την κατανόηση των φυσικών θεωριών» τονίζει, «θέλει βάλουν όλη τους την επιμέλεια και προσοχή για να διορθώσουν την χυδαία ιατρική». Το έργο της επικοινωνίας, εκπαίδευσης του απαιδευτού λαού, εκτός από την εκκλησία, ο Tissot, σύμφωνα με το βιβλίο, το αναθέτει παράλληλα με τους ιερείς στους εύρωστους οικονομικά και στις φιλόνητες συζύγους, όπως και στους πιο μορφωμένους, καθώς ζητά να βοηθήσουν όλοι στην αποδοχή και καθιέρωση της επιστημονικής ιατρικής για την αποκλειστική διαχείριση της υγείας της κοινωνίας. Αυτό το σκεπτικό διατηρήθηκε και στην ελληνική μετάφραση και έκδοση του βιβλίου και από εκεί βρίσκουμε τα παραπάνω αποσπάσματα. Το δημοφιλές βιβλίο του Tissot, εκδόθηκε πρώτη φορά το 1761 με τον αρχικό τίτλο *Avis au peuple sur la santé*, γνώρισε πάνω από 40 εκδόσεις και μεταφράστηκε σε αρκετές ευρωπαϊκές γλώσσες έως το τέλος του 18ου αι.. Αν και στόχος του συγγραφέα ήταν η ευρεία διάχυση και εκλαΐκευση της γνώσης και όχι η εξειδικευμένη μετάδοση επιστημονικής πληροφορίας, η δεύτερη ανάγνωση τέτοιων έργων οδηγεί σε σκέψεις για τη διαμόρφωση ενός νέου, για την εποχή, καταστατικού λόγου για την υγεία, τη δημόσια υγεία και τις επιμέρους συνθήκες εξασφάλισής αυτών.

Στην ελληνική περίπτωση το πνευματικό κλίμα της διάχυσης της επιστημονικής ιατρικής γνώσης, εντάχθηκε και εξειδικεύτηκε περισσότερο κατά τα πρώτα χρόνια της ελληνικής επανάστασης και αργότερα κατά την περίοδο οργάνωσης του νέου κράτους σε νεότερες εκδόσεις που αναφέρονται στη συλλογική υγεία και την διασφάλισή της.

Και για να επιστρέψουμε στον Tissot αναφέρουμε ότι εκείνος στόχευσε να βρίσκεται το βιβλίο του σε κάθε αγροτικό σπίτι για να μπορέσουν και οι πιο αδαείς, φτωχοί άνθρωποι του αγροτικού χώρου να βρίσκουν τις καλύτερες δυνατές θεραπευτικές λύσεις ανατρέχοντας σε ένα επιστημονικό κείμενο. Το ότι σήμερα η πολιτεία απευθύνεται στην εκκλησία, ώστε να συμβάλει στη διαμόρφωση θετικού κλίματος και στη συναίνεση του κόσμου υπέρ του εμβολιασμού για τον κορωνοϊό, με τον ίδιο τρόπο που ο Tissot τον 18ο αι. προέτρεπε τους ιερείς να ενισχύσουν τους γιατρούς στο έργο της ενημέρωσης του κοινού για τα επιστημονικά επιτεύγματα της ιατρικής μας βεβαιώνει ότι δεν έχει μειωθεί η επίδραση της εκκλησίας σε ένα τμήμα της κοινωνίας. Παράλληλα μας αφήνει την υποψία ότι ο καθοδηγητικός εκκλησιαστικός λόγος θεωρείται ως τις μέρες μας, από ένα μέρος των πιστών, περισσότερο έγκυρος και αποδεκτός από τις προτροπές του κράτους και της επιστήμης.

Πόπη Σεριάτου
Διδάκτωρ Ιστορίας, Τμήμα Ιστορίας
και Αρχαιολογίας ΕΚΠΑ